



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
EDUARDA ALVES FRAGNANI

**PROPOSTA DE REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DESCARTADA NO PROCESSO DE
PURIFICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FÁRMACOS: ESTUDO DE CASO EM
INDÚSTRIA FARMACÊUTICA**

Tubarão
2019

EDUARDA ALVES FRAGNANI

**PROPOSTA DE REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DESCARTADA NO PROCESSO DE
PURIFICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FÁRMACOS: ESTUDO DE CASO EM
INDÚSTRIA FARMACÊUTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
do Sul de Santa Catarina como requisito parcial
à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Madelon Rebelo Peters, MSc.

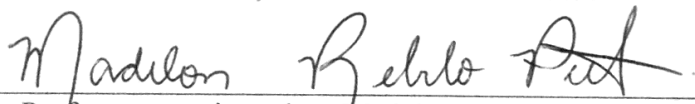
Tubarão
2019

EDUARDA ALVES FRAGNANI

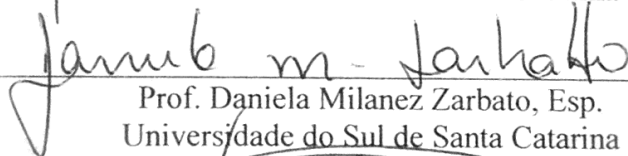
**PROPOSTA DE REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DESCARTADA NO PROCESSO DE
PURIFICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FÁRMACOS: ESTUDO DE CASO EM
INDÚSTRIA FARMACÊUTICA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 26 de novembro de 2019.



Professora e orientadora Madelon Rebelo Peters, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Daniela Milanez Zarbato, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Wilson Alano, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Aos meus pais Sérgio e Marlene, pelo apoio e incentivo incondicional para a realização desse sonho.

AGRADECIMENTOS

Pela saúde e coragem que me foi concedida e pela certeza de que nunca estive sozinha, agradeço primeiramente a Deus.

Aos meus pais por todo amor recebido e por terem acreditado no meu sonho e ter possibilitado que ele fosse concretizado, me dando todo o apoio e incentivo necessário. Sem vocês eu não seria nada.

Aos meus irmãos Lucas e Juana pelo companheirismo e carinho que temos um pelo outro.

Ao meu namorado Lucas que esteve ao meu lado nos bons e maus momentos, agradeço pelo amor, paciência e compreensão quando precisei me fazer ausente nos períodos de estudos. Obrigada pela atenção e por acreditar na minha capacidade, te amo!

Não posso deixar de agradecer à todos os professores que contribuíram para o meu aprendizado nessa jornada acadêmica. Aos mestres da Universidade do Vale do Itajaí, onde iniciei minha graduação e adquiri muito conhecimento, e aos mestres da UNISUL que me receberam na reta final do curso mas são igualmente importantes para minha formação. Em especial, agradeço a minha orientadora Prof^a. Madelon Rebelo Peters pela generosidade de ter compartilhado seus conhecimentos, pelos conselhos e orientações para que esse trabalho pudesse ser realizado.

Estendo meu agradecimentos à todos os funcionários da empresa Airela Indústria Farmacêutica Ltda., que possibilitaram que esse estudo pudesse ser realizado.

Finalmente, a todos os amigos que fiz nessa caminhada e aos bons e velhos que sempre estiveram do meu lado me apoiando, meus mais sinceros agradecimentos.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis” (José de Alencar).

RESUMO

O intuito de desenvolvimento deste trabalho de pesquisa é baseado na necessidade de uma indústria farmacêutica situada na cidade de Pedras Grandes em dar uma destinação final mais nobre à água de descarte do processo de purificação da produção de seus medicamentos. Desta maneira, realizou-se um estudo de caso para o levantamento de dados com relação à quantidade de material que estava sendo descartado, para que posteriormente pudesse ser feito uma proposta de reutilização da mesma, em outros setores. As pesquisas bibliográficas foram baseadas nos estudos referentes a essa temática, sendo respeitadas todas as especificações de qualidade e de potabilidade que esse tipo de material necessita. Com os resultados obtidos em campo foi possível apresentar as diretrizes de uma proposta para a implementação de um sistema de reaproveitamento da água que é descartada atualmente pela indústria.

Palavras-chave: Água. Reaproveitamento. Indústria Farmacêutica.

ABSTRACT

The purpose of this research work is based on the need of a pharmaceutical industry located in the city of Pedras Grandes to give a more noble final destination to the wastewater of the purification process of the production of its medicines. Thus, a case study was conducted to collect data regarding the amount of material that was being discarded, so that later a proposal could be made for reuse in other sectors. The bibliographic researches were based on the studies related to this subject, being respected all the specifications of quality and potability that this type of material needs. With the results obtained in the field it was possible to present the guidelines of a proposal for the implementation of a water reuse system that is currently discarded by the industry.

Keywords: Water. Reuse. Pharmaceutical industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Ciclo hidrológico da água	21
Figura 2 - Demandas de água por finalidade no Brasil em 2017	23
Figura 3 - Pré-filtração	36
Figura 4 - Adsorção por carvão ativado	37
Figura 5 - Processo de abrandamento de água	38
Figura 6 - Esquema simplificado do processo de osmose reversa	40
Figura 7 - Localização da Airela Indústria Farmacêutica Ltda.	47
Figura 8 - Fachada da Airela Indústria Farmacêutica Ltda.	48
Figura 9 - Localização dos prédios 1 e 7	48
Figura 10 - Sistema de captação de água.....	50
Figura 11 - Bomba dosadora de cloro no sistema de captação.....	51
Figura 12 - Equipamento de monitoramento do sistema de cloração.....	51
Figura 13 - Recipiente de produto para dosagem de hipoclorito de sódio	52
Figura 14 - Reservatório externo de água.....	52
Figura 15 - Equipamento de osmose reversa	53
Figura 16 - Membranas da osmose reversa	54
Figura 17 - Display de ajuste de parâmetros da água	54
Figura 18 - Tanque de armazenamento de água purificada.....	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Distribuição continental de água.....	22
Gráfico 2 - Principais culturas irrigadas no Brasil	27
Gráfico 3 - Usos de água por setor no ano de 2006.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Demanda de água não potável.....	24
Tabela 2 - Consumo médio de água em estabelecimentos comerciais.....	25
Tabela 3 - Estimativa de consumo para distintas atividades industriais.....	28
Tabela 4 - Estimativa de demanda hídrica da indústria farmacêutica	31
Tabela 5 - Finalidades e utilização da água de reuso	42
Tabela 6 - Composição do sistema de reaproveitamento de água	59
Tabela 7 - Tarifas de Água e Esgoto no ano de 2018.....	60
Tabela 8 - Estimativa de economia de recursos	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Tipos de água para uso farmacêutico e parâmetros de qualidade	34
Quadro 2 - Classificação, utilização e parâmetros de qualidade da água de reuso segundo a NBR 13969/1997	43
Quadro 3 - Parâmetros para a produção de água purificada pela empresa.....	55
Quadro 4 - Vazão de descarte de água do mês de agosto de 2019	56

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

AP – Água Pura

API – Água Para Injetáveis

AUP – Água Ultra Purificada

COT – Carbono Orgânico Total

NBR – Norma Brasileira

ONU – Organização das Nações Unidas

PNRH – Política Nacional dos Recursos Hídricos

SAMAE – Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
1.1 JUSTIFICATIVA	18
1.2 HIPÓTESES	19
1.3 OBJETIVO	19
1.3.1 Objetivo geral	20
1.3.2 Objetivos específicos	20
1.4 RELEVÂNCIA CIENTÍFICA E SOCIAL DO ESTUDO	20
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1 ÁGUA NO PLANETA E SUA IMPORTÂNCIA.....	21
2.2 CONSUMO DE ÁGUA.....	22
2.2.1 Consumo doméstico.....	24
2.2.2 Consumo comercial	25
2.2.3 Consumo público	26
2.2.4 Agricultura.....	26
2.2.5 Consumo industrial	27
2.3 ÁGUA POTÁVEL.....	28
2.4 ÁGUA NA INDÚSTRIA.....	29
2.4.1 Água na indústria farmacêutica.....	30
2.4.1.1 Tipos de água na indústria farmacêutica	31
a) Água Potável	31
b) Água Reagente.....	32
c) Água Purificada	32
d) Água Ultrapurificada	33
e) Água para Injetáveis	33
2.5 PROCESSOS DE PURIFICAÇÃO DA ÁGUA NO USO FARMACÊUTICO	35
2.5.1 Pré-Filtração	36
2.5.2 Adsorção por carvão vegetal ativado	37
2.5.3 Tratamento com aditivos químicos.....	38
2.5.4 Tratamento com abrandadores.....	38
2.5.5 Deionização ou eletrodeionização contínua	39
2.5.6 Osmose reversa.....	39
2.5.7 Ultrafiltração	40

2.5.8 Microfiltração	41
2.5.9 Radiação ultravioleta	41
2.5.10 Destilação	41
2.6 REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA	42
2.6.1 Reuso na indústria farmacêutica	45
3 METODOLOGIA DE PESQUISA	46
3.1 A PESQUISA CIENTÍFICA	46
3.2 O ESTUDO REALIZADO	46
3.3 ESCOLHA DO TEMA	47
3.4 ÁREA DE ESTUDO.....	47
3.5 METODOLOGIA DA COLETA DE DADOS	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	50
4.1 ANÁLISE DO PROCESSO DE PURIFICAÇÃO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA	50
4.2 QUANTIFICAÇÃO DA ÁGUA DESCARTADA	56
4.3 ESTIMATIVA DE DEMANDA	57
4.4 CONCEPÇÃO DO SISTEMA	57
4.5 BENEFÍCIOS DO SISTEMA.....	59
5 CONCLUSÃO	61
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	62
REFERÊNCIAS.....	63
ANEXOS.....	66
ANEXO A – PLANTA DOS PRÉDIOS 1 E 7.....	67
APÊNDICES	68
APÊNDICE A – REPRESENTAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA REUTILIZAÇÃO	69
APÊNDICE B – REPRESENTAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA REUTILIZAÇÃO	70
APÊNDICE C – REPRESENTAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA REUTILIZAÇÃO	71
APÊNDICE D – REPRESENTAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA REUTILIZAÇÃO	72
APÊNDICE E – REPRESENTAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA REUTILIZAÇÃO	73

APÊNDICE F – REPRESENTAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA REUTILIZAÇÃO	74
---	-----------

1 INTRODUÇÃO

A água é considerada o elemento mais importante e essencial para sobrevivência de todas as espécies do nosso planeta. No nosso organismo funciona como veículo de troca de substâncias e mantém a temperatura corporal, representando cerca de 70% de nossa massa. (BRASIL, 2005).

Trata-se do elemento que é responsável por garantir a vida a todos os seres vivos e possui um papel importante no desenvolvimento de um país. É o insumo envolvido direta ou indiretamente a todas as atividades humanas, comerciais e industriais e precisa ter garantia de qualidade para a sua utilização.

O setor industrial é responsável pela utilização de grande parte da água doce disponível no mundo. Seja como matéria prima para fabricação de novos insumos, na remoção de impurezas, na geração de vapor e na refrigeração. (BRASIL, 2005).

Na indústria farmacêutica é um dos principais elementos na composição de um medicamento. Para garantir a qualidade do mesmo, a água deve ser analisada em sua composição, pois podem conter substância com potencial risco de contaminação, colocando em risco não apenas a qualidade do medicamento, mas também a vida útil dos sistemas de purificação de água. (OLIVEIRA E PELEGRINI, 2011).

Para a fabricação de medicamentos, a agência reguladora do nosso país, a ANVISA, exige a utilização de água purificada que cumpram certas especificações de qualidade. Nesse processo de purificação é onde ocorre um grande desperdício de recurso e na maioria das vezes o mesmo é descartado juntamente com o esgoto, mesmo sendo um material de alta qualidade que poderia ser reutilizado para outras finalidades.

Atualmente podem ser evidenciadas as consequências que a falta de planejamento das indústrias têm com relação à preservação de água e de que como pode ter um impacto positivo, não apenas ecologicamente mas também financeiramente, que estas adotem medidas de reutilização do recurso em outras etapas de produção e serviços.

1.1 JUSTIFICATIVA

Por ser um dos componentes essenciais na fabricação de medicamentos, a água utilizada na indústria farmacêutica deve atender requisitos de qualidade exigidos pela ANVISA que visam garantir a qualidade do produto final.

Os requisitos de qualidade da água dependerão de sua finalidade e emprego, e a escolha do sistema de purificação destina atender ao grau de pureza estabelecido. O usuário é responsável pela seleção do tipo de água adequado aos seus objetivos, bem como pelos controles e verificações necessários, em intervalos que garantam a manutenção da qualidade desejada. (BRASIL, 2010, p. 391).

Existem diferentes métodos para produzir a água purificada, cada qual com suas tecnologias. Geralmente a água pura é produzida pelos métodos de deionização, osmose reversa, ultrafiltração ou eletrodeionização, contudo, é normal a combinação de dois ou mais métodos a fim de garantir melhores resultados. (BRASIL, 2013).

As indústrias farmacêuticas exercem um papel de extrema importância para a sociedade, trazendo práticas e produtos que garantem a qualidade de vida e de saúde da população. Porém, existe o desafio de equilibrar a qualidade dos seus serviços prestados com os danos ambientais que suas atividades podem oferecer.

1.2 HIPÓTESES

Manter a excelência dos serviços prestados numa área que exige um rigoroso controle de qualidade e estar comprometido com meio ambiente é um compromisso e um desafio que exige responsabilidade de todos os envolvidos direta ou indiretamente na indústria.

Tendo em vista que é no processo de purificação por osmose reversa que um grande volume de água é desperdiçado e possivelmente descartado para os corpos hídricos, torna-se como hipótese desta pesquisa: **De que maneira a água descartada do processo de purificação em uma indústria farmacêutica pode ser reaproveitada, evitando que este recurso de qualidade seja desperdiçado?**

1.3 OBJETIVO

Serão apresentados a seguir o objetivo geral e os objetivos específicos pertinentes a essa pesquisa, de acordo com as necessidades da indústria, permitindo o desenvolvimento desse projeto e visando a solução do problema apresentado.

1.3.1 Objetivo geral

Apresentar uma proposta de reaproveitamento da água descartada do processo de purificação para uma indústria farmacêutica de Santa Catarina, visando contribuir com a diminuição do descarte de um recurso com qualidade.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Discorrer a respeito das finalidades da água para fins farmacêuticos;
- b) Conceituar os processos de purificação de água;
- c) Caracterizar os diferentes tipos de água empregados na indústria farmacêutica;
- d) Quantificar o volume de água descartada na indústria estudada;
- e) Propor as diretrizes de um projeto de aproveitamento da água de descarte do processo de purificação da água da indústria.

1.4 RELEVÂNCIA CIENTÍFICA E SOCIAL DO ESTUDO

A água é um recurso natural, porém finito. E indubitavelmente se torna mais escassa e com alto custo a obtenção deste recurso com qualidade.

O processo crescente de industrialização aliado ao aumento populacional, acabam por aumentar a demanda de recursos hídricos e consequentemente precisamos encontrar meios para achar fontes alternativas de obtenção de água, ou então, fazer uma gestão mais eficiente da água que utilizamos.

Neste cenário, se faz de extrema importância o estudo realizado visto que o setor industrial tem alto consumo hídrico em seus processos de produção e grande parte desse recurso é descartado.

As vantagens da reutilização de água não são apenas econômicas, já que essa água pode ser reutilizada em outros setores, ou até mesmo, voltar para o mesmo ciclo de produção, acarretando em consumir menos recurso da rede de abastecimento, gerando menos custos. Mas sua importância está principalmente na questão social e ambiental, pois a escassez de água assola cada vez mais pessoas em todo mundo. Reutilizar a água, seja em qualquer setor, é uma maneira de preservarmos e cuidarmos do meio ambiente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Para melhor entendimento do assunto em estudo e com objetivo de atingir os resultados propostos, se faz necessário a apresentação de uma base teórica e referencial.

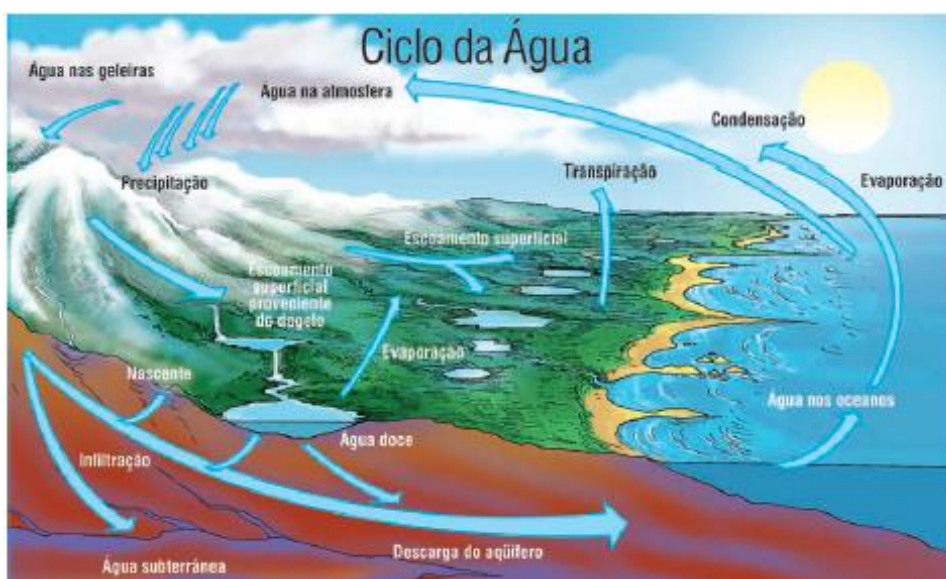
Serão apresentados a seguir os conceitos fundamentais que serviram de apoio para o desenvolvimento dessa pesquisa.

2.1 ÁGUA NO PLANETA E SUA IMPORTÂNCIA

A água é um dos recursos naturais em maior abundância no nosso planeta e essencial para a sobrevivência de todos os seres vivos.

A água está em constante circulação na natureza. Ela é evaporada dos rios, lagos, oceanos e da superfície continental através da incidência do sol. A umidade atmosférica gerada através da evaporação faz com que a água retorne através da precipitação. Parte dela é interceptada pela vegetação, outra parte é escoada superficialmente e finalmente é infiltrada pelo solo. Todo esse processo faz parte do ciclo hidrológico da água, mostrado na Figura 1, que englobam processos como: evaporação, precipitação, interceptação, transpiração, infiltração e escoamento superficial. (LIMA, 1986).

Figura 1- Ciclo hidrológico da água



Fonte: BRASIL, 2005, p. 26.

O volume de água na terra é constante e ocupa aproximadamente 70% da superfície do nosso planeta. Porém, uma parcela muito pequena dela é considerada boa para o consumo humano.

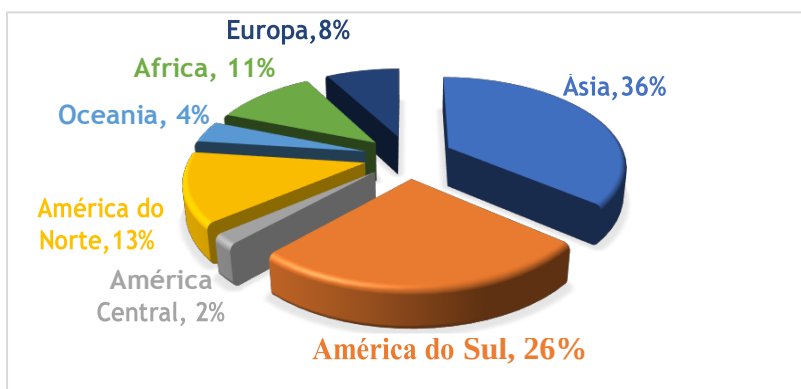
[...] 97,5% da água do planeta é salgada. Da parcela de água doce, 68,9% encontram-se nas geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas, 29,9% em águas subterrâneas, 0,9% compõe a umidade do solo e dos pântanos e apenas 0,3% constitui a porção superficial de água doce presente em rios e lagos. (BRASIL, 2005, p. 27).

A qualidade e a quantidade de água disponível no mundo estão diretamente relacionadas com o rápido crescimento da população mundial, uma vez que há o aumento no consumo em países com altas taxas de ocupação. (BRASIL, 2005).

Até o ano de 2025 cerca de 230 milhões de pessoas sofrerão com a falta de água apenas no continente africano. O que mostra a desigualdade na distribuição mundial de água, visto que a América Latina possui cerca de 30% da água doce superficial do planeta, compreendendo diversas bacias (Amazônica, São Francisco, Paraná, etc.). (HELLER E PÁDUA, 2006).

O Gráfico 1 apresenta a porcentagem de água distribuída por continente.

Gráfico 1- Distribuição continental de água



Fonte: Adaptado de FAO (2017).

2.2 CONSUMO DE ÁGUA

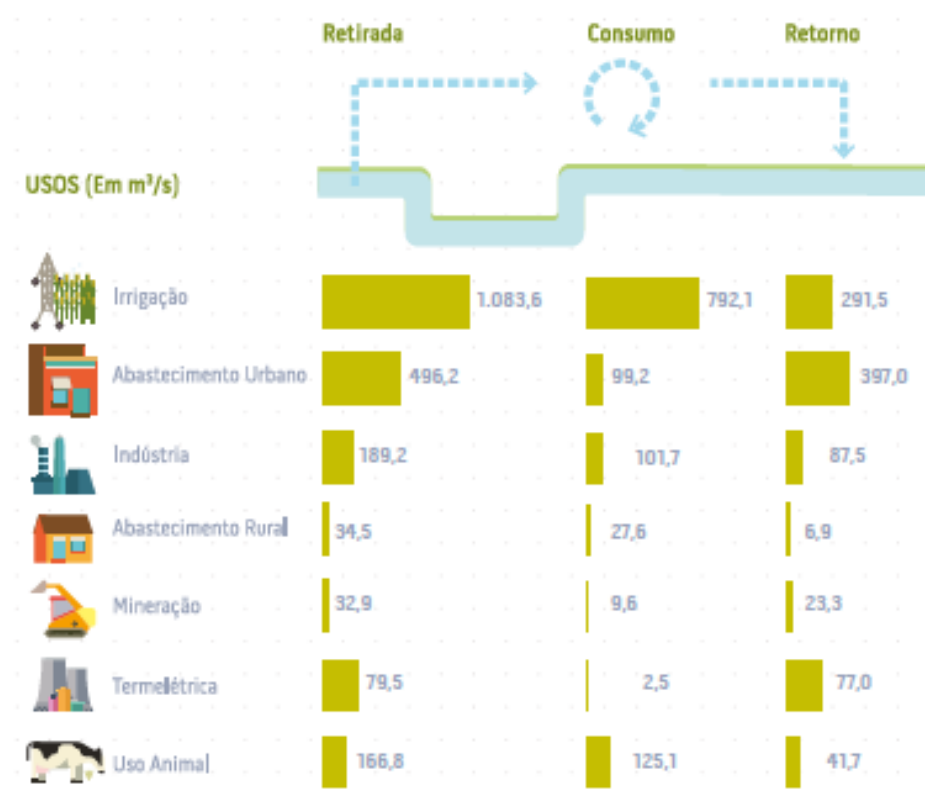
Consumo de água pode ser definido como a quantidade de água necessária para atender as necessidades dos usuários, e também a parte que é desperdiçada devido a vazamentos ou por utilização inadequada. (CHEUNG, *et al.*, 2009).

Segundo Brasil (2018), a demanda de água no país vem crescendo

consideravelmente, e com uma previsão de aumento de 24% até 2030. Os usos desse recurso estão diretamente relacionados com o desenvolvimento econômico e social do nosso país.

No Brasil, água é utilizada principalmente para irrigação, abastecimento humano e animal, indústrias, geração de energia, mineração, aquicultura, turismo e lazer. As parcelas utilizadas são classificadas em retirada, consumo e retorno. A retirada refere-se à água captada para determinado uso. O retorno é a parte retirada da água para determinado uso, mas que volta para o corpo hídrico. Já o consumo diz respeito à diferença entre a retirada e o retorno, ou seja, a água que não volta para o corpo hídrico. (BRASIL, 2018). A Figura 2 mostra a demanda de água no Brasil no ano de 2017.

Figura 2 - Demandas de água por finalidade no Brasil em 2017



Fonte: BRASIL, 2018, p. 27.

A estimativa de demanda de água é um fator importante que influencia diretamente no cálculo do volume do reservatório. A Tabela 1 apresenta os valores de demanda interna e externa de água não potável, de acordo com Tomaz (2000).

Tabela 1 - Demanda de água não potável

Demanda Interna	Faixa	Unidade
Volume – Bacia sanitária	6 – 15	l/descarga
Frequência – Bacia sanitária	4 – 6	descarga/pessoa/dia
Volume – Máquina de lavar roupas	100 – 200	l/ciclo
Frequência – Máquina de lavar roupas	0,2 – 0,3	carga/pessoa/dia
Demanda Externa	Faixa	Unidade
Volume – Rega de jardim	2	l/dia/m ²
Frequência – Rega de jardim	8 – 12	lavagem/mês
Volume – Lavagem de carro	80 – 150	l/lavagem/carro
Frequência – Lavagem de carro	1 - 4	lavagem/mês

Fonte: Adaptado de Tomaz (2000)

O consumo humano de água é um dos setores que mais demandam recursos em suas atividades e são representados pelo uso doméstico, consumo comercial, consumo público, agricultura e consumo industrial.

2.2.1 Consumo doméstico

A água para o consumo doméstico é representada pela água necessária para a ingestão, para as atividades higiênicas e de limpeza, preparo de alimentos e rega de hortas e jardins. Por isso é muito importante que o recurso fornecido seja provido de qualidade e em quantidades que garantam um consumo eficiente e com segurança, visando à prevenção de doenças. (HELLER E PÁDUA, 2006).

A quantidade mínima de água necessária para o fornecimento doméstico referente às boas condições de saúde, segundo a mesma fonte, é entre 15 L/hab.dia e 50 L/hab.dia.

O consumo doméstico pode ser dividido entre os de uso interno da residência e uso externo. Com relação ao primeiro, se diz respeito a todo recurso que é consumido pelos aparelhos sanitários ou para uso na alimentação e consumo. Os aparelhos sanitários, principalmente as válvulas de descargas, demandam uma quantidade muito alta de água por acionamento, e conseqüentemente um alto índice de desperdício. O consumo externo de maior volume é expresso pela água utilizada na rega de jardins, áreas externas, lavagens de carros e roupas. (HELLER; PÁDUA, 2006).

É nesse setor em que temos um alto índice de desperdício de material, uma vez que não temos uma política eficiente que incentive o consumo consciente. No dia a dia, hábitos simples e eficientes garantiriam um melhor uso e a diminuição de desperdícios de água, como

é o caso de fechar as torneiras durante as atividades de higiene pessoal, gerenciar de maneira mais eficaz a utilização da água para jardinagem e lavações externas.

Os desperdícios de água no consumo doméstico são mais elevados nas atividades em que a água limpa é utilizada para lavar carros e calçadas e nas atividades de higiene onde as torneiras permanecem ligadas durante a atividade. (WWF-BRASIL, 2006).

2.2.2 Consumo comercial

Segundo Heller e Pádua (2006) o consumo comercial diz respeito a todo recurso que é utilizado por estabelecimentos comerciais para suas atividades, ou seja, demanda de água em hotéis, escolas, restaurantes, hospitais, shoppings centers, supermercados, oficinas e outros empreendimentos.

A WWF-BRASIL (2006) estabelece água para fins comerciais aquela utilizada para limpeza geral de equipamentos e produtos utilizados em restaurantes, estabelecimentos de saúde e comércio em geral, evidenciando também onde ocorrem os maiores desperdícios no setor, sendo eles: vazamentos, lavagem de pisos e ambientes de trabalho, má conduta de funcionários e usuários dos serviços de comércio e falta de manutenção de equipamentos.

No Brasil, ainda existem poucos dados recentes com relação ao consumo de água em estabelecimentos comerciais, alguns deles são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Consumo médio de água em estabelecimentos comerciais

Tipo de estabelecimento	Consumo
Bar	5-15 L/freguês
Cinema, teatro e igreja	2,0 L/assento
Garagem	50-100 L/automóvel
Lavanderia	30 L/Kg de roupa seca
Posto de gasolina	150 L/automóvel
Restaurante	15-30 L/refeição
Shopping center	30-50 L/empregado

Fonte: Adaptado de Heller e Pádua (2006)

Comércios que envolvam uso contínuo de água como lavanderias ou que geram maior acúmulo de pessoas tendem a ter um consumo maior de recursos.

2.2.3 Consumo público

É designado consumo público a água destinada à limpeza de repartições públicas, lavagem de ruas, avenidas, manutenção e utilização de fontes e chafarizes, rega de parques e áreas verdes, água de combate a incêndios ou como meio de transporte dos efluentes domésticos e industriais. (WWF-BRASIL, 2006).

Heller e Pádua (2006) definem como consumo público a água para abastecimento das atividades que usualmente são mantidas pelo poder público incluindo manutenção de parques e jardins, monumentos, aeroportos, terminais rodoviários, limpeza de vias, prevenção de incêndios, além do abastecimento dos prédios públicos como prefeituras, escolas e hospitais.

Segundo a WWF-BRASIL (2006), os principais pontos de desperdícios ocasionados no consumo público de água.

Desperdício de água na rede de distribuição pelos vazamentos. Sistema de abastecimento de água ineficiente, saneamento básico, coleta e tratamento de esgoto, vazamentos, não tratando os esgotos coletados que serão devolvidos aos cursos d'água. Planejando de forma inadequada a estão dos recursos hídricos: separando a administração da água da administração do solo, da água subterrânea, da água de superfície, do suprimento de água e dos ecossistemas aquáticos, poucos processos de reuso da água. (p.10).

O consumo público exige um estudo rigoroso das partes responsáveis pela distribuição de água, por se tratar de setores que possuem um elevado índice de consumo.

2.2.4 Agricultura

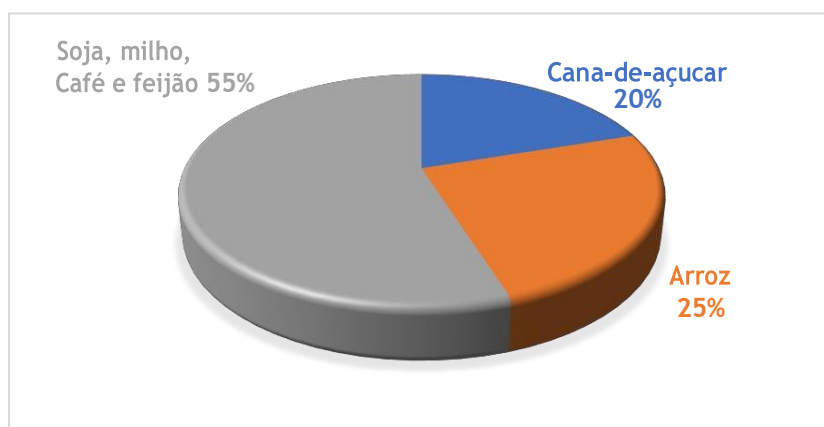
Muitas vezes, as chuvas não são suficientes para suprir as necessidades que a produção agrícola exige. E uma das formas de resolver esse problema é utilizar o processo de irrigação, uma atividade que consome mais de dois terços da água doce utilizada no planeta. Essa atividade além de demandar um alto consumo de água e que aliada ao mau aproveitamento do recurso gera um grande desperdício, a agricultura também afeta a qualidade dos solos e dos recursos hídricos. Os agrotóxicos e fertilizantes que comumente são utilizados na agricultura são muitas vezes carregados para os corpos d'água, causando sua contaminação superficial e subterrânea. (BRASIL, 2005).

A agricultura é atualmente o setor que mais consome água, em termos de quantidade, uma vez que é utilizada como fonte de irrigação de todos os produtos. No Brasil, a agricultura se desenvolveu em regiões onde a distribuição de chuvas era capaz de atender as

necessidades do cultivo. A irrigação se iniciou em nosso país no início do século XX, no Rio Grande do Sul, no cultivo do arroz e sua disseminação para o resto do país ocorreu após a década de 70. (BRASIL, 2018).

O Gráfico 2 apresenta as principais atividades que demandam irrigação no país.

Gráfico 2 - Principais culturas irrigadas no Brasil



Fonte: Adaptado de Brasil (2018).

As principais atividades irrigadas no Brasil são representadas pelo cultivo de cana de açúcar, arroz, soja, milho, feijão e café.

Apesar do alto consumo de água, a irrigação ainda é a maneira mais eficiente para a produção de alimentos, sendo um setor indispensável para o desenvolvimento humano.

Até o final do ano de 2020 os índices de consumo de água no setor agrícola tendem a aumentar principalmente no hemisfério sul, onde há possibilidade de produzir até três cultivos por ano de determinados segmentos. (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

O planejamento é indispensável para compatibilizar os usos da água, viabilizando os setores produtivos, monitorando a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos, melhorando assim os níveis de eficiência global de uso.

2.2.5 Consumo industrial

As indústrias são responsáveis por aproximadamente 22% do consumo total de água, sendo que a maior quantidade utilizada precisa ser considerada água limpa e potável. (BRASIL, 2005).

A Tabela 3 estima o consumo de água para diferentes setores industriais.

Tabela 3 - Estimativa de consumo para distintas atividades industriais

Atividade Industrial	Consumo
Cervejarias	5-20 L/L de cerveja
Conservas	4-50 L/Kg de conserva
Curtumes	20-40 L/Kg de pele
Fábricas de papel	20-250 L/Kg de papel
Laminação de aço	8-50 L/Kg de aço
Laticínios	1-10 L/L de leite
Matadouro	300 L/cabeça abatida para grandes animais, e 150 L para pequenos
Saboarias	25-200 L/Kg de produto
Tecelagem (sem alvejamento)	10-20 L/Kg de produto
Têxtil	20-600 L/Kg de tecido
Usinas de açúcar	0,5-10 L/Kg de açúcar

Fonte: Adaptado de Heller e Pádua (2006).

O consumo de água pode variar de acordo com o ramo industrial e o seu fornecimento de produtos. Mas geralmente é caracterizada como a água utilizada como matéria prima no processo de produção, na limpeza, no resfriamento, em instalações sanitárias, cozinhas e refeitórios. Apesar do desenvolvimento dos países, tem-se notado desde a década de 1980 que existe uma tendência em reduzir o consumo de águas industriais através da racionalização de uso e reuso. (HELLER E PÁDUA, 2006).

2.3 ÁGUA POTÁVEL

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) baseia-se nos seguintes fundamentos: a água é um bem de domínio público, considerado um recurso natural limitado e de alto valor econômico. O uso prioritário dos recursos hídricos é destinado ao consumo humano e a dessedentação animal. (BRASIL 9433, 1997).

De acordo com Brasil (518, 2004, p. 8), água potável é definida como “água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde”.

A Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, dispõe sobre os padrões de potabilidade da água para o consumo humano, sendo que esta deve estar em conformidade com os padrões microbiológicos, padrões de turbidez, radioatividade, e de substâncias químicas que podem provocar riscos à saúde.

A água potável é o insumo para a produção da água purificada, utilizada na indústria farmacêutica.

2.4 ÁGUA NA INDÚSTRIA

O Brasil é atualmente um dos países mais industrializados do mundo, sendo o setor responsável no ano de 2015, por gerar cerca de R\$ 1,3 trilhões em divisas, correspondendo a 22,7% do PIB. (CNI, 2017).

As indústrias se encontram irregularmente distribuídas no território nacional. Existem regiões onde há áreas extremamente concentradas e outras onde a atividade industrial é praticamente inexistente. A maior concentração de indústrias no Brasil se encontra na região Sudeste, destacando-se as indústrias automobilísticas e químicas. A região Sul, considerada a segunda região mais desenvolvida industrialmente é conhecida pela agroindústria. O perfil da atividade industrial no Nordeste é focado no setor têxtil e sucroenergético, e por fim, nas regiões Norte e Centro-Oeste, caracterizado pela baixa atividade industrial, têm o setor da agroindústria como referência. (BRASIL, 2017).

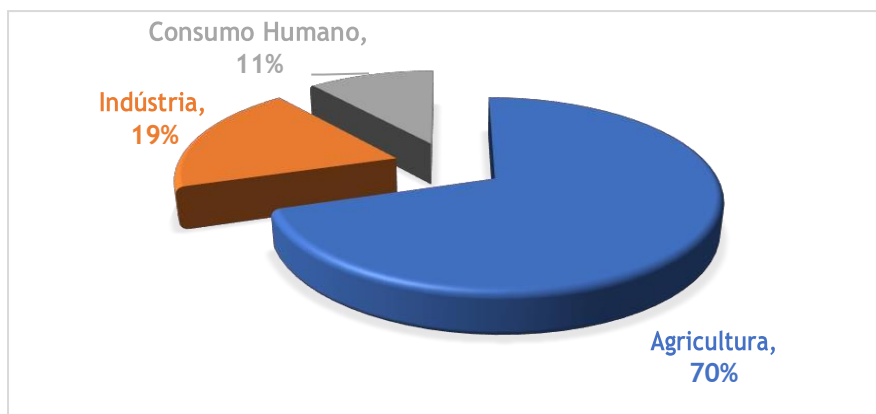
O ramo de atividade da indústria, que define as atividades desenvolvidas, determina as características de qualidade da água a ser utilizada, ressaltando-se que em uma mesma indústria podem ser utilizadas águas com diferentes níveis de qualidade. Por outro lado, o porte da indústria, que está relacionado com a sua capacidade de produção, irá definir qual a quantidade de água necessária para cada uso. (FIESP/CIESP, 2004, p.24).

A demanda de água na indústria varia de acordo com o tipo de produto ou serviço que está sendo processado, sendo que a intensidade de água depende do tipo de processo, tecnologias empregadas e até mesmo do bom gerenciamento do recurso no processo de produção.

De acordo com FAO (2017), o consumo médio industrial de água no continente americano passou de 20% na década de 1980 para 34% no ano de 2006. O consumo hídrico industrial perde apenas para o setor da agroindústria, já que é amplamente utilizado em irrigações.

O Gráfico 3 representa o uso de água em diferentes setores no mundo no ano de 2006.

Gráfico 3 - Usos de água por setor no ano de 2006



Fonte: Adaptado de FAO (2017).

Esse valor tende a aumentar em países que estão em desenvolvimento e a estabilizar em países desenvolvidos, já que o consumo varia de acordo com o grau de desenvolvimento de cada país.

Como em qualquer setor, a água utilizada nas indústrias deve passar por processos de tratamento específicos para cada tipo de atividade, com a finalidade de remover qualquer contaminante que possa inviabilizar a sua utilização.

O processo para realizar o tratamento da água depende de diversos fatores, tal como a quantidade de água que é fornecida e qual a qualidade mínima exigida para determinado uso. (BRASIL, 2010).

2.4.1 Água na indústria farmacêutica

A indústria farmacêutica é o principal segmento de indústria química no Brasil, sendo responsável por cerca de 70% do faturamento. No mercado brasileiro há maior predominância de empresas multinacionais, representando 80% do faturamento global do segmento. (SANTANA, 2012).

De acordo com Brasil (2010) é considerada água para uso farmacêutico a água que está presente em todas as fases no processo de obtenção de um medicamento.

São considerados como água para uso farmacêutico os diversos tipos de água empregados na síntese de fármacos; na formulação e produção de medicamentos; em laboratórios de ensaios; diagnósticos e demais aplicações, relacionadas à área de saúde, inclusive como principal componente na limpeza de utensílios, equipamentos e sistemas. (BRASIL, 2010, p. 391).

De acordo com a finalidade e emprego, os requisitos de qualidade da água se diferem, como também a escolha do sistema de purificação. O usuário é responsável pela escolha do tipo de água de acordo com seus objetivos, como também tem a responsabilidade de fazer os controles e verificações necessárias, garantindo a manutenção da sua qualidade. (BRASIL, 2010).

De acordo com Brasil (2017), a estimativa de demanda hídrica na indústria de produtos farmoquímicos e farmacêuticos no ano de 2015 são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Estimativa de demanda hídrica da indústria farmacêutica

Tipologia	Vazão de captação (m³/s)	Vazão consumida (m³/s)	Vazão de retorno (m³/s)
Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	0,699	0,140	0,559

Fonte: Adaptado de BRASIL (2017).

2.4.1.1 Tipos de água na indústria farmacêutica

Segundo Brasil (2010) existem três tipos de água para o uso farmacêutico, sendo elas: a água purificada (AP); a água para injetáveis (API) e a água ultrapurificada (AUP). Além disso, são consideradas também a água potável e a água reagente que são utilizadas em procedimentos gerais de limpeza, totalizando então cinco tipos de água.

a) Água Potável

É a água obtida dos mananciais, depois de passar por processos de tratamento adequados e que atenda a legislação brasileira no que diz respeito a parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e radioativos. A água potável é o ponto inicial para qualquer processo de purificação de água para fins farmacêuticos. (BRASIL, 2010).

A água potável é empregada normalmente nas etapas iniciais de procedimentos de limpeza e como fonte de obtenção de água de mais alto grau de pureza, podendo ser utilizada também na climatização térmica de alguns aparatos e na síntese de ingredientes intermediários. A maior parte das aplicações de água na indústria de medicamentos necessita de um tratamento adicional. (*id ibid.*).

A maioria das aplicações requer tratamento adicional da água potável, seja por destilação, deionização, troca iônica, osmose reversa, isolados ou acoplados, ou outro processo adequado para produzir a água purificada, livre da interferência de contaminantes que possam afetar a qualidade dos medicamentos produzidos. (BRASIL, 2010, p. 392).

Portanto, a água potável torna-se o ponto inicial para a obtenção dos demais tipos de água que serão utilizados na indústria farmacêutica, e com isso, sua qualidade deve ser garantida.

b) Água Reagente

Água reagente é a água que é produzida através de um ou mais processos de purificação. Geralmente a água reagente é utilizada na limpeza de materiais e de alguns equipamentos, podendo ser utilizada também na fase final da síntese de ingredientes ativos e de excipientes. Tendo aplicações no abastecimento de equipamentos, autoclaves, e em histologia. (BRASIL, 2010).

Devem ser adotadas medidas para evitar a proliferação microbiana nos pontos de circulação, distribuição e armazenamento, sendo que os principais parâmetros que caracterizam a água reagente são: condutividade de 1,0 a 5,0 mS/cm e carbono orgânico total (COT) < 0,20 mg/l. (*id ibid.*).

c) Água Purificada

Na indústria farmacêutica a água purificada é considerada uma das mais importantes matérias primas, já que está presente no processo de produção da maioria dos produtos e em outros processos industriais, como limpeza e esterilização de materiais. Sua qualidade depende de muitos fatores, como o sistema de tratamento escolhido no processo de purificação, bem como a frequência de manutenção e limpeza do mesmo, e também os procedimentos de armazenamento e distribuição da água produzida. (SANTOS E CRUZ, 2008).

O processo de obtenção da água purificada se inicia a partir da água potável ou da água reagente. Este tipo de água não pode conter qualquer outra substância adicionada. É obtida através da combinação de sistemas de purificação, podendo ser: múltipla destilação, troca iônica, osmose reversa, eletro-deionização, ultrafiltração, ou qualquer outro processo que seja

capaz de atender com eficiência os limites especificados de contaminantes. (BRASIL, 2010). É a água que tem maior utilização nos processos de produção de medicamentos.

A água purificada é utilizada na produção de formas farmacêuticas e em formulações magistrais, desde que não seja especificada a necessidade de uma pureza superior. Pode ser utilizada também como material de lavagem de utensílios, preparo de soluções reagentes, meios de cultura, tampões, diluições diversas, microbiologia em geral, análises clínicas, radioimunoensaio, aplicações laboratoriais, dentre diversas outras aplicações. (*id ibid*).

d) Água Ultrapurificada

A água ultrapurificada é caracterizada por possuir concentração iônica, baixa carga microbiana e baixo nível de COT. Esse tipo de água é utilizada quando se necessita de aplicações mais exigentes, tais como em laboratórios de ensaio para diluição de substâncias, no controle de qualidade e na limpeza final de equipamentos que entraram em contato direto com amostras que requeiram alto índice de pureza. (BRASIL, 2010).

A Farmacopeia Brasileira ainda indica a água ultrapurificada em métodos de análise que requeiram alta precisão e exatidão nos resultados, sem que haja interferências.

A utilização de água ultrapurificada em análises quantitativas de baixos teores de analito é essencial para obtenção de resultados analíticos precisos. Outros exemplos de aplicação da água ultrapurificada são: análises de resíduos, dentre eles os traços de elementos minerais, endotoxinas, preparações de calibradores, controles, substância química de referência, espectrometria de absorção atômica em geral [...]. (BRASIL, 2010, p. 393).

É considerada uma água com alto nível de pureza obtida através dos processos de osmose reversa ou ultrafiltração.

e) Água para Injetáveis

A água para injetáveis é utilizada na produção de medicamentos e princípios ativos farmacêuticos de uso parenterais, de grande ou pequeno volume. Também é utilizada em outros produtos que necessitam de controle de endotoxinas, bem como na limpeza e preparação de processos, equipamentos e componentes que entram em contato com as formas parenterais. (BRASIL, 2010).

A água para injetáveis engloba também a água esterilizada e estéril administradas em injeções. Sendo que o principal processo de purificação a ser utilizado para a produção dessa

água é a destilação, em equipamento cujas paredes internas sejam de metal apropriado e que garantam sua qualidade. O controle microbiológico para esse tipo de água é muito mais rigoroso do que os demais, já que esta não permite a ocorrência de contaminação microbiana e nem de endotoxinas. (*id ibid.*).

O Quadro 1 mostra um resumo dos tipos de água para uso farmacêutico, seus parâmetros de qualidade e aplicações.

Quadro 1- Tipos de água para uso farmacêutico e parâmetros de qualidade (continua)

<i>Tipo de Água</i>	<i>Características</i>	<i>Parâmetros críticos sugeridos</i>	<i>Exemplos de aplicação</i>
Água Potável	Obtida de mananciais ou da rede de distribuição pública.	Possui legislação específica.	Limpeza em geral e fonte de alimentação de sistemas de tratamento.
Água Reagente	Água potável tratada por deionização ou outro processo. Possui baixa exigência de pureza.	Condutividade de 1 a 5,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a $25^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$ (resistividade $> 0,2 \text{ M}\Omega\text{-cm}$); COT $< 0,20 \text{ mg/L}$.	Lavagem de material, abastecimento de equipamentos, autoclaves, banho maria, histologia, usos diversos.
Água Purificada	Níveis variáveis de contaminação orgânica e bacteriana. Exige cuidados de forma a evitar a contaminação química e microbiológica. Pode ser obtida por osmose reversa ou por uma combinação de técnicas de purificação a partir da água potável ou da reagente.	Condutividade de 0,1 a 1,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a $25^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$ (resistividade $> 1,0 \text{ M}\Omega\text{-cm}$); COT $< 0,20 \text{ mg/L}$. Contagem total de bactérias $< 100 \text{ UFC/mL}^*$; Ausência de Pseudomonas e outros patogênicos.	Produção de medicamentos e cosméticos em geral, farmácias, lavagem de material, preparo de soluções reagentes, meios de cultura, tampões, diluições, microbiologia em geral, análises clínicas, técnicas por Elisa, radioimunoensaio, aplicações diversas na maioria dos laboratórios, principalmente em análises qualitativas ou quantitativas menos exigentes.

(conclusão)

<i>Tipo de Água</i>	<i>Características</i>	<i>Parâmetros críticos sugeridos</i>	<i>Exemplos de aplicação</i>
Água para Injetáveis	Água purificada tratada por destilação ou processo similar.	Atende aos requisitos químicos da água purificada e exige controle de endotoxinas, partículas e esterilidade; Contagem microbiológica < 10UFC/100 mL, COT < 0,50 mg/L.	Como veículo ou solvente de injetáveis, fabricação de princípios ativos de uso parenteral, lavagem final de equipamentos, tubulação e recipientes usados em preparações parenterais. Usada como diluente de preparações parenterais.
Água Ultrapurificada	Para análises que exigem mínima interferência e máxima precisão e exatidão. Baixa concentração iônica, baixa carga microbiana e baixo nível de carbono orgânico total. Água purificada por processo complementar.	Condutividade de 0,055 a 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (resistividade > 18,0 $\text{M}\Omega\text{-cm}$); COT < 0,05 mg/L (alguns casos < 0,003 mg/L); Contagem total de mesófilos < 1 UFC/100mL (se utilizada para fins farmacêuticos).	Dosagem de resíduos minerais ou orgânicos, endotoxinas, preparações de calibradores, controles, SQR**, espectrometria de absorção atômica, espectrometria de massa, procedimentos enzimáticos, cromatografia a gás, biologia molecular e cultivo celular, etc. Eventualmente em preparações farmacêuticas que requeiram água de alta pureza.

(*) UFC/100 mL= Unidades Formadoras de Colônia; população microbiológica variável

(**) SQR = Substâncias Químicas de Referência

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2010, p. 394.

2.5 PROCESSOS DE PURIFICAÇÃO DA ÁGUA NO USO FARMACÊUTICO

Os processos de purificação de água utilizados no uso farmacêutico consistem em etapas de eliminação de impurezas físico-químicas, biológicas e microbiana, até que se atinjam os níveis estabelecidos para o seu uso. (BRASIL, 2013). Visto isso, é de extrema importância o controle de contaminação da água já que é suscetível para agregar compostos e sofrer recontaminação após a etapa de purificação.

O método a ser utilizado no processo de purificação de água deve ser apropriado à qualidade da água que se deseja produzir. Sendo que as especificações para os equipamentos e

para os sistemas de armazenamento devem estar configurados para que evitem contaminação microbiológica. (*id ibid.*).

O projeto de instalação de um sistema de purificação de água deve levar em conta a qualidade da água de fornecimento e da água desejada ao final, a vazão necessária, a distância entre o sistema de produção, os pontos de uso, o layout da tubulação e conexões, o material empregado, facilidades de assistência técnica e manutenção e os instrumentos adequados para o monitoramento. (BRASIL, 2010, p. 395).

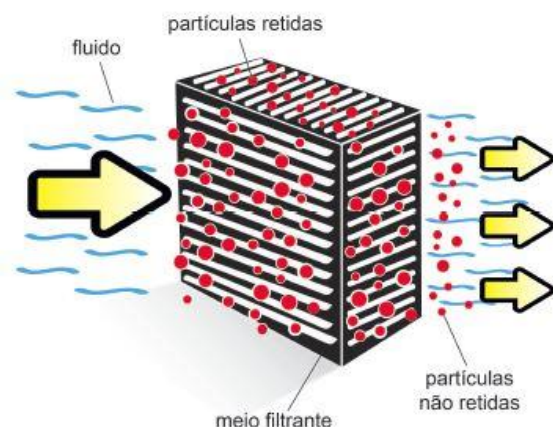
As tecnologias empregadas na purificação de água destinam-se principalmente à remoção de contaminantes que possam conter em qualquer estágio do processo. De acordo com a Farmacopeia Brasileira, os métodos de purificação de água serão apresentados a seguir.

2.5.1 Pré-Filtração

É considerado um pré-tratamento da água que vai se utilizar. Tem como objetivo a remoção de contaminantes sólidos na faixa de granulometria entre 5 e 10 μm , essencialmente visando proteger as tecnologias subsequentes com a utilização de filtros de areia ou uma combinação de filtros. Atua como um controle das condições operacionais e procedimentos adequados de limpeza e sanitização. (BRASIL, 2010).

Conhecido também como filtro de profundidade, as partículas sólidas são separadas principalmente por deposição dentro dos poros do meio filtrante, ou seja, a espessura do meio filtrante é expressivamente maior do que o tamanho da partícula que será filtrada, como mostra a Figura 3. (POCFILTROS, 2019).

Figura 3 - Pré-filtração



Fonte: POCFILTROS, 2019.

2.5.2 Adsorção por carvão vegetal ativado

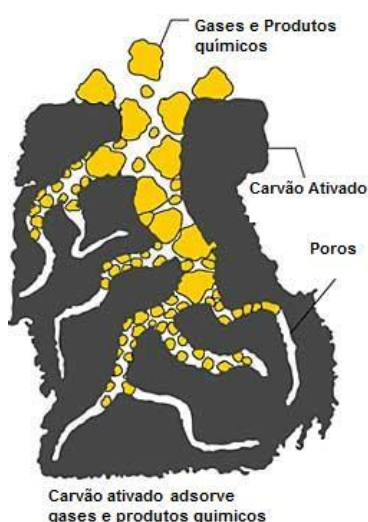
O carvão ativado é um material de origem natural e amplamente utilizado em processos de filtração e purificação de diversos líquidos, inclusive a água.

Essa técnica consiste em eliminar o cloro presente na água através de uma formação de óxidos. O carvão ativado também tem a propriedade de remover a matéria orgânica em seus sítios, gerando uma possível contaminação microbiológica. Por isso é muito importante que sejam tomados os cuidados necessários na utilização desse equipamento, devendo ser definidos processos de sanitização que garantam o controle da contaminação microbiológica. (SANTOS E CRUZ, 2008).

A retirada de agentes sanitizantes propicia o crescimento bacteriano e a formação de biofilme, o que implica na necessidade de sanitização do próprio carvão ativado, com vapor direto ou água quente, por exemplo, e do controle de partículas e contagem microbiana de seu efluente. (BRASIL, 2010, p. 395).

Esse processo é muito utilizado onde se deseja purificar, descolorir, recuperar e remover odores de líquidos. A Figura 4 exemplifica o processo de purificação por adsorção por carvão ativado.

Figura 4 - Adsorção por carvão ativado



Fonte: SNATURAL, [s.d.].

Esse processo além de remover os agentes oxidantes, principalmente o cloro livre, protege outras tecnologias que são afetados pelo mesmo, como sistemas de osmose reversa e ultrafiltração. (BRASIL, 2010).

2.5.3 Tratamento com aditivos químicos

Esse tratamento baseia-se na utilização de aditivos químicos que regulam o pH da água, ou ainda removem carbonatos e amônias, visando a proteção de outras tecnologias. (BRASIL, 2010).

“Como aditivos químicos podem ser empregados: o ozônio, comumente utilizado no controle de microrganismos e o metabissulfito, aplicado como agente redutor para cloro livre, em substituição ao carvão vegetal ativado”. (BRASIL, 2010, p. 395).

Esses aditivos químicos são removidos posteriormente em algum outro processo de purificação, não podendo deixar resíduos no resultado final.

2.5.4 Tratamento com abrandadores

A água com altos teores de cálcio e magnésio é comumente chamada de “água dura”. Nessas situações, é necessário um tratamento que reduza esses teores. (SANTOS E CRUZ, 2008).

Neste caso o tratamento adequado é por uso de abrandadores, funcionando por um processo parcial de troca iônica, onde a água potável passa por um leito de resina catiônica forte no ciclo de sódio e os íons de cálcio e magnésio que são solúveis em água ficam retidos nesse agrupamento. (*id ibid.*).

De acordo com a Farmacopeia Brasileira “essa tecnologia emprega resinas regeneráveis de troca iônica, que capturam os íons cálcio e magnésio, e liberam íons sódio na água” (p. 395).

Na figura 5 é exemplificado como é o funcionamento de um abrandador.

Figura 5 - Processo de abrandamento de água



Fonte: SJ, [s.d.].

Durante esse processo pode ocorrer a formação de biofilme e por isso é necessário realizar um controle microbiano.

2.5.5 Deionização ou eletrodeionização contínua

Essas tecnologias são responsáveis pela remoção de sais inorgânicos dissolvidos na água. A deionização produz água purificada através de resinas de troca iônica específicas para cátions ou para ânions. Porém, esse processo se realizado de maneira isolada não garante água com alto grau de pureza. (BRASIL, 2010).

Já os sistemas de eletrodeionização contínua “combinam resinas catiônicas e aniônicas com membranas semipermeáveis e a aplicação de um campo elétrico, promovendo assim a remoção de íons de forma contínua, isso é, sem necessidade de parada para regeneração”. (BRASIL, 2010, p. 396).

Independente de qual processo for adotado, é necessário ter um controle das gerações de partículas e de microorganismos, aplicando radiação ultravioleta na saída do sistema, porém, esse processo ainda não tem eficácia comprovada.

2.5.6 Osmose reversa

A osmose é um fenômeno que se caracteriza pela difusão, através de uma membrana semipermeável entre duas soluções de concentração salinas diferentes. (SANTOS E CRUZ, 2008).

O processo de purificação por osmose reversa consiste em aplicar mecanicamente uma pressão superior à pressão osmótica do lado da solução mais concentrada. Assim, a água pura é retirada de uma solução salina através de uma membrana semipermeável. (*id ibid.*).

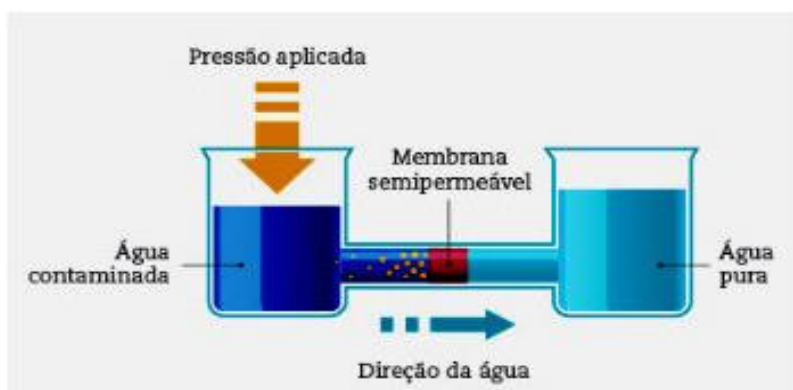
As membranas de osmose reversa atuam com uma barreira a todos os tipos de sais e microrganismos com peso molecular acima de 100. Elas são compostas, basicamente, de poliamida e polisulfona microporosa, enroladas em forma de espiral e revestidas, geralmente, de resina ou fibra de vidro. A água é pressurizada através dessa membrana, conseguindo dois fluxos distintos de água ao final dela: um fluxo de água tratada chamado permeado e um fluxo de água salobra denominada rejeito. (SANTOS E CRUZ, 2008, p.39).

Esse processo é responsável pela remoção de 90% a 99% da maioria dos contaminantes, porém devem ser controlado quanto à formação de incrustações provenientes de sais de cálcio, magnésio e de biofilme, já que são fontes de contaminação microbiana e de

toxinas. Por isso, quando se utiliza esse método, é importante que seja antecedido por um método de pré-filtração, removendo as partículas e agentes oxidantes, garantindo assim também uma maior vida útil às membranas. (BRASIL, 2010).

A Figura 6 mostra de maneira simplificada como funciona o processo de purificação por osmose reversa.

Figura 6 - Esquema simplificado do processo de osmose reversa



Fonte: MAGALHÃES, 2018.

Complementar a esse processo existe também os sistemas de osmose reversa de duplo passo, onde a água purificada resultante do primeiro estágio alimenta um segundo estágio, incrementando a purificação. (BRASIL, 2010).

2.5.7 Ultrafiltração

Na indústria farmacêutica, esse processo de purificação é frequentemente utilizado para a remoção de endotoxinas, onde uma membrana especial retém moléculas de acordo com seu peso molecular e estereoquímicas. (BRASIL, 2010).

Essa tecnologia normalmente é utilizada nas etapas finais ou intermediárias do processo de purificação e, como no processo de osmose reversa, também precisa de um pré-tratamento anterior ao seu uso, garantindo assim a qualidade necessária de acordo com a sua utilização. (*id ibid*).

2.5.8 Microfiltração

Essa tecnologia consiste na utilização de membranas microporosas, com tamanho de poros especificados de 0,2 ou 0,22 μm . Devem ser feitas as validações quanto a sua retenção através de um teste bacteriológico. (BRASIL, 2010).

O processo de microfiltração é aplicado na filtração de gases ou na ventilação de tanques de armazenamento a fim de evitar a contaminação da água neles contida. Para isso utilizam-se membranas hidrofóbicas (insolúveis em água), para que o filtro opere sem acúmulo de água condensada, a partir da umidade do próprio ar. (*id ibid.*).

2.5.9 Radiação ultravioleta

O processo de purificação de água através de raio ultravioleta acontece em dois comprimentos de onda. O de comprimento de onda de 185 nm é responsável pela oxidação de compostos orgânicos e consequentemente por diminuir sua concentração, para que se chegue aos limites estabelecidos para água purificada, água ultrapurificada e água para injetáveis. Já o de 254nm tem ação germicida nos diversos pontos da sequência de purificação, responsável por reduzir a contagem microbiana. (BRASIL, 2010).

Se o método utilizado objetiva a oxidação dos compostos orgânicos, o tratamento deve ocorrer no final da purificação. Sendo que uma das limitações que pode ocorrer é a presença de partículas na superfície das lâmpadas, diminuindo assim a intensidade da radiação e comprometendo sua eficiência. (*id ibid.*).

2.5.10 Destilação

O processo de destilação é considerado o mais antigo que existe. A água passa do estado líquido para o estado gasoso através de uma coluna de evaporação, onde é eliminada a maior parte de seus contaminantes. Depois ele retorna ao seu estado líquido através de um condensador. (LOPES; LOPES; VARGAS, 2013).

Existem diversos tipos de destiladores que são utilizados em instalações industriais, podendo ser destiladores simples, de múltiplos efeitos e de compressão a vapor. A água utilizada para a alimentação de destiladores requer controles diferentes de outros métodos, já que em sistemas de geração de vapor há altos índices de silicato. Portanto o controle da água potável de entrada do equipamento de destilação é de extrema importância. (BRASIL, 2010).

2.6 REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA

O conceito de reutilização de água não é considerado novo, já que no próprio ciclo hidrológico vem se reciclando e se reutilizando ao longo da história. (KRAEMER, 2009).

Cidades, lavouras e indústrias já utilizam, há muitos anos, o reuso de uma forma indireta ou pelo menos não planejada, que resulta da utilização de águas por usuários à jusante que capitam águas que já foram utilizadas e devolvidas aos rios pelos usuários à montante. (KRAEMER, 2009, p.11).

A reutilização deve ser planejada de modo que permita seu uso seguro e que minimize os custos de implantação e operação.

Segundo Moruzzi (2008) e tendo como base a Resolução nº 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, a reutilização de água pode ser dividida nas modalidades mostradas na Tabela 5.

Tabela 5 - Finalidades e utilização da água de reuso

Finalidade	Utilização
Fins urbanos	Irrigação, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, setores da construção civil, edificações, combate a incêndio dentro da área urbana;
Fins agrícolas e florestais	Utilização de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
Fins ambientais	Utilização de água para a implantação de projetos de recuperação ambientais;
Fins industriais	Utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais;
Aquicultura	Utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

Fonte: MORUZZI, 2008.

De acordo com a NBR 13969 (ABNT, 1997) a água de reutilização deve ser destinada para fins que exigem qualidade de água não potável, porém, sanitariamente segura, como irrigação de jardins, lavagem de pisos e veículos, descarga de vasos sanitários e até mesmo irrigações. A norma classifica a água de reutilização conforme seu uso e define seus parâmetros de tratamento, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação, utilização e parâmetros de qualidade da água de reuso segundo a NBR 13969/1997

CLASSE	USO PREVISTO	PARÂMETROS DE QUALIDADE
Classe 1	Lavagem de carros e usos que requerem contato direto do usuário com a água.	Turbidez < 5 NTU Coliformes fecais < 200 NPM/100 mL Sólidos dissolvidos totais < 200 mg/L 6,0 < pH < 8,0 0,5 mg/L < Cloro residual < 1,5 mg/L
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.	Turbidez < 5 NTU Coliformes fecais < 500 NPM/100 mL Cloro residual > 0,5 mg/L
Classe 3	Reuso nas descargas sanitárias	Turbidez < 10 NTU Coliformes fecais < 500 NPM/100 mL Sólidos dissolvidos totais < 200 mg/L 6,0 < pH < 8,0 0,5 mg/L < Cloro residual < 1,5 mg/L
Classe 4	Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual	Coliformes fecais < 5000 NPM/100 mL Oxigênio dissolvido > 2,0 mg/L

Fonte: NBR 13969(ABNT, 1997).

As atividades industriais no Brasil correspondem por cerca de 20% do consumo de água, sendo que cerca de 10% é extraída diretamente dos corpos d'água. O reuso industrial pode ser estendido na produção de água para caldeiras, em sistemas de resfriamento como água de reposição, em lavadores de gases e como água de processos. (ZARED FILHO, et al., 2007).

Segundo FIESP/CIESP (2004), os principais usos de água na indústria podem ser resumidos em:

- Consumo humano: água utilizada em sanitários, vestiários, cozinhas, refeitórios, bebedouros, ou em qualquer atividade que tenha contato humano com a água.
- Matéria prima: água destinada ao produto final, como nos casos de bebidas, higiene, cosméticos, alimentos e fármacos.
- Fluido auxiliar: utilizada na preparação de soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos ou ainda em operações de lavagem.
- Uso para geração de energia: transformação da energia cinética, potencial ou térmica acumulada na água, em energia mecânica e posteriormente, elétrica.

- Fluido de aquecimento e/ou resfriamento: é utilizada como transporte de calor para a remoção do calor de misturas reativas ou outros dispositivos que precisam de resfriamento.
- Outros usos: combate a incêndio, rega de áreas verdes ou incorporados em subprodutos de processos industriais, em estado sólido, líquido ou gasoso.

Os altos custos da água industrial aliado as crescentes demandas de recursos no setor, fazem com que as indústrias comecem a avaliar as possibilidades da empresa em reutilizar a água em seu processo produtivo ou dar outras finalidades menos nobres a ela. (HESPANHOL, 2002).

Reutilizar a água nos processos industriais gera além de benefícios econômicos à empresa, benefícios à sociedade e principalmente ao meio ambiente, pois passa a consumir menos recurso das concessionárias.

No Brasil ainda não há leis específicas de incentivo ou obrigatoriedade de reutilização de água. Apenas a resolução 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água.

Porém, vem ganhando força a adoção de estratégias para a reutilização de água no setor industrial devido às cobranças pelo uso racional da água e o lançamento dos seus efluentes nos corpos hídricos, tendo um controle maior de perdas e desperdícios de água. (MARTINS e ALMEIDA, 1999).

Reutilizar e conservar são práticas que devem ser estimuladas dentro da própria indústria, através de processos industriais e sistemas de lavagem que demandam baixo consumo de água. (HESPANHOL, 2002). A utilização industrial que podem ser viabilizados o reuso, são os seguinte:

- Torres de resfriamento como água de make-up;
- Caldeiras;
- Construção civil seja na preparação e cura de concreto ou para compactação do solo;
- Irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagens de pisos e serviços em geral;
- Processos industriais.

A reutilização de água na indústria segundo Mancuso et al. (2003), pode ser feita em torres de resfriamento, onde as indústrias desenvolvem uma quantidade alta de calor residual

que deve ser reduzido ou removido. Assim, a água pode ser reutilizada nesse sistema de refrigeração para absorver o calor gerado. Em lavagens de peças e equipamentos, irrigação de áreas verdes, lavagem de áreas externas, pisos e veículos. Podendo ser reutilizada também no seu processo industrial, em uso sanitário e proteção contra incêndios.

2.6.1 Reuso na indústria farmacêutica

Na indústria farmacêutica a água é considerada um insumo essencial. Ela é utilizada em diversas etapas do processo industrial, é indispensável no processo de limpeza e higienização das áreas que são extremamente rigorosos nesse setor, e é utilizada também na própria formulação dos medicamentos. Deve-se levar em conta também, a água destinada ao consumo humano, nas instalações sanitárias, na limpeza das áreas externas e também em jardinagem. (LIBBS, 2017).

A água fornecida pela concessionária é o ponto inicial para qualquer utilização da indústria farmacêutica, sendo assim, a mesma já deve ter passado por tratamentos até torná-la potável. Dentro da indústria, a mesma começa a passar por processos de purificação, até que atinjam exigências recomendadas para determinado uso. Durante esses processos, um grande volume de água pura é descartado e despejado nos sistemas de esgoto, sendo que poderia ser utilizada para outros fins.

O descarte decorrente das etapas de purificação se separados e acondicionados corretamente antes do efluente a ser descartado, podem ser destinados a diversas outras aplicações como lavagem de ruas, paredes, rega de jardins, uso na rede de combate a incêndio e até mesmo nos vasos sanitários. (SILVA *et al.*, 2013).

O processo de reaproveitamento de água descartada numa indústria farmacêutica é uma alternativa eficiente que pode minimizar as dificuldades relacionadas à demanda de água e principalmente reduzir os custos e o volume descartado, sem que isto interfira na qualidade de seus processos e produtos, uma vez que essa água pode possuir qualidade suficiente para atender aos requisitos das atividades que se destinam. (SILVA *et al.*, 2013).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1 A PESQUISA CIENTÍFICA

Pesquisar cientificamente não é, apenas, sinônimo de sofisticação e atividade especial. O pesquisador, neste caso na investidura de orientador, é definido como quem detém um título, de mestre ou doutor com um currículo onde está presente o domínio acadêmico, manuseio estatístico e dos meios de comunicação atuais. (DEMO, 2012).

Por isso, a pesquisa é uma atividade especial, realizada em momentos e horários especiais, diferentemente das ações acadêmicas tradicionais e usuais.

3.2 O ESTUDO REALIZADO

A investigação feita foi caracterizada pela abordagem quali-quantitativa sob método de procedimento bibliográfico e nível exploratório.

Araújo e Oliveira (1997, p. 11) afirmam que, este tipo de estudo “[...] se desenvolve numa situação natural, é rico em dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto se preocupa em retratar a perspectiva dos participantes, tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada”.

Estas pesquisas querem, sobretudo, resgatar socialmente a investigação científica e, ao mesmo tempo, propõe a fuga das tradicionais e obsoletas formas de construção do conhecimento e de interpretação da realidade, inexistente na estrutura de ensino do Brasil.

A pesquisa bibliográfica é meio de formação por excelência. Como trabalho científico original, constitui a pesquisa propriamente dita na área das Ciências Humanas. Como resumo de assunto, constitui geralmente o primeiro passo de qualquer pesquisa científica. (CERVO; BERVIAN, 1996, p. 48).

Verifica-se, então, a relevância da investigação de caráter bibliográfico para as pesquisas científicas, especialmente considerando-se a facilidade existente atualmente da obtenção de material atual e avaliado por especialistas, nas redes eletrônicas de comunicação.

3.3 ESCOLHA DO TEMA

A opção de escolha ao tema surgiu da necessidade da indústria farmacêutica, que vinha apresentando um quadro de desperdício de água em seu processo de produção e tinha consciência de sua responsabilidade ambiental perante a sociedade.

O desenvolvimento da pesquisa permitiu a elaboração de diretrizes de um projeto para a reutilização de água descartada do processo de osmose reversa, diminuindo os impactos gerados ao meio ambiente.

Com os resultados obtidos outras instituições do mesmo segmento terão subsídios e informações para realizarem melhorias dessa natureza em suas instalações e posteriormente fundamentar pesquisas a respeito dessa temática de tamanha relevância científica.

3.4 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida na Airela Indústria Farmacêutica Ltda. localizada no bairro de Ilhota, município de Pedras Grandes no sul do estado de Santa Catarina, conforme Figura 7. O município de Pedras Grandes possui uma área de 171,8 km² (de acordo com o último levantamento do IBGE/2010).

Figura 7 - Localização da Airela Indústria Farmacêutica Ltda.



Fonte: GOOGLE MAPS, 2019.

A Airela Indústria Farmacêutica Ltda. (Figura 8) foi fundada no ano de 1997 e foi recentemente adquirida por um grupo de empresários que desde outubro de 2018 assumiram a gestão da empresa, retomando as atividades e garantindo a empregabilidade e girando a economia do município.

Figura 8 - Fachada da Airela Indústria Farmacêutica Ltda.



Fonte: GOOGLE MAPS, 2019.

Contando com aproximadamente 37 mil m² de área, com 7 mil m² construídos, a empresa atualmente é responsável pela produção mensal de 2 milhões de unidades de produtos, incluindo medicamentos e suplementos alimentares que são distribuídos em todo país.

A área de estudo deste trabalho é referente aos prédios 1 e 7 da empresa, a Figura 9 apresenta a localização dos prédios dentro do empreendimento.

Figura 9 - Localização dos prédios 1 e 7



Fonte: GOOGLE MAPS, 2019.

3.5 METODOLOGIA DA COLETA DE DADOS

Realizada sistematicamente em bases de dados científicas ou de acesso livre ou fornecidas pela universidade. Por isso, foram resgatados artigos científicos, livros e, além disso,

documentos e plantas da empresa estudada. A pesquisa foi formada por um estudo de caso com métodos e verificações conforme dados coletados, de acordo com as características e regulamentações da empresa em estudo.

A coleta de dados foi realizada mediante a autorização e aprovação dos responsáveis da indústria farmacêutica, e assim dividida em etapas listadas a seguir:

Etapa 1: Visitas e observações preliminares em campo, além de conversas com os responsáveis da indústria e com funcionários que trabalham no setor, com o objetivo de conhecer a rotina diária e como funciona o processo atual de armazenamento e purificação de água.

Etapa 2: Descrição das práticas de purificação de água executadas atualmente pela empresa, coletando informações referentes as vazões na indústria e à quantificação de água que está sendo descartada atualmente nesse processo. Os dados obtidos foram coletados através de visitas e pesquisa documental cedida pela indústria.

Etapa 3: Avaliação prévia da viabilidade do local para comportar um reservatório da água descartada e um sistema para o reaproveitamento desse recurso, respeitando as especificações de potabilidade e controle microbiológico das normas vigentes.

Etapa 4: Elaboração das diretrizes de um projeto de reaproveitamento da água descartada para que possa ser utilizada inicialmente nos sanitários da indústria, mas que posteriormente possa ser ampliada a mais setores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir desse capítulo serão apresentados os resultados obtidos durante o processo de pesquisa, com análises de documentações, registros fotográficos e apresentação das diretrizes da proposta de reaproveitamento de água para indústria farmacêutica.

4.1 ANÁLISE DO PROCESSO DE PURIFICAÇÃO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA

A água utilizada para uso geral na indústria é a água subterrânea captada por poço profundo, conforme Figura 10, que posteriormente passam por processos de tratamento, armazenamento e distribuição. A água industrial possui parâmetros de qualidade semelhantes aos da água potável, porém seu uso não é destinado ao consumo humano, sendo esta fornecida pela companhia de saneamento local.

Figura 10 - Sistema de captação de água



Fonte: Autora, 2019.

No sistema de captação inicia o processo de cloração da água. O sistema dosador de cloro, mostrado na Figura 11, funciona de maneira automática e mantém o potencial de oxirredução da água contida no reservatório ao adicionar a solução de hipoclorito de sódio.

Figura 11 - Bomba dosadora de cloro no sistema de captação



Fonte: Cedida por AIRELA, 2019.

Esse sistema é composto por uma bomba, localizada na área externa da indústria e o monitoramento e comandos de operação são executados através de equipamento automatizado, de acordo com a Figura 12.

Figura 12 - Equipamento de monitoramento do sistema de cloração



Fonte: Cedida por AIRELA, 2019.

O hipoclorito de sódio adicionado à água fica armazenado em recipiente dosador ao lado do sistema de captação, conforme a Figura 13.

Figura 13 - Recipiente de produto para dosagem de hipoclorito de sódio



Fonte: Cedida por AIRELA, 2019.

O excesso de hipoclorito de sódio causa danos nas membranas do sistema de purificação de osmose reversa. Para evitar que esse problema venha a ocorrer, o sistema injeta de maneira automática metabissulfito de sódio.

Após esse processo a água é armazenada em um reservatório externo, mostrado na Figura 14, para então iniciar o processo de purificação de osmose reversa.

Figura 14 - Reservatório externo de água



Fonte: Autora, 2019.

Para que o sistema de purificação possa ser iniciado, o nível de água industrial desse reservatório deve ser superior à 70% de sua capacidade máxima. Sendo que 55% de sua capacidade é reservada para a alimentação do sistema de hidrantes e os outros 45% são reservados para alimentar o sistema de água purificada.

Antes da água industrial entrar no equipamento de purificação de osmose reversa são realizados tratamentos como adição de metabissulfito de sódio em concentração de 20 g/L de água para evitar a incidência de cloro, que podem danificar o equipamento. Solução de soda cáustica para ajuste do pH em concentração de 40 g/L. E solução de sal grosso não iodado que ajuda na retenção de cloro e matéria orgânica.

Após essa etapa inicia-se o processo de purificação por osmose reversa, de acordo com a Figura 15.

Figura 15 - Equipamento de osmose reversa



Fonte: Autora, 2019.

A água que entra no equipamento passa pelo total de cinco membranas, mostradas na Figura 16 até o processo final de purificação, porém se esta apresentar condutividade elevada ao passar pelas duas membranas iniciais é descartada pelo sistema de osmose, e que é o tema central dessa pesquisa.

Figura 16 - Membranas da osmose reversa



Fonte: Autora, 2019.

Todos os parâmetros necessários para a purificação da água são ajustados no próprio equipamento de osmose reversa de acordo com a necessidade de utilização, representados na Figura 17.

Figura 17 - Display de ajuste de parâmetros da água

SISTEMA DE CLORAÇÃO	SET POINT	
OSMOSE REVERSA	PARÂMETROS SISTEMA CLORAÇÃO	
	AVISO CLORO BAIXO	####.# mV
	MOD. DE OPERAÇÃO	AUTOMATICO
PÓS TRATAMENTO	PARÂMETROS OSMOSE	
	PRESSÃO MÍNIMA NA ENTRADA OSMOSE	####.# BAR
	VALOR MÁXIMO ADMISSÍVEL DE ORP	####.# mV
LEITURAS	CONDUTIVIDADE ALTA	####.# uS
	MOD. DE OPERAÇÃO	AUTOMATICO
LIMPEZA (CIP)	PARÂMETROS LOOPING	
	NÍVEIS DE CONTROLE DO TANQUE	
	NÍVEL ALTO	#### L
	NÍVEL DEMANDA	#### L
	NÍVEL SEGURANÇA	#### L
	NÍVEL BAIXO	#### L
	VELOCIDADE DA BOMBA DO LOOPING	####.# %
HISTÓRICO	TEMPERATURA BAIXA LOOPING	####.# °C
	TEMPERATURA ALTA LOOPING	####.# °C
SET POINT	CONDUTIVIDADE ALTA	####.# uS
CONFIGURAÇÕES	MOD. DE OPERAÇÃO	AUTOMATICO

Fonte: Cedida por AIRELA, 2019.

O Quadro 3 apresenta os parâmetros de água purificada que são utilizados atualmente pela empresa.

Quadro 3 - Parâmetros para a produção de água purificada pela empresa

Ítem	Leitura	Denominação	Unidade	Parâmetro
1	IHM	Pressão entrada Next Sand	Bar	2,5 – 4,0
2	IHM	Pressão entrada abrandador	Bar	2,0 – 3,5
3	TANQUE	Volume de sal grosso	L	> 20
4	TANQUE	Volume de solução de metabissulfito de sódio	L	> 20
5	TANQUE	Volume de solução de soda cáustica	L	> 20
6	BOMBA DOSADORA	Leitor de cloro (ORP)	mV	> 250
7	BOMBA DOSADORA	Leitor de pH	-	6,8 – 8,5
8	IHM	Pressão de entrada cartucho	Bar	2,0 – 3,5
9	IHM	Pressão de saída cartucho	Bar	2,0 – 3,5
10	IHM	Pressão de entrada 1	Bar	15,0 – 19,0
11	IHM	Pressão de rejeito 1	Bar	14,0 – 18,0
12	IHM	Pressão de entrada 2	Bar	9,0 – 13,0
13	IHM	Pressão de rejeito 2	Bar	7,0 – 12,0
14	IHM	Vazão de alimentação 1	m³/h	2,0 – 3,0
15	IHM	Vazão de rejeito 1	m³/h	1,2 – 2,2
16	IHM	Vazão de alimentação 2	m³/h	0,9 – 1,4
17	IHM	Vazão de rejeito 2	m³/h	0,2 – 0,5
18	IHM	Vazão permeado	LHP	0,8 – 1,2
19	CONDUTIVÍMETRO	Condutividade OR	µS	> 1,3
20	CONDUTIVÍMETRO	Condutividade Looping	µS	> 1,3
21	IHM	Velocidade Looping	m/s	> 1,5
22	IHM	Temperatura	°C	> 21,0

Fonte: Cedida por AIRELA, 2019.

Os resultados obtidos após a osmose reversa são lidos e registrados diariamente.

O sistema de purificação de água não pode ficar mais de 2 horas sem funcionamento podendo acarretar contaminação microbiológica do sistema.

A água purificada resultante desse processo é armazenada num tanque, mostrado na Figura 18, e finalmente pode ser distribuída para os setores de produção de medicamentos.

Toda água utilizada pela empresa passa por rigorosos testes laboratoriais e controles microbiológicos realizados dentro da própria edificação, garantindo assim a sua utilização.

Figura 18 - Tanque de armazenamento de água purificada



Fonte: Autora, 2019.

4.2 QUANTIFICAÇÃO DA ÁGUA DESCARTADA

Para a determinação do volume de água que é descartada no processo foram utilizadas as fichas de ocupação de utilidades, registradas com duas leituras diárias do equipamento de osmose reversa durante o mês de agosto de 2019. O volume de descarte está apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 - Vazão de descarte de água do mês de agosto de 2019

(continua)

VAZÃO DE REJEITO (m ³ /h)	Semana de 04/08/2019 a 10/08/2019									
	DIAS DA SEMANA									
	SEG		TER		QUA		QUI		SEX	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	1,38	1,40	1,38	1,38	1,38	1,38	1,32	1,32	1,32	1,32
	Semana de 11/08/2019 a 17/08/2019									
	DIAS DA SEMANA									
	SEG		TER		QUA		QUI		SEX	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	1,38	1,41	1,38	1,38	1,38	1,41	1,41	1,40	1,38	1,38

(conclusão)										
VAZÃO DE REJEITO (m³/h)	Semana de 18/08/2019 a 24/08/2019									
	DIAS DA SEMANA									
	SEG		TER		QUA		QUI		SEX	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	1,40	1,40	1,40	1,40	1,50	1,40	1,40	1,50	1,40	1,40
	Semana de 25/08/2019 a 31/08/2019									
	DIAS DA SEMANA									
	SEG		TER		QUA		QUI		SEX	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	1,38	1,35	1,35	1,36	1,34	1,38	1,35	1,38	1,37	1,36

De acordo com o quadro anterior, pode-se determinar a vazão média de descarte de água purificada, sendo de aproximadamente 33,035 m³/dia. Porém, esse é um valor variável ao longo do ano de acordo com os volumes de produção de cada período.

4.3 ESTIMATIVA DE DEMANDA

Para a concepção desse projeto, foi definido que inicialmente a água descartada no processo de osmose reversa seria reaproveitada nas bacias sanitárias dos banheiros masculinos e femininos dos prédios 1 e 7, conforme Anexo A. Os sanitários masculinos e femininos respectivos aos prédios comportam em seu interior quatorze aparelhos sanitários.

Segundo o quadro de funcionários fornecido pelo empreendimento, os dois prédios que receberão as instalações da água reutilizada são compostos por aproximadamente 180 funcionários, distribuídos em setores de pesquisa e desenvolvimento, controle de qualidade e salas de apoio da indústria.

Para a determinação da demanda de água necessária para a área estudada, adotando os valores de referência segundo Tomaz (2000) onde a demanda de água não potável para bacias sanitárias é em média 10,5 L/descarga e tendo uma frequência de 5 descargas/pessoa/dia, temos que cada pessoa por dia precisará em média 52,5 litros de água para suprir suas necessidades. Logo, estima-se que os prédios 1 e 7 consumirão aproximadamente 9.450 litros de água por dia.

4.4 CONCEPÇÃO DO SISTEMA

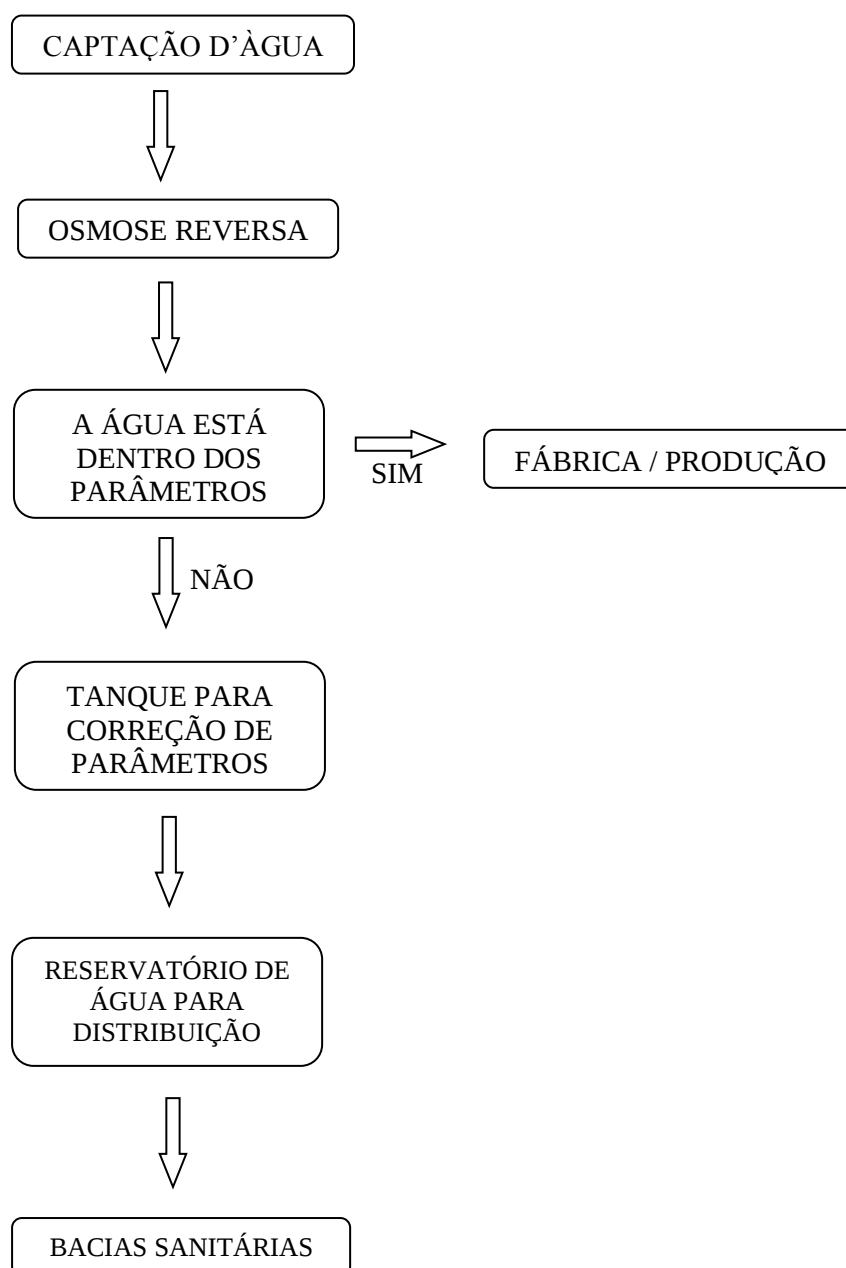
Como já mencionado, as águas provenientes do reuso servirão para uso sem contato direto, inicialmente nas descargas das bacias sanitárias, e posteriormente podendo ser

estendidas a outras atividades, desde que sejam feitos os ajustes necessários para cada utilização.

Os efluentes gerados no sistema de osmose reversa terão tubulação própria e serão conduzidos para um tanque inferior localizado no exterior da edificação para correções de parâmetros, ajustando aos níveis ideais de pH, cloro e condutividade da água a ser reutilizada.

Estes efluentes serão bombeados para outro reservatório na parte superior da edificação, para então serem distribuídos em tubulações próprias para uso nos aparelhos, como mostram os Apêndices A, B, C, D, E e F.

O fluxograma a seguir mostra o funcionamento do sistema.



A composição do sistema de reaproveitamento de água é mostrada na Tabela 6.

Tabela 6 - Composição do sistema de reaproveitamento de água

Material	Quantidade
Reservatório inferior	1
Filtro rápido	1
Tubulação de reuso	(não quantificado)
Bomba de recalque	1
Reservatório superior de distribuição	1

Fonte: Autora, 2019.

- I. Reservatório inferior – responsável pelo armazenamento do efluente antes do tratamento;
- II. Filtro rápido – responsável pela remoção de partículas finas e materiais leves que possam vir a estar contidos no material. Esse sistema pode ser composto por um conjunto de pré-filtro e filtro de areia;
- III. Tubulação de reuso – utilizada para separar a água potável da água de reutilização;
- IV. Bomba de recalque – responsável pela elevação dos postos mais baixos para os pontos mais altos.
- V. Reservatório superior de distribuição – receberá a água de reuso bombeadas do reservatório inferior, para posterior distribuição aos pontos de utilização.

4.5 BENEFÍCIOS DO SISTEMA

Em virtude do cenário atual onde a escassez de água assola cada vez mais países, e com tendência a piorar, já que o aumento populacional e a crescente industrialização faz com que a demanda de água aumente consideravelmente, adotar métodos de racionamento e de reaproveitamento do material faz com que estejamos cuidando do nosso planeta e garantindo que esse recurso não venha a nos faltar.

Além da preocupação social e ambiental, não há como negar que com sistemas de reaproveitamento de água também haverá benefícios financeiros.

De acordo com dados obtidos do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE), concessionária de água responsável pelo abastecimento de água no município de Pedras Grandes, as tarifas de água e esgoto para o setor industrial no ano de 2018 são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Tarifas de Água e Esgoto no ano de 2018

Faixa de Consumo	Valores Tarifários
Categoria “B” – Comercial / Pública e Industrial	
Até 10 m ³	R\$ 51,54 por m ³
De 11 a 30 m ³	R\$ 51,54 + 6,05 por m ³ excedente de 10m ³
De 31 a 100 m ³	R\$ 172,54 + 6,67 por m ³ excedente de 30m ³
Acima de 100 m ³	R\$ 639,44 + 5,16 por m ³ excedente de 10m ³

Fonte: SAMAE, 2018.

Como a água para utilização humana na empresa é feita pela concessionária local, a estimativa de consumo e de economia com a implantação do sistema de reaproveitamento de água aplicada nas bacias sanitários da indústria ao longo dos anos é mostrada na Tabela 8.

Tabela 8 - Estimativa de economia de recursos

Período	Quantidade	Valor
1 mês	283,50 m ³	R\$ 2.050,70
6 meses	1.701,00 m ³	R\$ 9.365,00
1 ano	3.402,00 m ³	R\$ 18.142,16
5 anos	17.010,00 m ³	R\$ 88.359,44
10 anos	34.020,00 m ³	R\$ 176.131,04

Fonte: Autor, 2019.

O regime de funcionamento da empresa é de 24 horas, dividindo-se em turnos. Nota-se que muito além dos benefícios financeiros que a empresa terá ao deixar de comprar em média 283,5 m³ mensalmente, serão os benefícios ao meio ambiente e à sociedade a longo prazo. Trata-se de uma quantidade considerável que será reutilizada e terá um destino muito mais nobre do que ser descartada na rede de esgoto.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por objetivo apresentar as diretrizes para a implantação de um sistema de reaproveitamento da água que vem sendo descartada no processo de purificação por osmose reversa na Airela Indústria Farmacêutica Ltda., localizada no município de Pedras Grandes, Santa Catarina, onde este estudo de caso surgiu pela necessidade e preocupação ambiental da própria empresa em dar uma destinação final apropriada ao recurso que estava sendo desperdiçado.

Para a composição dessa pesquisa foram realizadas pesquisas bibliográficas, associando a sustentabilidade e a redução dos impactos ambientais provenientes do desperdício de água na indústria farmacêutica, além de estudos para enfim indicar a melhor proposta técnica para a implantação do sistema de reaproveitamento.

Para isso, foi importante conhecer quais são as finalidades da água para fins farmacêuticos, quais são as águas utilizadas para cada atividade e também seus parâmetros de qualidade exigidos pela ANVISA destinados a cada utilização.

Para cada tipo de água e de acordo com as necessidades de uso, a água deve passar por diferentes métodos de purificação, que foram conceituados no decorrer dessa pesquisa. E dependendo do grau de purificação, a água pode e deve passar por mais de um método até que se chegue no nível de pureza desejado.

Diante dos problemas definidos, constatou-se a importância de se desenvolver um projeto de reaproveitamento eficiente, tendo em vista a segurança de se utilizar a água com parâmetros de qualidade adequados para sua reutilização, definidas pela NBR 13969/1997.

Para que o sistema de reaproveitamento pudesse ser desenvolvido foi necessário a quantificação da água que estava sendo descartada pela indústria, assim, com medições diárias durante o mês de agosto de 2019 chegou-se a vazão de descarte de 33,035 m³/dia.

Conforme os resultados apresentados, a Airela Indústria Farmacêutica Ltda vêm mostrando preocupação em relação ao desperdício de água apresentado pela empresa e se empenha para encontrar meios para que esse material tenha um destino mais adequado e que respeite as adequações da norma.

Então, foram apresentadas as diretrizes para a implantação do sistema de reaproveitamento de água visando atender as exigências previstas, bem como a necessidade de diminuir o desperdício da mesma. O sistema apresentado consta com reservatório destinado à água descartada para a correção de parâmetros adequando aos requisitos de qualidade exigidos por norma, sistema de bombeamento para um segundo reservatório de água que será distribuída

inicialmente aos aparelhos sanitários dos banheiros masculinos e femininos dos prédios 1 e 7, tubulação própria para água de reuso e também um filtro para retenção de pequenas partículas.

Com isso, entende-se que os objetivos pertinentes a essa pesquisa foram concluídos, pois com a avaliação da viabilidade do local, foi possível observar os problemas reais que a empresa enfrenta, possibilitando assim a projeção de uma solução técnica adequada para a implantação do sistema de reaproveitamento da água descartada.

Com a implantação desse sistema, mostrou-se os benefícios que ele acarretará. Financeiramente falando, a empresa deixaria de gastar aproximadamente R\$ 18.142,16 anualmente. Porém, tratando-se da questão ambiental estamos falando de reduzir o consumo em 283,50 m³/mês, considerando seu uso apenas nas bacias sanitárias, lembrando que a área de ampliação desse sistema pode ser estendido à outros setores, como reutilização da água para serviços de limpeza de pisos, áreas externas e até mesmo nos lavatórios, desde que os parâmetros sejam ajustados para determinado uso e mantendo a segurança dos usuários.

A implantação do sistema de reaproveitamento implica não apenas na sistematização da indústria, mas sim no despertar da consciência coletiva quanto à responsabilidade com o meio ambiente e com a sociedade.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Visando um estudo mais completo acerca do reaproveitamento de água na Airela Indústria Farmacêutica Ltda, recomenda-se para trabalhos futuros:

- Ampliação do sistema para que possa contemplar outras finalidades para a água de reutilização, como utilização nas pias, lavagem de pisos, irrigação;
- Estudo mais detalhado do consumo de água na empresa, incluindo o sistema de resfriamento do ar condicionado que demanda um alto volume de água;
- Viabilidade financeira da implantação do projeto, abordando os custos de implantação e operação do sistema.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de Qualidade para Sistemas de Purificação de Água para Uso Farmacêutico**. Brasília, 2013.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Farmacopeia Brasileira, volume 1**. 5ª Ed. Brasília, 2010. Disponível em:

<<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33832/260079/5%C2%AA+edi%C3%A7%C3%A3o+-+Volume+1/4c530f86-fe83-4c4a-b907-6a96b5c2d2fc>>. Acesso em: 02 abr. de 2019.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2004. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em: 14 maio de 2019.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2011. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 16 abr. de 2019.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Consumo sustentável: manual de educação**. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/_arquivos>. Acesso em: 03 maio. de 2019.

_____. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018**. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/portal/publicacao/Conjuntura2018.pdf>>. Acesso em: 25 mar. de 2019.

_____. Agência Nacional de Águas. **Água na Indústria: uso e coeficientes técnicos**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/usos-da-agua/industria>>. Acesso em: 03 maio. de 2019.

_____. **Lei nº. 9.433, de 8 de Janeiro de 1997**. Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm>. Acesso em: 04 mar. de 2019.

CERVO, A. I.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. São Paulo: Makron Books, 1996.

CHEUNG, P. B. et al. Consumo de água. In: GONÇALVES, R. F. **Uso Racional de Água e Energia: conservação de água e energia em sistemas prediais de abastecimento de água**. Vitória, 2009. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_5.pdf>. Acesso em: 25 jun. de 2019

CNI. **Indústria em número**. Brasília, 2017: Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2017/7/a-industria-em--numeros/#a-industria-em-numeros-dezembro-2017>>. Acesso em 08 abr. de 2019.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i7251o.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2019.

FIESP/CIESP. **Conservação e Reuso de Água -Manual de Orientações para o Setor Industrial**. São Paulo, s.n., 2004. Vol. 1.

GOOGLE MAPS. Pedras Grandes, 2019. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/place/Pedras+Grandes+-+SC/@-28.4898598,-49.3412009,11z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x95216d40de7b78e9:0x202f3a9c811de0c6!8m2!3d-28.4355772!4d-49.1854382>>. Acesso em: 08 nov. 2019

HELLER, L.; DE PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Editora UFMG, 2006.

HESPANHOL, I. **Potencial de reuso de água no Brasil, agricultura, indústrias e municípios, recarga de aquíferos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.7, n.4, São Paulo, 2002.

KRAEMER, C. F. **Construção e Pré-Operação de uma Planta Piloto de Osmose Inversa e Nanofiltração na Indústria**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2009. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/18942>>. Acesso em: 25 abr. de 2019.

LIBBS. **Projeto para reuso de água descartada na Libbs Farmacêutica**. Embu das Artes, São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=228144>>. Acesso em: 02 mai. de 2019.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba; ESALQ/USP, 1986. Disponível em:<<https://www.ipef.br/hidrologia/hidrologia.pdf>>. Acesso em: 03 mar. de 2019.

LOPES, W. S.; LOPES, A. S.; VARGAS, A.M.P. **Qualidade microbiológica de água destilada e osmose reversa**. Viçosa, 2013.

MAGALHÃES, L. **Osmose Reversa**. Toda Matéria, 2018. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/osmose-reversa/>>. Acesso em: 27 maio de 2019.

MANCUSO, P. C. S. et. al. Reuso de água. Barueri, 2003.

MARTINS, G.; ALMEIDA, J. C. V. **Reuso e Reciclo de Águas em Indústria Química de Processamento Dióxido de Titânio**. Monografia (Especialização) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1999.

MORUZZI, R. B. **Reuso de Água no Contexto da Gestão de Recursos Hídricos: Impacto, Tecnologias e Desafios**. Rio Claro, SP, 2008. Disponível em: <www.olam.com.br>. Acesso em: 19 jun. de 2019.

OLIVEIRA, F.; PELEGRINI, D. **Controle de Qualidade do Sistema de Produção de Água Purificada obtida por Osmose Reversa em indústria farmacêutica**. SaBios-Revista de Saúde e Biologia, América do Norte, 2011. Disponível em: <http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios2/article/view/672/339>. Acesso em: 25 mar. 2019.

PAZ, V. P. S; TEODORO, R. E. F; MENDONÇA, F. C. **Recursos Hídricos, Agricultura Irrigada e Meio Ambiente**. Campina Grande, PB, 2000.

POCFILTROS, **Filtro de superfície e filtro de profundidade: entenda as diferenças**. Pocfiltros, Chapecó, 24 de abr. de 2019. Disponível em: <http://pocfiltros.com.br/blog-noticias/filtro-de-superficie-e-filtro-de-profundidade-entenda-as-diferencas/>. Acesso em: 02 mai. de 2019.

SANTANA, P.C. **Transferência de tecnologia: inovação na área de imunobiológicos – o papel estratégico da logística internacional**. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/20514/20514_1.PDF>. Acesso em: 25 mar. de 2019.

SANTOS, K.A.; CRUZ, E.A. **Sistemas de Geração e Distribuição de Água Purificada na Indústria Farmacêutica**. São Paulo, 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/4064379-Sistemas-de-geracao-e-distribuicao-de-agua-purificada-na-industria-farmaceutica.html>. Acesso em: 03 mai. de 2019

SILVA, C. A. *et al.* **Reaproveitamento da água descartada (osmoteq) em uma indústria farmacêutica: Um estudo de caso**. Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2013. Disponível em: <http://www.saepr.ufv.br/wp-content/uploads/2013.10.pdf>. Acesso em: 26 mai. de 2019

SJ. **Tecnologia em tratamento de água – Abrandador**. Rio de Janeiro, [s.d.]. Disponível em: <https://www.sjtratamentodeagua.com.br/abrandador/>. Acesso em: 27 mai. de 2019.

SNATURAL. **Filtros e Filtração de Água – Carvão Ativado**. Snatural Meio Ambiente, São Paulo, [s.d.]. Disponível em: <http://www.snatural.com.br/filtro-agua-carvao-ativado>. Acesso em: 21 maio de 2019.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**. São Paulo: Navegar Editora, 2000.

WWF-Brasil. **Cadernos de Educação Ambiental Água para Vida , Água para Todos:Livro das Águas**. Brasília, 2006.

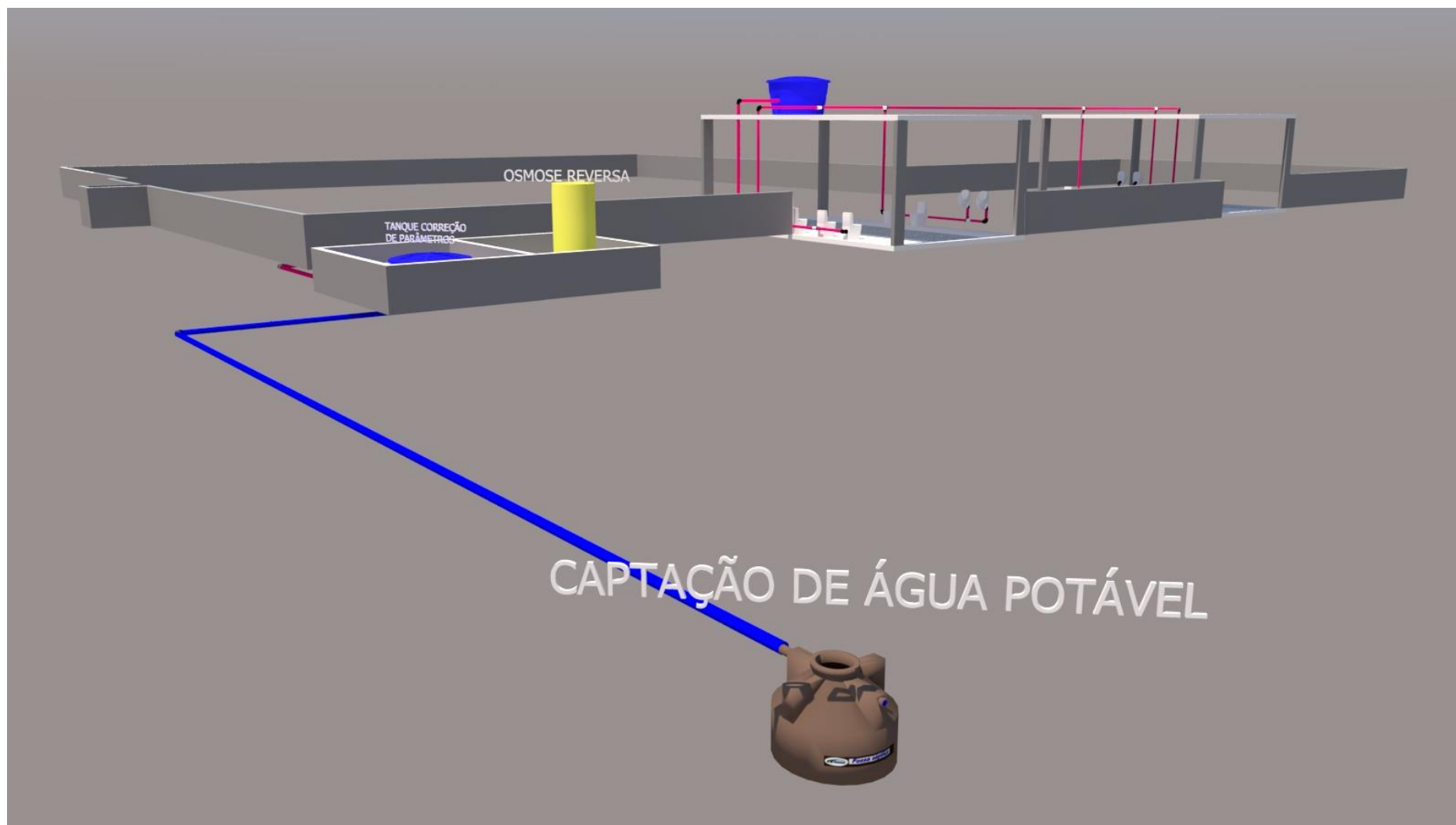
ZARED FILHO, K.; GARCIA, L. A. V.; PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. **Reuso de água**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

ANEXOS

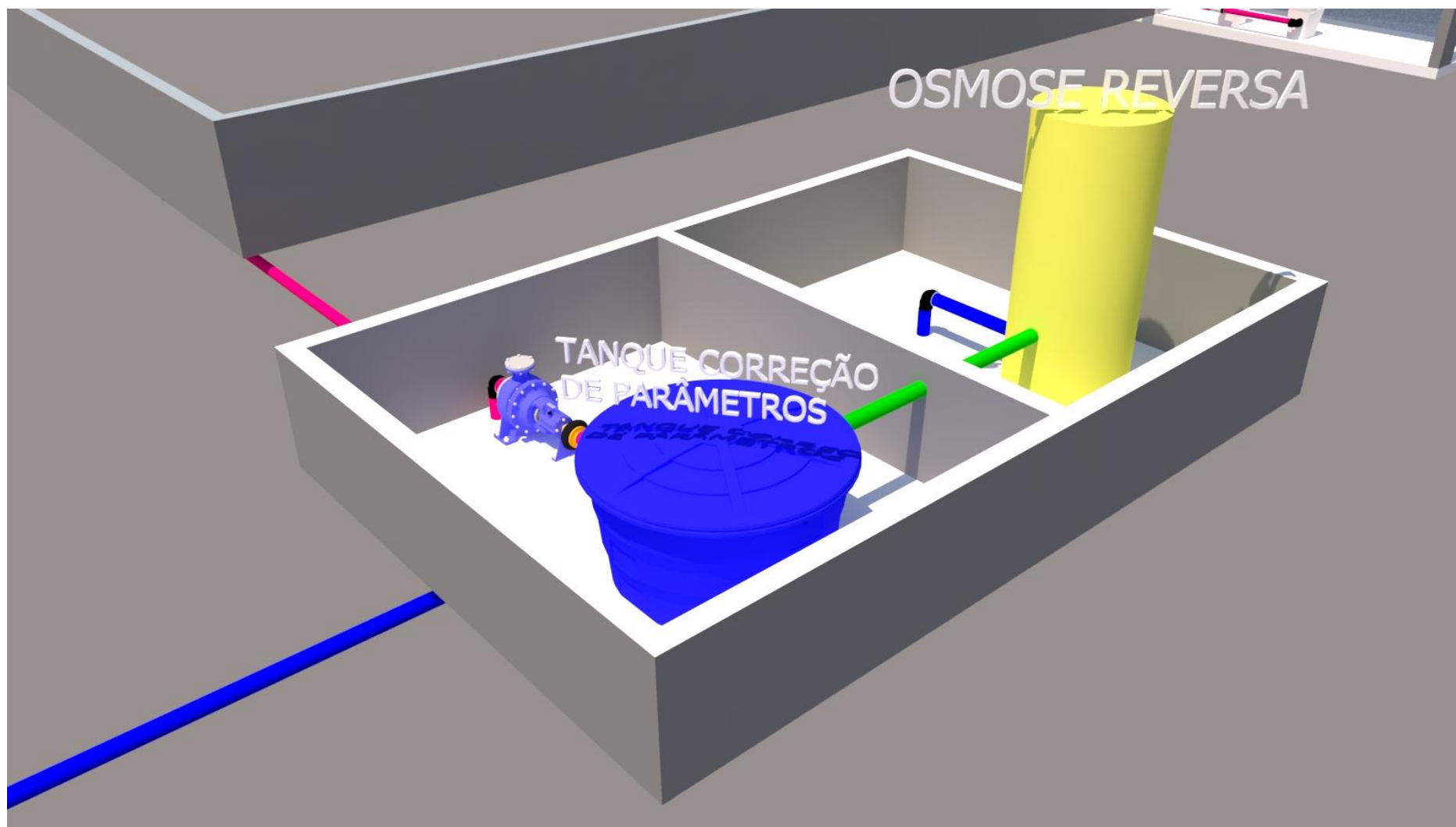
ANEXO A – Planta dos prédios 1 e 7

APÊNDICES

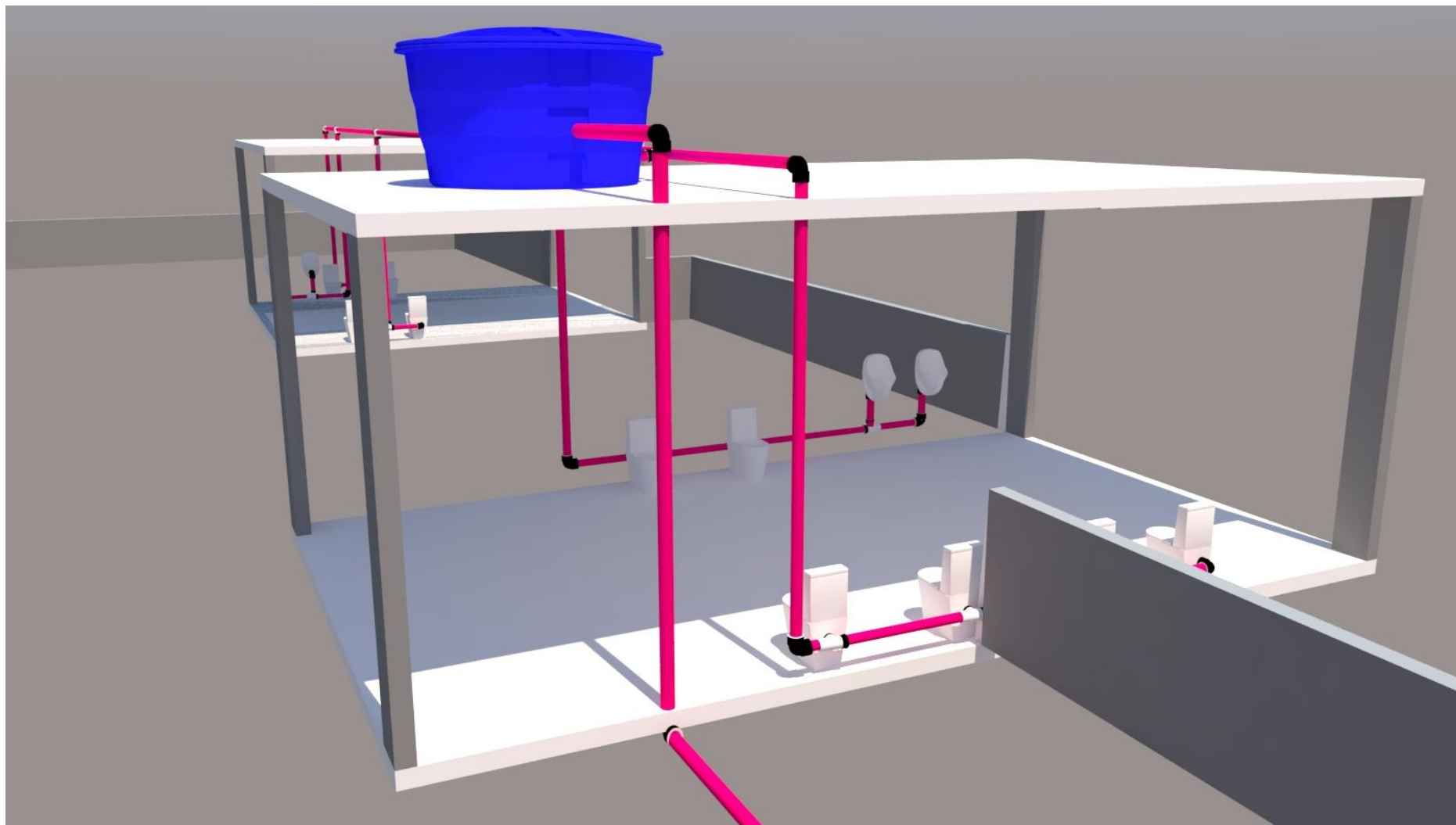
APÊNDICE A – Representação da Distribuição de água para reutilização



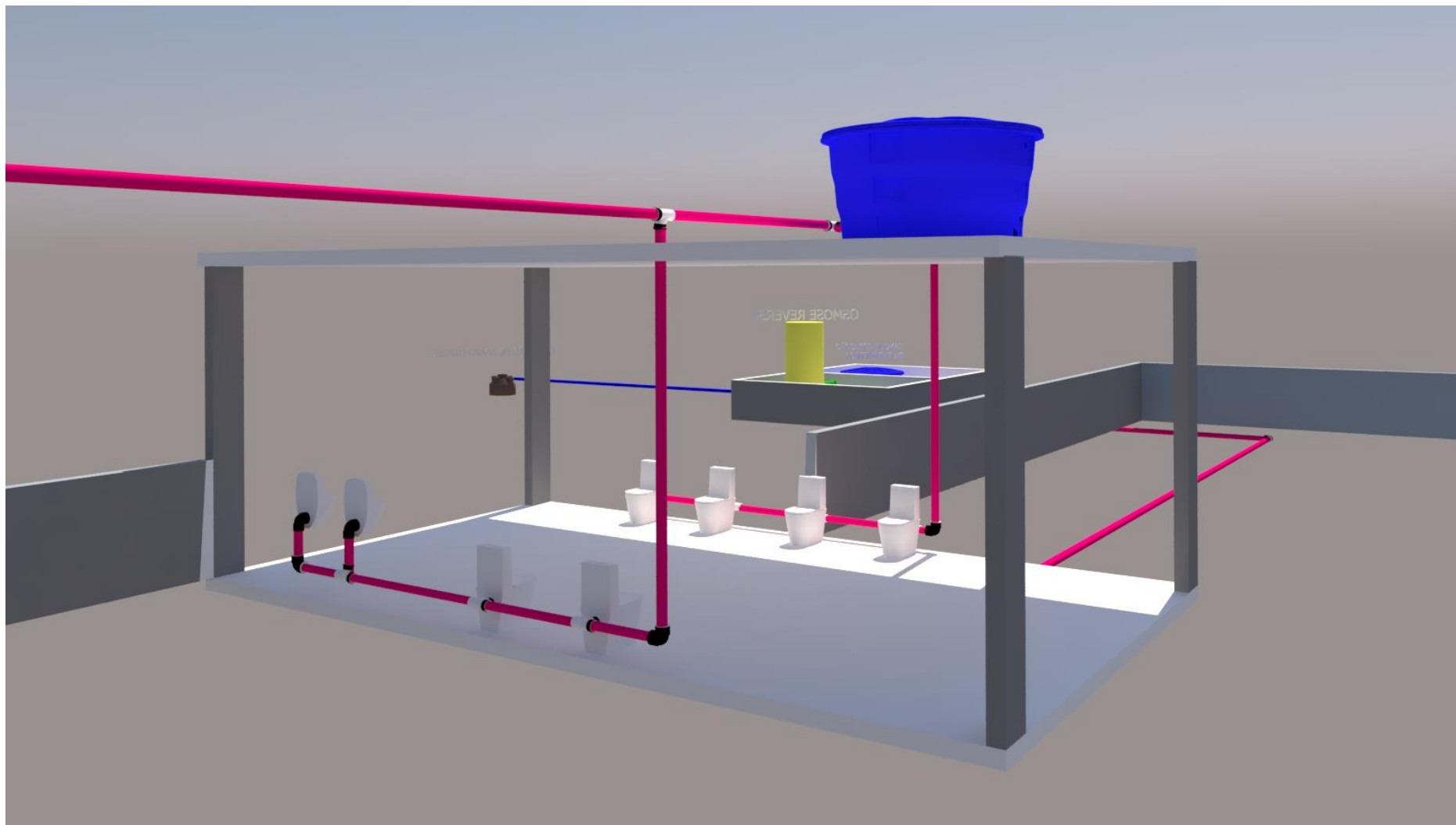
APÊNDICE B – Representação da Distribuição de água para reutilização



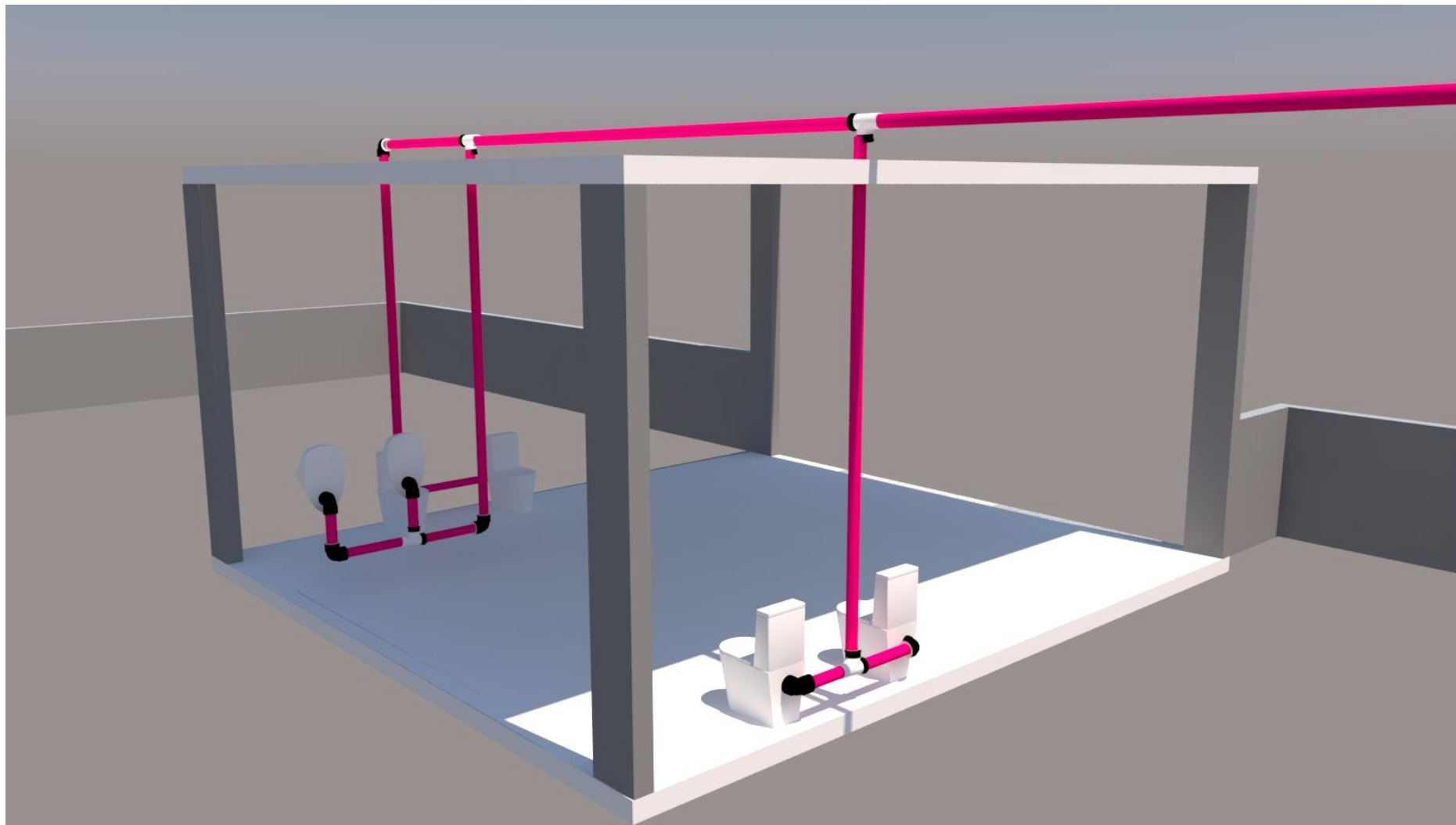
APÊNDICE C – Representação da Distribuição de água para reutilização



APÊNDICE D – Representação da Distribuição de água para reutilização



APÊNDICE E – Representação da Distribuição de água para reutilização



APÊNDICE F – Representação da Distribuição de água para reutilização

