



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA – CAMPUS II
CURSO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL

VICTOR FLORES SANTOS

ESTUDO DE VIABILIDADE DA REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA RINSAGEM DE
LATAS PARA ALIMENTAR OS TANQUES DE ÁGUA DO PASTEURIZADOR EM
INDÚSTRIAS DE BEBIDAS DE ALAGOINHAS-BA

Alagoinhas - BA, 2025

VICTOR FLORES SANTOS

ESTUDO DE VIABILIDADE DA REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA RINSAGEM DE
LATAS PARA ALIMENTAR OS TANQUES DE ÁGUA DO PASTEURIZADOR EM
INDÚSTRIAS DE BEBIDAS DE ALAGOINHAS-BA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade do Estado da Bahia - UNEB como requisito parcial para obtenção do título de graduação.

Orientadora: Profa. Ma. Luísa Magalhães Araújo.

Alagoinhas - BA, 2025

VICTOR FLORES SANTOS

ESTUDO DE VIABILIDADE DA REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA RINSAGEM DE
LATAS PARA ALIMENTAR OS TANQUES DE ÁGUA DO PASTEURIZADOR EM
INDÚSTRIAS DE BEBIDAS DE ALAGOINHAS-BA

Trabalho de conclusão de curso (TCC)
apresentado ao Departamento de Ciências
Exatas e da Terra, da Universidade do Estado
da Bahia, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Sanitária e Ambiental.
Alagoinhas, 10 de julho de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ma. Luísa Magalhães Araújo
Universidade do Estado da Bahia - UNEB

Profa. Ma. Janiara Alves Batista
Universidade do Estado da Bahia - UNEB

Prof. Me. Greison Santos Pereira
Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB

ESTUDO DE VIABILIDADE DA REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA RINSAGEM DE LATAS PARA ALIMENTAR OS TANQUES DE ÁGUA DO PASTEURIZADOR EM INDÚSTRIAS DE BEBIDAS DE ALAGOINHAS-BA

RESUMO

Este estudo avaliou a viabilidade técnica e ambiental de reutilizar a água do enxágue de latas no pasteurizador de uma cervejaria em Alagoinhas (BA), visando substituir o consumo de água potável subterrânea, e promover práticas sustentáveis. Foram analisados parâmetros de qualidade da água (pH e turbidez), vazão do descarte e adequação às normas ambientais (CONAMA 365/2006 e ABNT NBR 13969/1997). Os resultados demonstraram que a água do rinser apresenta pH 7,07 e turbidez de 0,31 NTU, atendendo aos critérios para reuso industrial. A vazão média de 38 m³/dia de água limpa consumida pelo rinser, corresponde a 1,9% da capacidade do tanque de reuso da fábrica, e representa uma economia de reabastecimento de água em produção do pasteurizador de 39%, além de ser uma vazão com capacidade para abastecer quase 100 famílias em municípios do interior da Bahia, representando uma oportunidade significativa de economia hídrica. A proposta mostrou-se alinhada às regulamentações de produção mais limpa, evitando o direcionamento deste volume de água para tratamento e reaproveitamento como água de reuso, reduzindo a extração de água subterrânea e os custos operacionais. Conclui-se que a reutilização é tecnicamente viável e contribui ambientalmente para a sustentabilidade na indústria cervejeira.

Palavras-chave: Reutilização; Sustentabilidade; Cervejaria; Produção mais limpa; Pasteurizador.

ABSTRACT

This study evaluated the technical and environmental feasibility of reusing can rinse water in the pasteurizer of a brewery in Alagoinhas (BA), aiming to replace the consumption of potable groundwater and promote sustainable practices. Water quality parameters (pH and turbidity), wastewater flow, and compliance with environmental regulations (CONAMA 365/2006 and ABNT NBR 13969/1997) were analyzed. The results showed that the rinse water had a pH of 7.07 and turbidity of 0.31 NTU, meeting the criteria for industrial reuse. The average flow of 38 m³/day of clean water consumed by the rinser corresponds to 1.9% of the factory's reuse tank capacity and represents a 39% reduction in water replenishment for pasteurizer production. Additionally, this flow rate could supply nearly 100 families in rural municipalities in Bahia, indicating a significant opportunity for water savings. The proposal proved to be aligned with cleaner production regulations, avoiding the need to treat and repurpose this water volume as reuse water, thereby reducing groundwater extraction and operational costs. It is concluded that reuse is technically feasible and contributes environmentally to sustainability in the beer industry.

Keywords: Recycling; Sustainability; Brewery; Cleaner Production; Pasteurizer.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 OBJETIVO.....	8
2.1 Objetivo Geral.....	8
2.2 Objetivo Específicos.....	8
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
3.1 Poços subterrâneos e a qualidade da água subterrânea em Alagoinhas-BA.....	9
3.2 Gestão hídrica na indústria cervejeira.....	9
3.3 Tecnologias de reuso de água em indústrias.....	10
3.4 Regulamentações ambientais e normas para qualidade de água.....	10
3.5 Tipos de água de reuso.....	11
3.6 Produção Mais Limpa.....	13
3.7 Reutilização e reaproveitamento de água.....	13
3.8 Qualidade da água para reuso em pasteurização.....	14
3.9 Processo de pasteurização.....	14
4 METODOLOGIA.....	15
4.1 Caracterização da pesquisa.....	15
4.2 Caracterização da área de estudo.....	15
4.3 Linha de envasamento de latas.....	16
4.4 Parâmetros avaliativos.....	20
4.5 Dimensionamento hidráulico da tubulação.....	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6 CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa a terceira posição entre os maiores produtores de cerveja do mundo, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos, segundo informações da empresa de análise de mercado Euromonitor International, divulgadas pelo Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja (Sindicerv) (Sindicerv, 2024). Em 2023, o Brasil produziu mais de 15 bilhões de litros de cerveja, sendo que as regiões Sul e Sudeste são as principais produtoras. Nas grandes cervejarias do Estado de São Paulo, observa-se um índice de consumo de 4 a 7 hl de água por hl de bebida (Santos, 2005) e, em termos gerais, para produção de 1 litro de cerveja há um consumo entre 4 e 10 litros de água, a depender da eficiência dos processos adotados pela cervejaria, conforme demonstrado por Santos (2005).

A produção de cerveja exige um alto consumo de água, desde a fabricação até a limpeza dos equipamentos. Em função de períodos prolongados de estiagem em diversas regiões brasileiras, com severas variações dependendo das estações do ano, há uma preocupação com a economia desse recurso, uma vez que os custos para obtenção aumentam. Segundo a Cetesb (2005), fatores como tipo de embalagem, tecnologia dos equipamentos, processo de pasteurização, idade da planta industrial e eficiência das operações de higienização influenciam diretamente o consumo de água na indústria de bebidas.

Apesar de ser um aspecto pouco publicizado, o impacto ambiental por trás de cada copo de cerveja merece atenção. A água, principal componente da bebida, representa aproximadamente 90% de sua composição, também desempenha um papel central em toda a cadeia produtiva. Seu uso abrange desde o cultivo das matérias-primas agrícolas até as etapas industriais, como a higienização de equipamentos e o resfriamento durante a fabricação (Rosa; Afonso, 2015).

Esse gasto elevado, muitas vezes agravado por práticas ineficientes, como falta de monitoramento constante, equipamentos sem manutenção ou danificados gerando vazamento contínuo, limpeza das áreas produtivas apenas com água (vassoura hídrica), contribui para um desperdício significativo. A gestão sustentável da água é especialmente relevante no Brasil, que, apesar de possuir vastas reservas hídricas, enfrenta crises de abastecimento em diversas localidades. Diante das pressões ambientais e sociais, diversas indústrias cervejeiras passaram a priorizar a adoção de práticas mais eficientes e tecnologias que reduzam o consumo de água (Amoriello, 2021).

Diante deste cenário, torna-se viável o estudo de diversas práticas para melhoria do processo produtivo, dentre elas pode-se mencionar a viabilidade da reutilização da água de enxágue do rinsel, equipamento da linha de produção responsável por realizar o enxague interno

das latas com água limpa, antes do envasamento, garantindo a qualidade interna do recipiente durante a produção. Assim mantendo os níveis dos tanques do pasteurizador, promovendo o consumo consciente e a reutilização da água, utilizando o mesmo recurso para a finalidade original, ou adaptando sem que haja qualquer tipo de tratamento prévio.

Com esse procedimento é possível diminuir os custos gerados para o tratamento da água de reuso em indústrias de bebidas e reduzi a demanda por água adicional do poço subterrâneo. Essa prática não apenas otimiza o consumo hídrico, mas também está alinhada aos princípios da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 365/2006, que incentiva a adoção de medidas que minimizem a extração excessiva de águas subterrâneas e previnam a poluição por efluentes industriais (Brasil, 2006).

Este estudo foi realizado em uma cervejaria¹ que, atualmente é a maior empresa do setor de bebidas com capital integralmente nacional. Com um portfólio diversificado que inclui cervejas, bebidas alcoólicas e não alcoólicas, a empresa possui ampla atuação no território brasileiro, com unidades fabris estrategicamente distribuídas e diversos centros de distribuição. Entre essas unidades, destaca-se a fábrica localizada em Alagoinhas (BA), município com abastecimento hídrico unicamente por poços subterrâneos, assim como nas cervejarias da região, e reconhecido como a Capital Estadual da Cerveja pela Lei Estadual nº 14.381/2021 da Assembleia Legislativa da Bahia (Bahia, 2021), consolidando-se como um importante polo industrial de bebidas na região Nordeste.

2 OBJETIVO

2.2 OBJETIVO GERAL

Estudar o potencial de reutilização de água do processo de rinsagem de latas, direcionando para os tanques do pasteurizador, reduzindo o consumo de água potável utilizado no processo.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o pH e turbidez da água proveniente da rinsagem e sua adequação para o pasteurizador;
- Dimensionar vazão de água do enxágue e instalações do sistema de reutilização de água, assim como o consumo diário de água do pasteurizador relacionando os ganhos com a implantação do sistema na economia de água da rede;

¹ A empresa em questão não autorizou a divulgação de sua identidade neste trabalho, por motivos de confidencialidade. Dessa forma, optou-se por omitir seu nome, respeitando as diretrizes éticas de pesquisa.

- Avaliar a aderência da prática de reuso e reutilização às normas CONAMA 365/2006 e ABNT NBR 13969/1997.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Poços subterrâneos e a qualidade da água subterrânea em Alagoinhas-BA

O município de Alagoinhas, localizada no estado da Bahia, tem como principal fonte de abastecimento águas subterrâneas, que abastece o setor industrial, agrícola e doméstico. O município está inserido no contexto geológico do Aquífero São Sebastião, um dos principais sistemas aquíferos da região, conhecido por sua capacidade de armazenamento e qualidade natural da água (CPRM, 2013). No entanto, a exploração desse recurso exige monitoramento qualitativos e quantitativos, uma vez que atividades antrópicas, como o lançamento inadequado de efluentes e o uso excessivo de poços, podem comprometer sua disponibilidade em qualidade e quantidade.

Estudos realizados na região de Alagoinhas por Costa (2023), indicam que a água subterrânea apresenta, em geral, características físico-químicas dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde (Portaria GM/MS nº 888/2021) e pelo CONAMA (Resolução nº 396/2008).

3.2 Gestão hídrica na indústria cervejeira

A gestão hídrica na indústria cervejeira é essencial para promover a eficiência no uso dos recursos naturais e garantir a sustentabilidade do setor. A produção de cerveja exige grandes volumes de água, tanto na composição do produto acabado, quanto em diversas etapas do processo produtivo, incluindo a limpeza de equipamentos, resfriamento e outras operações industriais. (Santos, 2005).

A água utilizada pela indústria cervejeira é dividida em dois tipos principais. O primeiro é a água cervejeira, que é a água que compõe o produto final, é utilizada em etapas como moagem, carga e descarga de produtos, lavagem de garrafas, entre outros processos. O segundo tipo é a água de serviços, que é empregada em atividades que não têm relação direta com o produto final, como a higienização de equipamentos, vasilhames e instalações, além de ser utilizada em processos de resfriamento (Rosa; Afonso, 2015). A gestão eficiente desses dois tipos de água é fundamental para reduzir o consumo total, minimizar desperdícios e tratar os efluentes gerados antes do descarte ou reaproveitamento.

Práticas modernas de gestão hídrica incluem o reaproveitamento de água descartada em algumas etapas para outras aplicações, como limpeza, e a adoção de sistemas de monitoramento

que ajudam a identificar pontos de desperdício e promover o uso mais racional da água (Olajire, 2020).

3.3 Tecnologias de reuso de água em indústrias

O reuso de água em indústrias é uma prática essencial para a sustentabilidade e a eficiência no uso de recursos hídricos. Tecnologias modernas têm permitido que a água utilizada em processos industriais seja tratada e reaproveitada, reduzindo a dependência de fontes externas e minimizando os impactos ambientais.

Entre as tecnologias mais recentes, destacam-se os sistemas de membranas, como a osmose reversa e a ultrafiltração, que garantem a remoção de contaminantes e a qualidade da água para reutilização em processos industriais (SECTA, 2025). Além disso, biorreatores de membrana (MBR) têm sido amplamente utilizados, combinando processos biológicos e filtração para tratar águas residuais de forma eficiente. Outra inovação importante é o uso de tecnologias de desinfecção, como radiação ultravioleta (UV), que elimina microrganismos e garante a segurança da água reutilizada. Essas tecnologias são aplicadas em conjunto com sistemas de monitoramento em tempo real, que permitem identificar pontos de desperdício e otimizar o consumo de água. A adoção dessas soluções não apenas reduz o consumo de água bruta em até 50%, mas também contribui para a conformidade com regulamentações ambientais e melhora a imagem corporativa das empresas, promovendo uma produção mais sustentável (TRATAMENTO DE ÁGUA, 2025).

3.4 Regulamentações ambientais e normas para qualidade de água

Segundo Afry (2024), a crescente preocupação com a escassez de recursos hídricos e os impactos ambientais decorrentes do uso excessivo de água pelas indústrias tem levado à implementação de regulamentações e normas que promovem práticas sustentáveis. No Brasil, as regulamentações ambientais e as normas de qualidade da água desempenham um papel crucial na promoção do uso racional e no reaproveitamento de recursos hídricos em processos industriais, como o reuso de água da rinsagem de latas no processo de pasteurização em cervejarias.

Uma das principais regulamentações que norteiam essa temática é a Resolução nº 430/2011 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que estabelece condições e padrões para o lançamento de efluentes em corpos hídricos. A norma incentiva práticas de reaproveitamento, buscando minimizar a geração de efluentes e a demanda por água potável. Além disso, a Lei nº 9.433/1997, conhecida como Política Nacional de Recursos Hídricos,

reforça a importância de estratégias sustentáveis para o uso da água, priorizando o consumo humano e promovendo iniciativas de reuso no setor industrial.

A Resolução CONAMA nº 365/2006 estabelece diretrizes para a proteção das águas subterrâneas, visando evitar sua contaminação e promover o uso sustentável desse recurso. No contexto industrial, essa normativa é especialmente relevante para atividades que utilizam água de poços subterrâneos, como no caso de fábricas de bebidas, onde a qualidade da água é essencial para a produção. Além disso, a resolução reforça a necessidade de monitoramento da qualidade da água, o que pode ser estendido ao sistema de reuso, garantindo que o reaproveitamento não comprometa os padrões sanitários exigidos no processo de pasteurização. Dessa forma, a estratégia de reutilização da água na indústria de bebidas demonstra conformidade com as políticas ambientais brasileiras, contribuindo para a sustentabilidade dos recursos hídricos subterrâneos.

Normas técnicas também oferecem suporte à reutilização da água em processos industriais. A ABNT NBR 13969/1997 fornece diretrizes para o tratamento e reaproveitamento de águas residuais, garantindo a qualidade da água reutilizada e sua adequação ao uso industrial. Complementarmente, a ISO 14001 incentiva a incorporação de sistemas de gestão ambiental que englobem o reuso de água como medida para reduzir o impacto ambiental e otimizar recursos.

3.5 Tipos de água de reuso.

De acordo com Venturini (2021), o reuso de água consiste na reaplicação de água que já foi utilizada em alguma etapa anterior de um processo. Esse conceito já é praticado há séculos e em todo o mundo, milhões de pessoas fazem uso de águas captadas a jusante de pontos de descarte de efluentes. Países como Israel se destacam pelo uso prolongado de efluentes tratados na irrigação de plantações, especialmente em áreas áridas. Nos últimos tempos, o reuso tem se tornado cada vez mais relevante devido à necessidade urgente de reduzir a contaminação dos recursos hídricos.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2006), existem três categorias principais de reuso. O primeiro é o reuso indireto, no qual a água previamente utilizada e descartada em corpos hídricos é captada novamente e empregada, mesmo que diluída. A segunda categoria é o reuso direto, que consiste no uso planejado de efluentes doméstico ou industriais tratados para fins como, uso industriais, irrigação, recarga de aquíferos e obtenção de água potável. Em terceiro está a reciclagem interna, que consiste no reaproveitamento da

água já utilizada em um processo industrial, dentro da própria empresa para outras operações. Seu principal objetivo é reduzir o consumo de água e a geração de efluentes.

Embora a água de reuso não atenda aos padrões de potabilidade, ela pode ser empregada em diversos processos dentro da indústria alimentícia (Hespanhol, 2008; Mancuso; Santos, 2003). Entre as aplicações possíveis, temos os sistemas de resfriamento com torres de resfriamento, geração de vapor, limpeza, como a lavagem de pisos e veículos, manutenção de áreas verdes através da irrigação e saneamento com utilização da água de reuso em vasos sanitários e mictórios. Nas indústrias de bebidas, o reuso pode ser empregado em variadas etapas da produção (Santos; Ribeiro, 2005), como:

Lavadora de garrafas: a água do último enxágue pode ser reutilizada na pré-lavagem das garrafas, reduzindo o consumo em até 30%, além de o efluente ser aproveitado para a limpeza de engradados.

Pasteurizador: o processo pode operar em circuito fechado, reaproveitando a água de aquecimento de garrafas ou latas para novas etapas de pasteurização.

Higienização de equipamentos: a água utilizada para enxaguar um equipamento pode servir como pré-lavagem para outro ou para o mesmo equipamento.

Envase: a água empregada na geração de vácuo para retirar o ar das garrafas antes do enchimento pode ser reaproveitada no próprio equipamento, reduzindo em até 50% o consumo nessa etapa.

Algumas empresas têm apostado em tecnologia para reutilizar a água empregada em etapas do processo. A Naturella, localizada em Ohringen, na Alemanha, é uma dessas empresas. Engarrafando água mineral e produzindo soft drinks (sucos de frutas), a empresa esteriliza suas garrafas PET antes do enchimento com uma solução antisséptica, enxaguando-as posteriormente com água purificada. Essa água de enxágue, que contém uma pequena quantidade de desinfetante, passa por um sistema de osmose reversa. Nesse sistema, sais dissolvidos e o desinfetante quimicamente alterado são retidos por uma membrana, enquanto o permeado (água limpa e de alta pureza) é reutilizado na rinsagem das garrafas. Apenas uma porção mínima dessa água é descartada e substituída por água de abastecimento, o que resulta em uma redução significativa no consumo total de água para esse processo (Venturini Filho, 2021).

3.6 Produção Mais Limpa

Segundo a Declaração Internacional sobre Produção Mais Limpa (P+L), publicada pelo PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente), a P+L é definida como aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada a processos, produtos e

serviços, visando a melhoria da eficiência econômica, a redução de riscos à saúde humana e a minimização de impactos ambientais.

Fernandes (2001), estabelece que a Produção Mais Limpa está fundamentada em quatro princípios essenciais:

1. Prevenção na fonte: A prioridade é evitar a geração de resíduos por meio da otimização dos processos produtivos.
2. Redução de resíduos: Quando a eliminação total não é viável, busca-se minimizar ao máximo a sua geração.
3. Reutilização interna: Os resíduos produzidos devem ser reaproveitados dentro do próprio ciclo produtivo.
4. Reciclagem: Por fim, os materiais descartados ou produtos finais podem ser transformados em novos insumos.

A identificação das opções de P+L é realizada por meio de uma abordagem estratégica organizada em três níveis prioritários. Conforme estabelecido pelo CNTL (2003), as ações de P+L dividem-se em dois eixos principais, a minimização de resíduos e emissões, e a reutilização desses resíduos e emissões. O processo inicia-se no nível 1, que engloba a eliminação de resíduos diretamente na fonte geradora, a substituição de matérias-primas e a implementação de modificações no produto ou processo produtivo. Para os resíduos que não puderem ser evitados nesta primeira etapa, recomenda-se sua reintegração ao processo por meio de reciclagem interna, caracterizando o nível 2. Por fim, quando as alternativas anteriores não forem viáveis, aplica-se o nível 3, que compreende a reciclagem externa e a destinação final ambientalmente adequada. Desta forma, estabelecem-se as alternativas de prevenção com base nos diferentes níveis de eficiência da Produção Mais Limpa (Puhl, 2021).

Assim a adoção de tecnologias sustentáveis promove um crescimento na produtividade, decorrente da redução de custos e da otimização dos resultados nos processos produtivos (Getzner, 2002).

3.7 Reutilização e reaproveitamento de água

De acordo com a Norma ABNT NBR 13.969 (1997), a reutilização de água consiste no uso de efluentes tratados ou adaptados para fins específicos, após processos que garantam sua qualidade dentro dos parâmetros exigidos para a aplicação pretendida. Essa prática é comum em indústrias para fins como resfriamento, limpeza de equipamentos ou processos produtivos que não demandam água potável. Um exemplo é o uso de efluentes tratados em torres de resfriamento após filtração e desinfecção.

Já o reaproveitamento de água não exige tratamento avançado, consistindo no uso direto de águas residuais ou pluviais para atividades menos nobres, como lavagem de pisos, descarga sanitária ou irrigação paisagística. Conforme o Manual de Conservação e reuso de Água na Indústria (CNI, 2018), essa prática é mais simples e de menor custo, porém requer cuidados para evitar contaminação ou desperdício.

A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2019) destaca que o reaproveitamento é frequentemente aplicado em sistemas de captação de água da chuva, onde a água é armazenada e usada sem tratamento químico adicional.

3.8 Qualidade da água para reuso em pasteurização

A água proveniente do enxágue de latas, quando reaproveitada no pasteurizador, deve atender a parâmetros de qualidade que garantam a segurança do processo, a conformidade com as normas sanitárias e a integridade das embalagens. Dentre os parâmetros críticos pode-se destacar:

pH (6,0 – 8,0): Valores fora desta faixa podem acelerar processos corrosivos nas latas de alumínio ou induzir alterações químicas que afetem sua coloração e durabilidade (ABNT NBR 13969/1997; EBC, 2020).

Turbidez ($\leq 1,0$ NTU – Portaria GM/MS nº 888/2021), pois altos níveis podem indicar presença de sólidos suspensos, comprometendo a eficiência térmica do pasteurizador.

Estudos indicam que a água de enxágue de latas, quando isenta de resíduos orgânicos significativos e com pH controlado, geralmente atende a esses critérios, dispensando tratamento adicional (Venturini Filho, 2021). No entanto, análises laboratoriais prévias são recomendadas para verificar sua conformidade com a Portaria 888/2021, especialmente em relação a parâmetros como pH, metais pesados (ex.: alumínio, ferro) e contaminantes microbiológicos, que podem comprometer tanto a qualidade da água quanto a integridade das embalagens.

3.9 Processo de pasteurização

A pasteurização desempenha um papel fundamental na produção cervejeira, garantindo a estabilidade microbiológica do produto e prolongando sua vida útil, além de contribuir para a manutenção das características sensoriais típicas da bebida. Este processo exige controle rigoroso de parâmetros como temperatura e tempo de exposição ao calor, uma vez que variações nessas condições podem comprometer sua eficácia, resultando em deterioração precoce do produto e alterações indesejáveis em seu perfil de sabor (Saporiti, 2022).

A pasteurização em túnel (também conhecida como pasteurização em garrafa) destaca-se por sua elevada segurança microbiológica, uma vez que o processo é realizado após o envase, minimizando riscos de contaminação pós-tratamento. Além disso, esse método apresenta maior tempo de processamento (aproximadamente 40 minutos), o que garante uma inativação microbiana mais eficiente em comparação com técnicas mais rápidas (Saporiti, 2022).

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da pesquisa

A metodologia utilizou-se de Mecanismos de Produção Mais Limpa, para relacionar os valores de consumo hídrico no município de Alagoinhas, a capacidade de armazenamento do tanque de reuso da fábrica estudada e o consumo diário de água do pasteurizador. Com base nesses dados, foi construída a Tabela 1, que permite uma análise quantitativa da eficiência no uso dos recursos.

A pesquisa de natureza descritiva e explicativa, possui abordagem quantitativa utilizando-se de dados numéricos e estatísticos, através do método hipotético-dedutivo. Utilizando procedimentos técnicos como, pesquisa bibliográfica, através do Google Acadêmico e a biblioteca digital SciELO, além da pesquisa de campo e estudo de caso, conforme ilustrado nas Figuras 1-9, foram analisados dados quantitativos com o auxílio do software Excel como ferramenta para o método de análise quantitativa como demonstrado nas Tabelas 1-3.

4.2 Caracterização da área de estudo

Com uma área territorial de 707,803 Km², população estimada de 160.662 pessoas, densidade demográfica de 213,40 habitantes/m² e índice de desenvolvimento humano (IDHM) DE 0,683 (IBGE 2023), o município de Alagoinhas, na Bahia, localizado a 125 km da capital Salvador, destaca-se pela excelente qualidade da água subterrânea, originada do Sistema Aquífero Marizal/São Sebastião. As reservas subterrâneas representam cerca de 6% a 7% do volume total existente no Recôncavo Baiano, fator que atraiu grandes indústrias para a região. Seu clima tropical úmido mantém temperaturas médias de 24,6°C ao longo do ano, com verões quentes e chuvosos e invernos mais secos.

Figura 1 – Rota Alagoinhas Salvador.



Fonte: Google Maps

Geograficamente, a cidade está situada no Agreste Baiano, a 125 km de Salvador, e é atravessada pela BR-101, uma rodovia estratégica para o transporte e o desenvolvimento regional. O sistema aquífero Marizal/São Sebastião cobre aproximadamente 45% do território de Alagoinhas e apresenta um potencial hidrogeológico significativo, com uma vazão média de 51 m³/h e um pico de 410 m³/h. Além disso, estudos indicam que suas águas possuem alta qualidade hídrica (Alves, 2015; Nascimento et al, 2016).

A economia de Alagoinhas, na Bahia, é diversificada e impulsionada pelos setores industrial, agrícola e comercial. A cidade abriga importantes cervejarias fortalecendo sua posição no setor de bebidas, além disso, há indústrias de outros seguimentos, como por exemplo: plásticos, alimentos, metalurgia e química, que contribuem para o desenvolvimento econômico local. Na agricultura, destaca-se a produção de mandioca, laranja, banana e coco, além da monocultura de eucalipto para a indústria de papel e celulose. O comércio local é robusto, com uma rede variada de lojas, mercados e serviços, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento econômico da região.

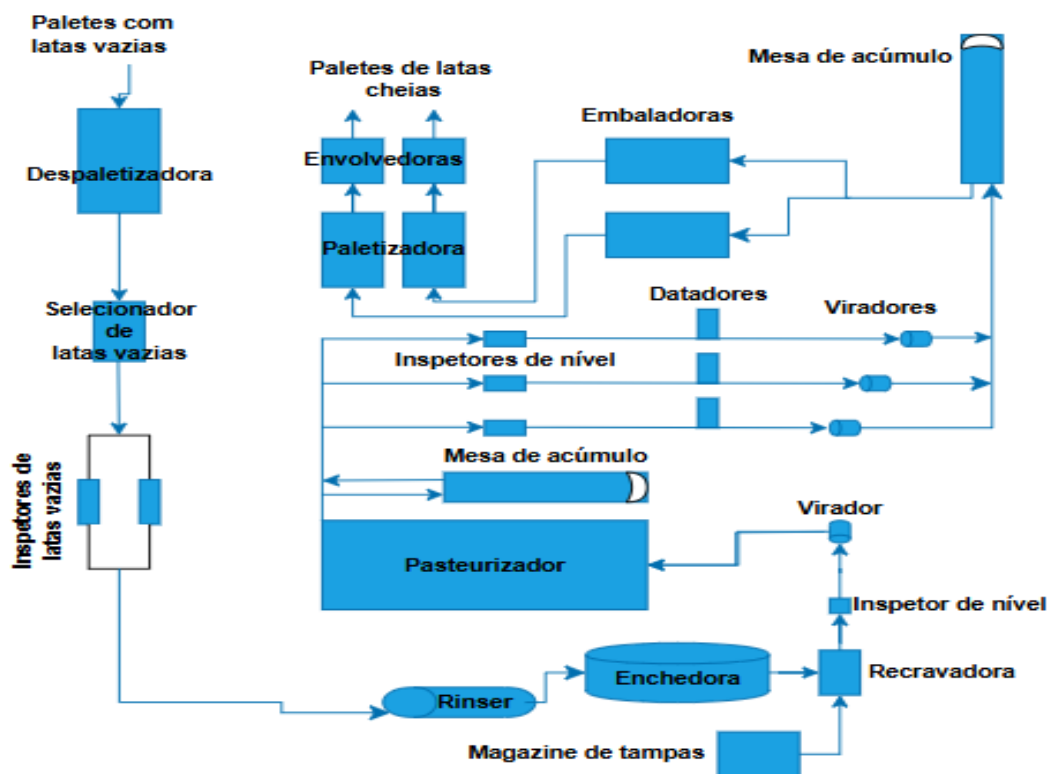
O município possui um PIB de R\$ 29.621,32 /hab, ocupando a primeira colocação entre os 17 municípios da região geográfica imediata. No estado, sua posição em relação ao PIB é a 12º (decima segunda), enquanto no cenário nacional está na posição 2.170 (IBGE, 2021).

4.3 Linha de envasamento de latas

Uma linha de envase de latas é um sistema automatizado e integrado, projetado para envasar bebidas (como cervejas) de forma rápida, e com controle de qualidade. O processo envolve várias etapas, desde a preparação das latas vazias até a paletização do produto acabado.

A linha de produção, Figura 2 foi projetada para envasar 128.000 latas/h (cento e vinte e oito mil latas por hora).

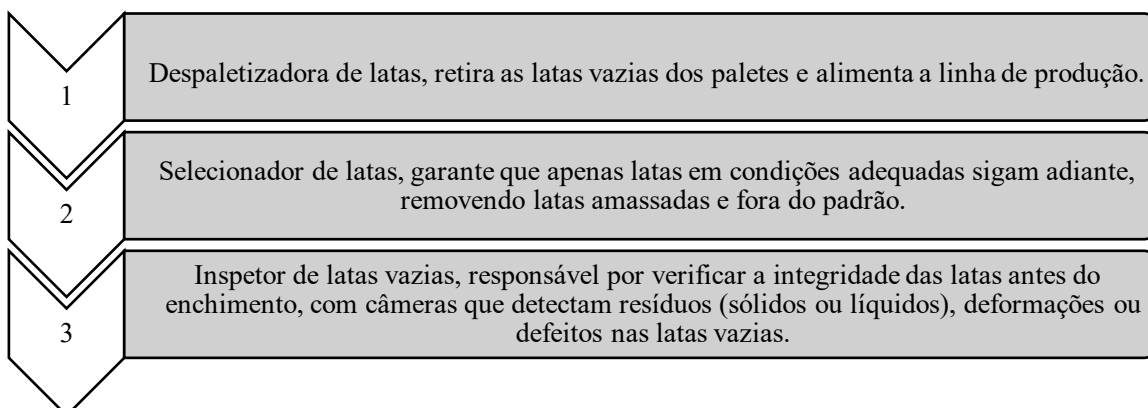
Figura 2 – layout da linha de envasamento de latas.



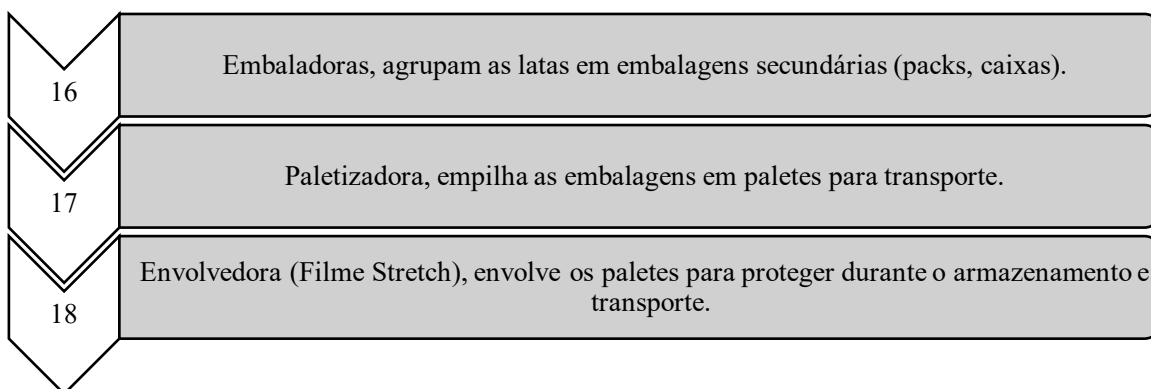
Fonte: Autor.

Seguindo o fluxograma da linha de produção, na figura 2, tem-se os processos de envasamento em ordem, com suas respectivas máquinas e funcionalidades na Figura 3:

Figura 3 – Fluxograma máquinas e funções.



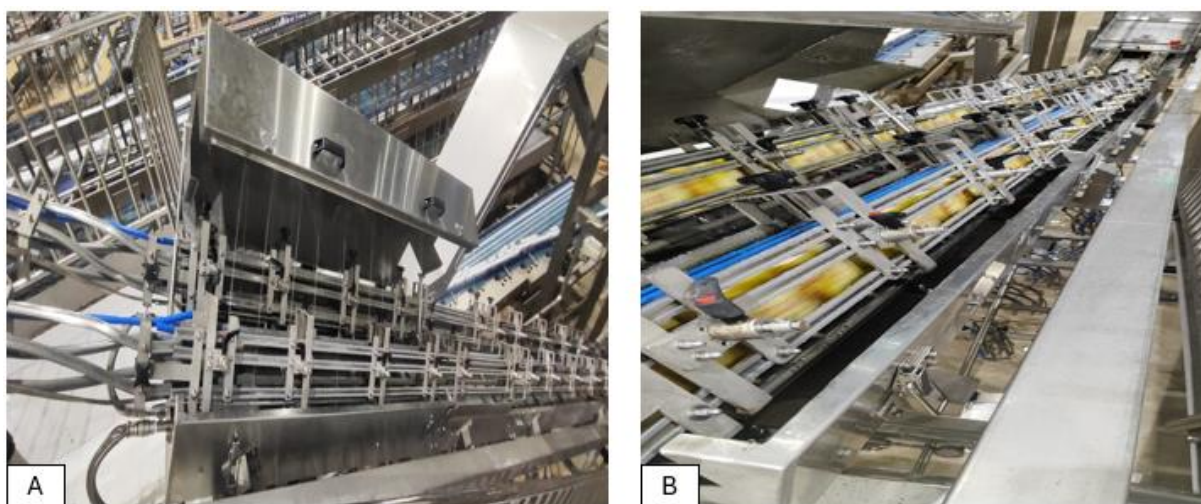




Fonte: Autor.

Paralelamente à produção existe o consumo de água em específico do rinser, cuja função é realizar a lavagem interna das latas para remover partículas sólidas e possíveis contaminantes decorrente do processo de fabricação e transporte das latas.

Figura 4– (A) rinser em funcionamento, sem latas. (B) rinser em funcionamento com latas.

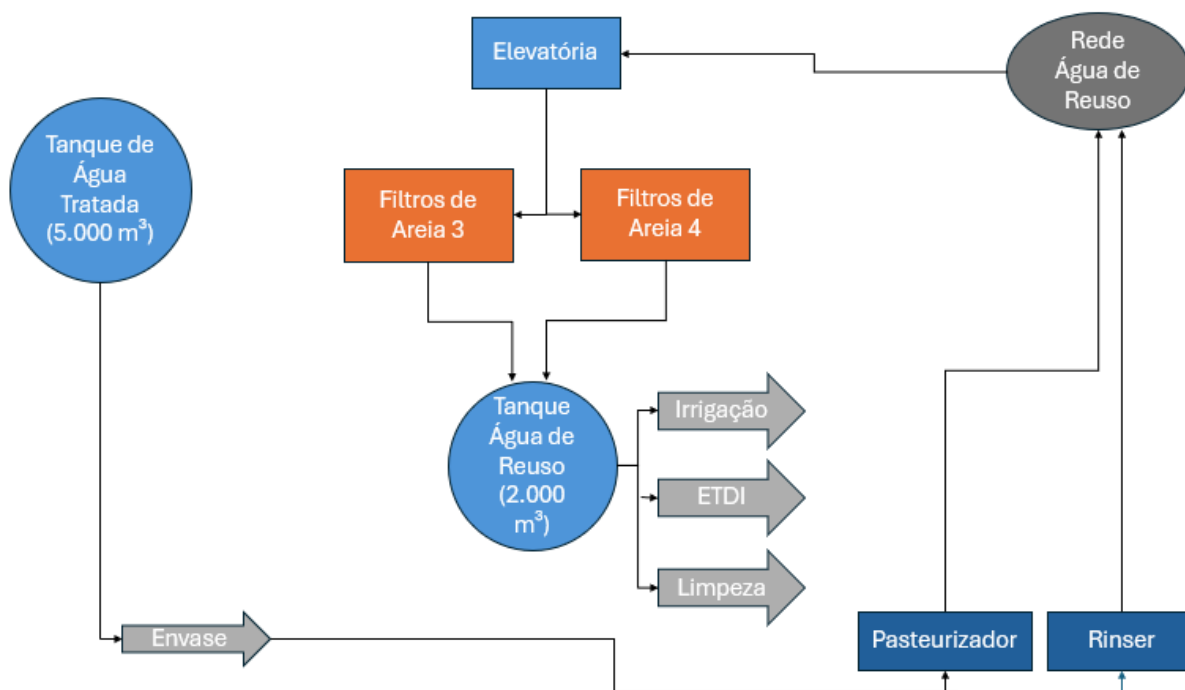


Fonte: Autor.

Antes de passar pelo rinser as latas sem tampa e viradas para baixo são divididas em duas canaletas de transporte, otimizando a lavagem e garantindo que todas as latas recebam o jato de água da rede (água tratada), mesma água utilizada em todo o processo de produção da cerveja, bebedouros, banheiros e limpeza interna dos equipamentos, reforçando a qualidade do processo de higienização. Após a lavagem, a água é canalizada para o ralo, assim como a água descartada do pasteurizador, seguindo pelas tubulações do sistema da rede de água de reuso,

para o tratamento específico, onde, após passar pelos filtros de areia é direcionada para um tanque com capacidade de armazenamento de 2.000 m³ (dois mil metros cúbicos).

Figura 5 – Fluxograma da água de reuso



Fonte: Autor

4.4 Parâmetros avaliados

Para avaliar a viabilidade do sistema proposto, foram feitas análises necessárias uma vez durante a produção, por três dias consecutivos, garantindo a qualidade da água do rinsar após a lavagem das latas, a fim de evitar qualquer tipo de interferência ou comprometimento no funcionamento do pasteurizador. Com isso foram realizadas análises do pH e turbidez, juntamente com análise do pH da água dos tanques de pasteurização, seguindo o padrão operacional da empresa no laboratório da cervejaria.

Seguindo a ABNT NBR 13969/1997; European Brewery Convention (EBC), (EBC, 2020) que fornece diretrizes para o tratamento e reaproveitamento de água residuárias, garantindo a qualidade da água reutilizada e sua adequação ao uso industrial, e a Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre padrões de potabilidade para águas subterrâneas, foram utilizados parâmetros para pH e Turbidez garantindo o funcionamento adequado do sistema de pasteurização, levando em conta que a água do

pasteurizador não entra em contato direto com a cerveja, por isso os parâmetros cumprem as normas sanitárias e garantem a integridade das embalagens.

A figura 6 mostra o funcionamento interno do pasteurizador, onde as embalagens cheias são aquecidas em um túnel de pasteurização, geralmente recebendo banhas de água aquecida entre 60°C a 65°C por alguns minutos dependendo do processo, esse tipo de método é comum para cervejas engarrafadas ou em latas.

Figura 6 – Imagem interna do pasteurizador em funcionamento.



Fonte: Autor

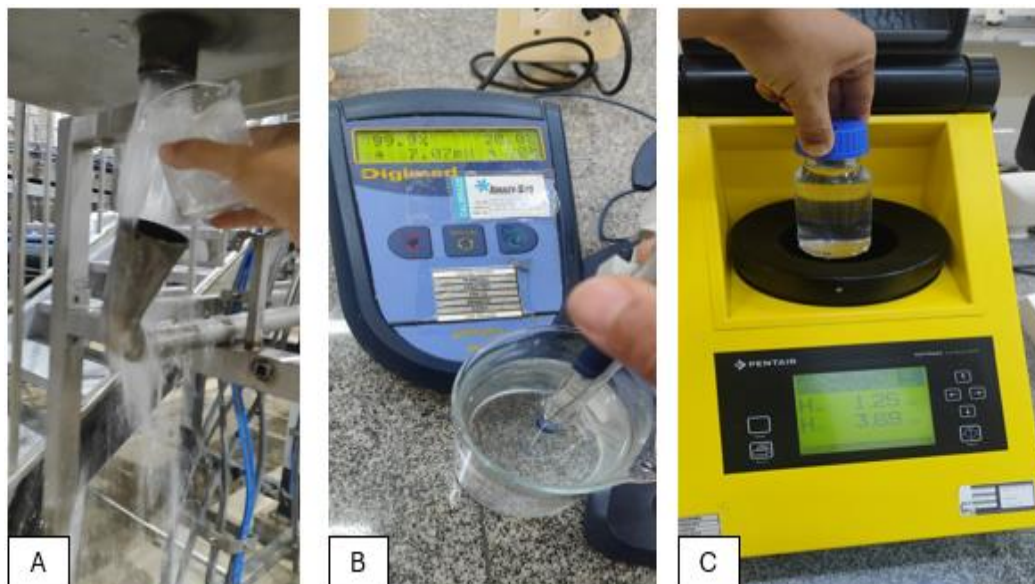
A pesquisa foi realizada entre os meses de março e maio de 2025. A água foi coletada em um becker de vidro com volume de 250 ml, diretamente na tubulação de descarte do rinser. Em seguida foram analisados, no laboratório do setor de envasamento de latas da própria cervejaria, o pH, com um pHmetro da marca Digimed DM-220 e, a turbidez, no turbidímetro PENTAIR.

Não se fez necessário uma quantidade maior de coletas para análise, pois, a água captada do poço artesiano recebe tratamento e monitoramento constante pela Estação de Tratamento de Água (ETA). Levando em consideração que a água utilizada para enxágue das latas é a mesma destinada para todos os outros processos de produção, incluindo de fabricação da cerveja, caso haja qualquer alteração de sua qualidade comprometeria toda a produção da fábrica.

Outro fator que contribui para que as latas vazias não cheguem no rinser com qualquer tipo de substância interna que possa alterar a qualidade da água em termos de pH e turbidez, são os equipamentos de qualidade, como o selecionador de latas e inspetor de latas vazias

(Figura 3), assim como o rinser, que é responsável por retirar pequenas partículas sólidas como poeira, que não foram detectados nos equipamentos de garantia da qualidade anteriormente.

Figura 7 – (A) coleta da água diretamente da tubulação de descarte do rinser. (B) análise de pH. (C) análise da turbidez.



Fonte: Autor

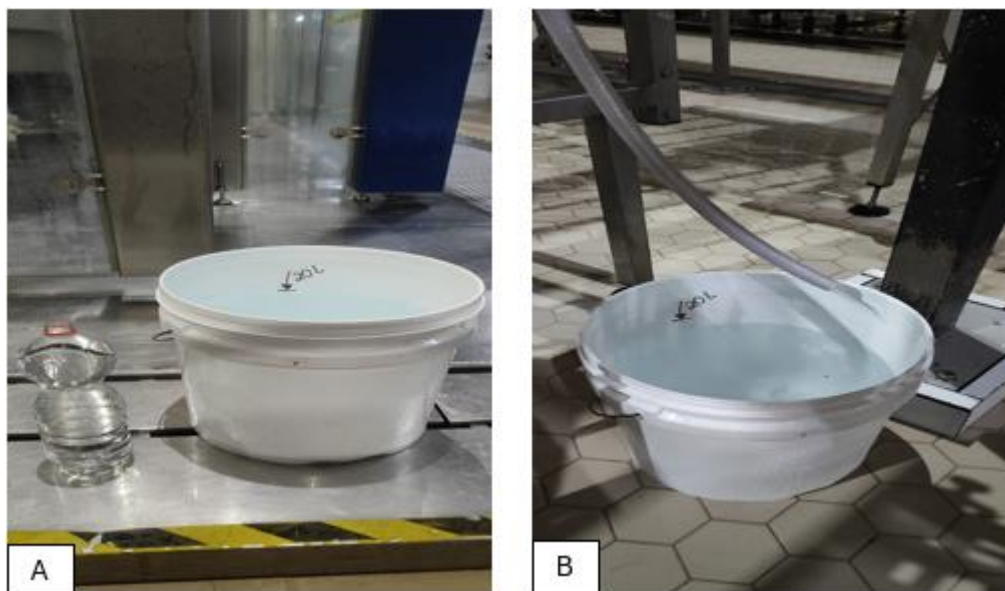
A vazão de água descartada foi obtida através de medidor graduado, empregado no método volumétrico direto. Conforme Santos et. al. (2017), a medição é realizada calculando o tempo necessário para que uma vazão específica de água preencha um recipiente com capacidade predefinida, esse método é simples e eficaz para medições em campo. O cálculo da vazão foi realizado utilizando a equação 1, onde Q representa a vazão volumétrica em litros por segundos (L/s), V é o volume do recipiente em litros (L) e t é o intervalo de tempo necessário para encher o reservatório em segundos (s) (SANTOS et. al., 2017).

$$Q = V/t \quad (\text{Eq. 1})$$

Com o auxílio de um balde com marcação de 20 L, demarcação realizada através de outro recipiente com volume conhecido (garrafa pet de 2 L), o recipiente foi completado com água e despejado no balde 10 vezes, definindo 20 L, figura 4 (A). Foram realizadas 3 coletas de amostras seguindo sugestão do método volumétrico de no mínimo três medições, reduzindo a margem de erros no cálculo da vazão. Com um cronômetro simples obteve-se os valores de tempo em segundos, figura 4 (B), após achar os valores de cada amostra calculou-se a média tendo como resultado 38 m³/dia, utilizando a equação 2.

$$(Q1+Q2+Q3) / 3 \quad (\text{Eq. 2})$$

Figura 8 – (A) balde com demarcação e recipiente (pet) com volume conhecido. (B) coleta de dados de tempo.



Fonte: Autor.

Os dados obtidos foram registrados com uso do software Excel, facilitando assim sua tabulação, as transformações de unidades, bem como sua visualização. O valor da turbidez foi obtido em EBC (European Brewery Convention), unidade que o turbidímetro usado estava calibrado. Para adequar a unidade de medida usada pela Portaria GM/MS nº 888/202, que regulamenta os padrões de potabilidade para água de reuso, realizou-se a conversão para unidade de medida NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez). De acordo com Paralovo (2019), pode-se relacionar NTU com EBC através da equação abaixo:

$$\begin{aligned} \text{EBC} &= \text{NTU}/4 \\ \text{EBC} &= 0,25 \end{aligned} \quad (\text{Eq. 3})$$

Para o direcionamento da água até a reutilização no pasteurizador, foi retirada tubulação de descarte já existente e instalado outra tubulação de 26m canalizando a água até o tanque 9, apenas com a gravidade já que a saída do rinser fica a uma altura de 2m do chão e o local escolhido para instalação da tubulação no pasteurizador fica à 1,38m do chão.

O material a ser utilizado é de aço inoxidável, mesmo material utilizado em todas as tubulações no sistema de drenagem dentro da linha de produção, facilitando o projeto de

canalização, pois existe material armazenado e assim como a mão de obra para construção e instalação do sistema que será da própria fábrica, não gerando custos com compra de material e mão de obra terceira.

Para o dimensionamento hidráulico da tubulação, foram adotados os princípios da mecânica dos fluídos como, a definição das variáveis de entrada onde a vazão de 38 m³/h encontrada utilizando o método volumétrico direto demonstrado na equação 1, convertida para m³/s seguindo a unidade padrão do Sistema Internacional de Unidades (SI), dividindo a vazão pela quantidade de segundos que existe em uma hora. As variáveis consideradas para o dimensionamento hidráulico foram, vazão (Q) medida na saída do rinser, a velocidade (v) utilizando um valor convencional para medir a velocidade da água, onde foi empregado a equação da continuidade, e diâmetro da tubulação, definindo a tubulação ideal para escoamento por gravidade, evitando erosão e sedimentação. E a utilização da tubulação de aço inoxidável que, além de ser o material utilizado nas tubulações hidráulicas da fábrica, garante resistência à corrosão e adequação sanitária para a indústria de alimentos.

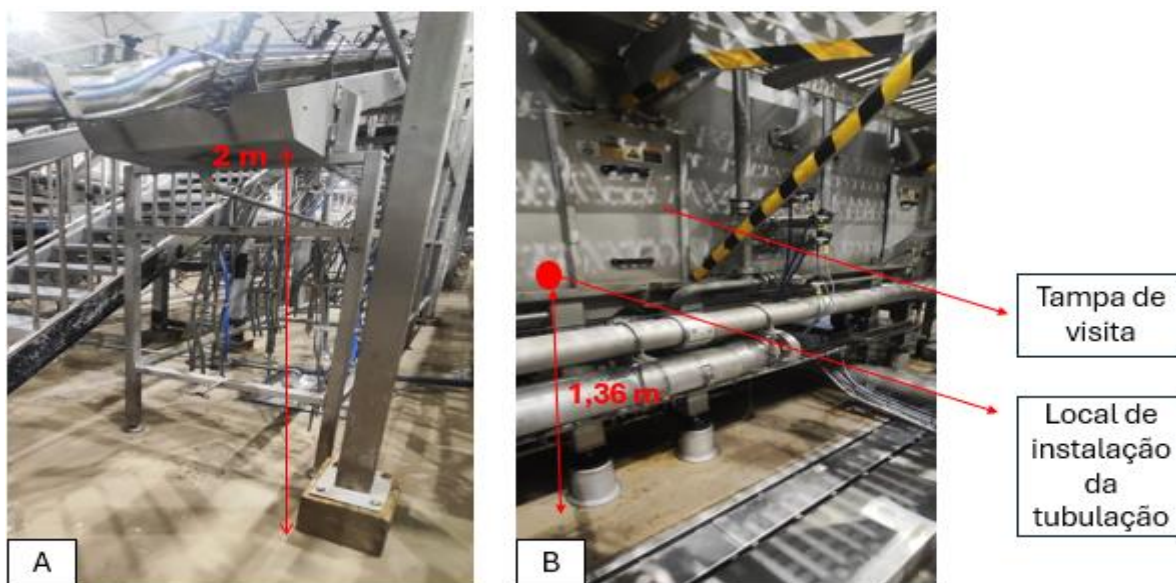
4.5 Dimensionamento hidráulico da tubulação

Para o dimensionamento da tubulação que conduzirá a água residual do rinser de lavagem de latas até o tanque do pasteurizador, considerando escoamento por gravidade, foi utilizado a equação da continuidade.

Dados Iniciais:

- Vazão (Q): $38 \text{ m}^3/\text{h} = 38/3600 = 0,01056 \text{ m}^3/\text{s}$ (convertido para unidade padrão).
- Desnível disponível (Δh): 2,0 m (saída do rinser) – 1,36 m (entrada do pasteurizador) = 0,64 m.
- Comprimento da tubulação (L): 26 m.

Figura 9 – (A) altura da saída de descarte do rinser. (B) altura do ponto de instalação da tubulação no pasteurizador.



Fonte: Autor

Cálculo da velocidade da água

A velocidade (v) foi calculada para definir o diâmetro da tubulação evitando velocidade excessivas e perdas de cargas elevadas, onde a área da seção transversal é:

Adotando $v = 2 \text{ m/s}$ (valor convencional usado para escoamento por gravidade):

$$Q = v \cdot A$$

$$A = Q / v$$

$$A = 0,01056 / 2 = 0,00528 \text{ m}^2 \quad (\text{Eq.4})$$

Diâmetro correspondente a velocidade encontrada é:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 0,00528}{\pi}\right)} \approx 0,082 \text{ m (82mm)} \quad (\text{Eq.5})$$

Velocidade do fluxo pela equação da continuidade:

$$v = Q / A$$

$$v = \frac{0,01056}{\pi \cdot (0,0156)^2 / 4} \approx 1,3 \text{ m/s} \quad (\text{Eq.6})$$

A instalação foi definida no tanque 9 especificamente por falta de espaço para direcionamento nos tanques 1 e 2, assim restando apenas os tanques 9 e 10. Nos tanques 3 a 8 não foi viável, pois são tanques da zona de pasteurização com temperaturas entre 55 e 65°C, ao contrário dos tanques 1, 2, 9 e 10 que estão na zona de refrigeração, os dois primeiro com temperaturas entre 25 e 45°C e 45 e 25°C, respectivamente. Como a água reutilizada encontra-se em temperatura ambiente (entorno de 30°C), a instalação da tubulação nos tanques da zona de pasteurização obrigaria o equipamento a consumir mais energia e vapor para poder manter a temperatura no valor padrão inviabilizando o sistema.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1 – Relação do consumo do rinser em %.

Valores de consumo	(L/dia)	Vazão do rinser (L/dia)	Vazão do rinser em relação aos valores de consumo (%)
Volume de água consumido por dia no município de Alagoinhas segundo IBGE (2017).	19.128.000	38.146	0,20%
Vazão de retirada pelas indústrias de bebidas no município de Alagoinhas (ANA, 2017).	18.355.000	38.146	0,21%
Capacidade tanque de reuso da cervejaria.	2.000.000	38.146	1,91%
Consumo de água por dia do pasteurizador.	15.000	38.146	39%

Fonte: Autor

Comparado com os valores de consumo por dia e a vazão retirada pelas indústrias no município de Alagoinhas, numericamente os resultados não foram expressivos. Quando comparados com a capacidade de armazenamento de água de reuso, a vazão de água do rinser por dia corresponde a 1,9% da capacidade de tratamento e armazenamento de toda a água do reservatório destinado a reuso na fábrica. Relacionando com o consumo diário do pasteurizador observou-se que, o valor de consumo de água do pasteurizador é 39% da vazão diária do rinser, garantindo a manutenção dos tanques do pasteurizador através da reutilização da água do rinser.

Após feita as análises de pH e turbidez da água, pode-se constatar a adequação nas normas definidas pela ABNT NBR 13969/1997 que fala sobre padrões de pH, e a Portaria

GM/MS nº 888/2021 que dispõe sobre padrões de monitoramento e potabilidade da água, utilizado na referência da turbidez para água de reuso, assim definindo os parâmetros do estudo para reutilização da água nos tanques do pasteurizador, como demonstrado na tabela 2.

Tabela 2 – Valores referência e encontrados.

Valores referência	
pH pasteurizador	6,5 - 7,2
pH água de reuso	6,0 - 8,0
Turbidez da água de reuso	≤ 1 NTU ²
Valores encontrados	
pH água do rinser	7,07
Turbidez água do rinser (NTU)	0,31

Fonte: Autor.

Como demonstrado na tabela anterior, os valores de pH e turbidez estão dentro da meta em relação aos valores de referência, onde o pH do pasteurizador tem que estar com valores entre 6,5 e 7,2 (padrão da cervejaria), e valores estabelecidos para o pH da água de reuso entre 6,0 e 8,0. A média encontrada após análise do pH do rinser durante três dias consecutivos foi de 7,07, estando dentro dos parâmetros de referência, o que garante a não interferência nos parâmetros de produção do pasteurizador, assim como os valores de turbidez, que teve média de 0,31 NTU, onde a referência estabelece valores \leq a 1 NTU. Através do método direto volumétrico, utilizado para mensurar vazões de águas em campo e com fluxos menores como é o caso do rinser, obteve-se os seguintes resultados:

Tabela 3 – Média da vazão coletada.

Coleta	Volume (L)	Tempo (s)	Vazão (L/s)	Vazão (m³/h)	Vazão (m³/dia)	Vazão (L/dia)
1	20	44	0,45	1,64	39	39.273
2	20	45	0,44	1,60	38	38.400
3	20	47	0,43	1,53	37	36.766
Média	20	45	0,44	1,59	38	38.146

Fonte: Autor.

Os resultados obtidos no dimensionamento hidráulico da tubulação entre o rinser e o pasteurizador utilizando a equação da continuidade para definir velocidade de fluxo de água

²Referência segundo Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre padrões de potabilidade para águas de reuso na indústria.

por gravidade, indicam que o diâmetro de 4” (101,6 mm), e a velocidade de fluxo de 1,3 m/s são adequados para o sistema de reutilização de água com fluxo por gravidade.

O diâmetro de 4” foi obtido adotando o valor de 2 m/s, valor comumente utilizado já que a norma da ABNT NBR 5626:2020 define velocidades máximas recomendadas (1,0 a 3,0 m/s) para evitar erosão e acúmulo de resíduos nas tubulações. A escolha do diâmetro de 4” garantiu a velocidade dentro da faixa ideal (1,3 m/s) e compatibilidade com a ASTM A270 para aço inoxidável, que é uma especificação padrão utilizada para definir requisitos de utilização para tubos em aplicações sanitárias utilizados em indústrias de alimentos.

Assim o diâmetro de 4” para a vazão do rinser, evita velocidades erosivas (> 3 m/s) garantindo o escoamento eficiente, e velocidades incompatíveis, enquanto diâmetros maiores poderiam ter um aumento de custos sem benefícios em comparação com a tubulação definida através dos cálculos de dimensionamento.

Tabela 4 – Dimensionamento Hidráulico

Parâmetros	Valor	
	Calculado	Referência
Diâmetro final	4” (101,6 mm)	ABNT NBR 5626:2020
Velocidade do fluxo	1,3 m/s	Equação da continuidade
Material da tubulação	ASTM A270 (ASTM, Aço inoxidável 2023)	

Fonte: Autor

Na indústria analisada, o rinser consome 38 m³/dia (multiplicado por 30 dias temos 1.140 m³/mês) de água potável. Segundo dados da Embasa, em cidades do interior da Bahia, o consumo médio por família está em torno de 12 a 15 m³/mês. Considerando uma média de 12 m³/mês de consumo por família em Alagoinhas, a água gasta pelo rinser em um mês poderia abastecer quase 100 famílias.

Fazendo uma estimativa de valores para captação de água e tratamento de água de reuso, Souza et. al. (2016), sugere que os valores fiquem em um total de R\$ 3,55 e R\$ 4,01 por metro cúbico. Relacionando o menor valor de custo com a vazão encontrada neste estudo, 38 m³ (multiplicado por 3,55) geraria uma economia de R\$ 134,90, apenas com a reutilização da água sem tratamento, ou reabastecimento com água limpa por dia, ao ano a empresa pode chegar a economizar um valor de R\$ 49.238,50. Esses valores são estimados baseados em estudos sobre custos para captação e tratamento simples de água subterrânea, assim como tratamento

simplificado para águas de reuso, como citado em Souza et al. (2016), pois a empresa não forneceu os dados de custo de captação de água e com tratamento com água de reuso.

Os resultados encontrados tanto para os padrões de reuso de água, quanto para manutenção dos tanques do pasteurizador, demonstram que a reutilização é uma técnica que gera economia de água reduzindo os gastos com consumo durante a produção, através da produção mais limpa focando na economia sustentável.

6 CONCLUSÃO

Este estudo avaliou a reutilização da água proveniente do enxágue de latas (rinser), no pasteurizador de uma cervejaria localizada no município de Alagoinhas - Ba, com o objetivo de reduzir o consumo de água potável e promover práticas sustentáveis de gestão hídrica.

A análise da qualidade da água descartada pelo rinser encontrou valores dentro dos parâmetros recomendados para reuso industrial sem a necessidade de tratamento adicional para implementação do sistema.

Em termos quantitativos, embora o volume pareça insignificante em comparação com o consumo total do município ou da indústria, sua reutilização proporciona benefícios ambientais e econômicos relevantes, como a redução da extração de água subterrânea, preservando o Aquífero São Sebastião, redução da captação de água e custos operacionais associados ao tratamento de efluentes, manutenção dos níveis de água do pasteurizador, evitando que as válvulas automáticas responsáveis por reabastecer o pasteurizador, abram quando houver redução nos níveis dos tanques, o que provocaria um aumento no consumo de água da rede.

A proposta também se mostrou compatível com as normas ambientais, reforçando o compromisso da indústria com a sustentabilidade. Para garantir a eficácia contínua do sistema, recomenda-se o monitoramento periódico da qualidade da água reutilizada, bem como a replicação do sistema para outras fabricas de bebidas em latas, promovendo ganhos na economia hídrica.

Este trabalho apresenta algumas limitações, como a escassez de fontes recentes sobre o tema e outros estudos semelhantes, falta de dados referente a quantidade de água de poço captada pela empresa, vazão diária de captação da outorga liberado, custo do tratamento da água captada e água de reuso. Valores que a empresa não autorizou a divulgar por serem de caráter confidencial, mas que ajudariam a ter resultados comparativos relevantes melhorando a discussão dos resultados encontrados.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527:2017. Cálculo de perda de carga em tubulações. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5626:2020. Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASTM INTERNATIONAL. ASTM A270/A270M: Standard Specification for Seamless and Welded Austenitic and Ferritic/Austenitic Stainless Steel Sanitary Tubing. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2023.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969: **Diretrizes para o tratamento e reaproveitamento de águas residuais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969: **Águas de reuso em processos industriais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

AFRY. **A escassez de água e os riscos para as indústrias**. 2023. Disponível em: <https://afry.com.br/noticias/a-escassez-de-agua-e-os-riscos-para-as-industrias>. Acesso em: 20 mai 2025.

ALVES, Jamille Evangelista. **Estudo Hidrogeoquímico Comparativo entre os Membros da Formação São Sebastião, Recôncavo Norte-Ba**. 2017.

A TARDE. **Cervejaria inaugura fábrica em Alagoinhas**. Salvador, 2013. Disponível em: <https://atarde.com.br/economia/cervejaria-inaugura-fabrica-em-alagoinhas-561593>.

Acesso em: 8 abr. 2025.

AMORIELLO, T. **Gestão hídrica na indústria cervejeira**. São Paulo: Editora Sustentável, 2021.

BAHIA. Lei Estadual nº 14.381, de 13 de dezembro de 2021. Declara o Município de Alagoinhas como a Capital Estadual da Cerveja. Diário Oficial do Estado da Bahia, Salvador, 13 dez. 2021.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 fev. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 888, de 7 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021**. Disponível em: https://bvms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 8 mai 2025.

- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 365, de 29 de março de 2006. **Dispõe sobre o licenciamento ambiental de atividades com potencial de contaminação de águas subterrâneas.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 mar. 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Setor cervejeiro segue crescendo a cada ano, aponta anuário.** Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/setor-cervejeiro-segue-crescendo-a-cada-ano-aponta-anuario>. Acesso em: 4 abr. 2025.
- CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS (CNTL). Implementação de Programas de Produção mais Limpa. Porto Alegre: SENAI-RS/UNIDO/UNEP, 2003.
- CLIMATE-DATA.ORG. **Dados climáticos de Alagoinhas - Ba.** Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/bahia/alagoinhas-4471/>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- CNI (Confederação Nacional da Indústria). Manual de Conservação e Reuso de Água na Indústria. 2018.
- COSTA, Máira Sampaio da et al. **Avaliação da vulnerabilidade e perigo à contaminação do Aquífero São Sebastião/Marizal, Recôncavo baiano.** 2023.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Estudo hidrogeológico da região de Alagoinhas-Ba.** Salvador: CPRM, 2013.
- DA SILVA, Girlene Oliveira; DE ABREU NOVAIS, Kelly Eduarda; NEVES, Fernando Frachone. PROPOSIÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA COMO INSTRUMENTO DE SUSTENTABILIDADE. **REVISTA INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO EM GESTÃO E INDÚSTRIA**, v. 1, n. 01, p. e010105-e010105, 2025.
- DE MORAIS NASCIMENTO, Sérgio Augusto; LEAL, Luiz Rogério Bastos; DA PURIFICAÇÃO, Carlos Gleidson Campos. **A utilização da análise de variância (ANOVA) na distinção de aquíferos sedimentares na região do Recôncavo Norte, Estado da Bahia.** Águas Subterrâneas, v. 30, n. 3, p. 411-426, 2016.
- DIGITAL WATER. **Reuso de Água: Tecnologias e Soluções para a Escassez Hídrica.** 2025.
- DE LIMA, Olivar AL; RIBEIRO, Arnaldo C. **Caracterização Hidrogeológica do Aquífero São Sebastião na Área de Captação do CIA-Bahia, usando Perfilagens Elétricas de Poços.** Brazilian Journal of Geophysics, v. 1, n. 1, p. 11-22, 2018.
- DE OLIVEIRA AMARAL, Marcela Cristina; DA SILVA OLIVEIRA, Lisley Eduarda. **A produção sustentável de cerveja no Brasil: Enfrentando o desafio do desperdício de água.** EMBASA. Relatório de Sustentabilidade 2023. Salvador: EMBASA, 2023. Disponível em: <<http://www.embasa.ba.gov.br>>.

- In: Anais do Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre. 2024. p. 01-06.
- EBC - European Brewery Convention. Guidelines for Water Quality in Brewing. Bruxelas: EBC, 2020.
- FERNANDES, J. V. G et al. Introduzindo práticas de produção mais limpa em sistemas de gestão ambiental certificáveis: uma proposta prática. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 06, n. 03, jul/dez. Rio de Janeiro, 2001. p. 157-164.
- FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). Manual de Reaproveitamento de Águas Pluviais. 2019.
- GETZNER, M. The quantitative and qualitative impacts of clean technologies on employment. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 10, p. 305-319, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652601000427?via%3Dihub>
- HESPANHOL, I. **Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos**. Estudos Avançados. São Paulo, v. 22, n. 63, p. 131158, 2008.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Alagoinhas - BA. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/alagoinhas.html>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- ISO - International Organization for Standardization. ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental - Requisitos com orientação para uso. Genebra: ISO, 2015.
- MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. **Reúso de água**. Editora Manole Ltda, 2003.
- MONTEIRO, Vanessa Nascimento et al. **Redução de consumo de água em cervejarias: importância da implementação de um programa de gestão de águas em indústria cervejeira**. *Apoena*, v. 6, p. 404-422, 2023.
- OLAJIRE, AA. **A Indústria Cervejeira e os Desafios Ambientais**. *Journal of Cleaner Production*, 256, Artigo 102817, 2020; <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.03.003>.
- OMNI CALCULATOR. Calculadora de Fluxo em Tubulação. Disponível em: <https://www.omnicalculator.com/pt/fisica/fluxo-tubulacao>. Acesso em: 05 jun. 2025.
- PARALOVO, Lara Lima. **Determinação de parâmetros físico-químicos de bebida fermentada de malte tipo cerveja produzida sem lúpulo e com adição de cacau**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- PUHL, Bruno Felipe Fajardo. Utilização de técnicas de produção mais limpa nos processos de uma microcervejaria. 2021.
- ROSA, Natasha Aguiar; AFONSO, Júlio Carlos. **A química da cerveja**. *Química nova na escola*, v. 37, n. 2, p. 98-105, 2015.
- SANTOS, Álvaro Dos et al., **Aplicação do método direto volumétrico para mensuração e acompanhamento da vazão de nascente na serra da caiçara, no município de maravilha,**

- alagoas.** Anais II CONIDIS... Campina Grande: Realize Editora, 2017. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/33146>>. Acesso em: 23/05/2025.
- SANTOS, M. S.; RIBEIRO, F. de M. Cervejas e refrigerantes. São Paulo: Cetesb, 2005. (Série P + L).
- SAPORITI, Antonio et al. Otimização do Controle de Pasteurização de Cerveja. 2022.
- SECTA. **Como Implementar Sistemas de Reuso de Água em Indústrias?** 2025.
- SINDICERV - Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja. Dados do setor cervejeiro 2023. São Paulo: Sindicerv, 2024.
- SOUZA, M.; VARGAS, Andrea; SAUERESSIG, Gislaine Gabriele; LUCHESE, J.; BAUER, J.; VIEGAS, C. V. **Análise das práticas de reuso de água residual: estudo de casos em lavanderias industriais.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 496-497, jan./abr. 2016.
- TRATAMENTO DE ÁGUA. **Reuso de água na indústria: benefícios e desafios.** 2025. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/reuso-de-agua-industria-beneficios-desafios/>. Acesso em: 4 abr. 2025.
- VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni. **Indústria de bebidas: inovação, gestão e produção.** Editora Blucher, 2021.
- VENTURINI FILHO, WALDEMAR GASTONI. **Industria de Bebidas.** São Paulo: Blucher, v. 3, 2011.