



Universidade Federal
de Campina Grande



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA DE RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E ENGENHARIA DE
RECURSOS NATURAIS

SUSTENTABILIDADE E MICROCERVEJARIAS: A UTILIZAÇÃO DA
P+L NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJAS ARTESANAIS

RAFAEL FELIPE RAMOS DE RANGEL MOREIRA CAVALCANTI

CAMPINA GRANDE – PB

2025

RAFAEL FELIPE RAMOS DE RANGEL MOREIRA CAVALCANTI

**SUSTENTABILIDADE E MICROCERVEJARIAS: A UTILIZAÇÃO DA P+L NO
PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJAS ARTESANAIS**

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Engenharia e Recursos Naturais na Universidade Federal de Campina Grande. Área de concentração: Sistemas Ambientais Linha de Pesquisa: Gestão e Recursos Naturais

Área de concentração: Gestão de Recursos Naturais

Orientador(a): Prof^a. Dra. Viviane Farias Silva

CAMPINA GRANDE – PB

2025

C376s

Cavalcanti, Rafael Felipe Ramos de Rangel Moreira.

Sustentabilidade e microcervejarias: a utilização da P+L no processo de produção de cervejas artesanais / Rafael Felipe Ramos de Rangel Moreira Cavalcanti – Campina Grande, 2025.

125 f. : il.

Tese (Doutorado em Engenharia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2024.

"Orientação: Profa. Dra. Viviane Farias Silva."

Referências.

1. Objetivo do Desenvolvimento Sustentável. 2. Gestão de Recursos Naturais. 3. Cervejarias Artesanais - Brasil. 4. Indicadores. 5. Cadeia Produtiva. 6. Sistemas Ambientais. 7. Sustentabilidade. I. Silva, Viviane Farias. II. Título.

CDU 502.131.1(043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA ITAPUANA SOARES DIAS GONÇALVES CRB-15/093



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA E GESTAO DE RECURSOS
NATURAIS
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB,
CEP 58429- 900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

RAFAEL FELIPE RAMOS DE RANGEL MOREIRA CAVALCANTI

"SUSTENTABILIDADE E MICROCERVEJARIAS: A UTILIZAÇÃO DA P+L NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJAS ARTESANAIS"

Tese apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais como pré-requisito para obtenção do título de Doutor Engenharia e Gestão de Recursos Naturais.

Aprovada em: 16/12/2024

Dr.(a.) **Viviane Farias Silva** (Orientador PPGEGRN).

Dr.(a.) **Janaina Barbosa da Silva/PPGRGRN** (Examinador Interno).

Dr.(a.) **Sergio Murilo Santos de Araújo/PPGEGRN** (Examinador Interno).

Dr.(a.) **Luma Michelly Soares Rodrigues Macri/UFCG** (Examinador Externo).

Dr.(a.) **Luciano de Brito Junior/UFCG**(Examinador Externo).

Dr.(a.) **Manoel Tolentino Leite Filho/INSA** (Examinador Externo).



Documento assinado eletronicamente por **VIVIANE FARIAS SILVA, COORDENADORA DE PÓS GRADUAÇÃO**, em 11/02/2025, às 10:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **JANAINA BARBOSA DA SILVA, PROFESSOR**, em 11/02/2025, às 13:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **SERGIO MURILO SANTOS DE ARAUJO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/02/2025, às 11:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **LUCIANO DE BRITO JUNIOR, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/02/2025, às 11:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Manoel Tolentino Leite Filho, Usuário Externo**, em 27/02/2025, às 14:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art.

8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **LUMA MICHELLY SOARES RODRIGUES MACRI, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 01/04/2025, às 09:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **5080118** e o código CRC **86C19860**.

Referência: Processo nº 23096.082654/2024-11

SEI nº 5080118

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio fornecido ao longo deste trabalho, assim como os professores e as orientadoras que foram fundamentais para conclusão dessa Tese.

RESUMO

Atualmente, a cerveja é a bebida alcoólica de maior consumo no mundo, e a terceira bebida mais popular de modo geral, perdendo apenas para a água e chá. No segmento da fabricação de cervejas artesanais no Brasil tem crescido exponencialmente nos últimos anos, em 10 anos o Brasil cresceu de 70 para 700 cervejarias, obtendo registro formalizado, fechando o ano de 2018 com 889 cervejarias em atividade operacional. Estas industrias utilizam quantidade significativa de recursos hídricos e gera resíduos durante a produção que ocasionam danos ambientais, tornando-se fundamental a análise detalhada sobre a produção de cerveja para identificar oportunidades para minimização de perdas, trazendo benefícios socioeconômicos e ambientais, auxiliando pra o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), em específico os ODS 6, ODS 7, ODS 12, ODS, 8, ODS, 9, ODS 10 e ODS 11. Diante disso, o presente projeto tem como objetivo propor melhores alternativas para otimização da produção da cerveja artesanal através de ferramentas da produção Mais Limpa, visando uma produção sustentável na fabricação do produto supracitado. Foi realizado um levantamento em duas bases de dados *Web of Science* e Scopus. A partir das informações obtidas nos artigos foi elaborado um checklist para analisar a cadeia produtiva do setor, foram analisadas três cervejarias situadas

no Estado da Paraíba (Cabedelo, João Pessoa e Campina Grande), em seguida foi elaborado indicadores na vertente da Produção Mais Limpa (P+L) e através de grupo de especialistas foi realizado a validação. Os indicadores após validados foram aplicados nas três microcervejarias escolhidas nesta pesquisa. Os indicadores propostos, foram divididos em quatro variáveis, sendo estas Água, Energia elétrica e resíduos sólidos, Educação ambiental. Sendo quatro indicadores para a variável água, três para variável energia, três para variável resíduos sólidos e um indicador para variável educação ambiental. A partir do diagnóstico e aplicando os indicadores observou-se que a geração própria de energia traz uma redução significativa em relação ao custo econômico e ambiental da cervejaria. Acrescentasse que no envase pode haver geração de resíduos recicláveis como plástico, papelão, vidro e devem ser separados e assim como no caso dos resíduos orgânicos, esses pode ser comercializado, fazendo com que haja um ganho econômico e ambiental.

Palavras-chave: cervejarias artesanais; objetivo do Desenvolvimento Sustentável; indicadores; cadeia produtiva.

ABSTRACT

Beer is currently the most widely consumed alcoholic beverage in the world, and the third most popular beverage overall, behind only water and tea. The craft beer manufacturing segment in Brazil has grown exponentially in recent years. In 10 years, Brazil grew from 70 to 700 breweries, obtaining formal registration, closing 2018 with 889 breweries in operation. These industries use significant amounts of water resources and generate waste during production that causes environmental damage, making it essential to carry out a detailed analysis of beer production to identify opportunities to minimize losses, bringing socioeconomic and environmental benefits, and helping to achieve the Sustainable Development Goals (SDGs), specifically SDGs 6, SDGs 7, SDGs 12, SDGs 8, SDGs 9, SDGs 10 and SDGs 11. In view of this, this project aims to propose better alternatives for optimizing craft beer production through cleaner production tools, aiming at sustainable production in the manufacture of the aforementioned product. A survey was carried out in two databases: Web of Science and

Scopus. Based on the information obtained from the articles, a checklist was developed to analyze the sector's production chain. Three breweries located in the state of Paraíba (Cabedelo, João Pessoa and Campina Grande) were analyzed. Then, indicators were developed in the area of Cleaner Production (P+L) and validated by a group of experts. After validation, the indicators were applied to the three microbreweries chosen for this research. The proposed indicators were divided into four variables: Water, Electricity and Solid Waste, and Environmental Education. Four indicators were for the water variable, three for the energy variable, three for the solid waste variable and one indicator for the environmental education variable. Based on the diagnosis and application of the indicators, it was observed that self-generation of energy brings a significant reduction in relation to the economic and environmental costs of the brewery. It should be added that during bottling, recyclable waste such as plastic, cardboard and glass can be generated and must be separated and, as in the case of organic waste, these can be sold, resulting in an economic and environmental gain.

Keywords: craft breweries; Sustainable Development objective; indicators; production chain.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Inovação e Ineditismo.....	15
1.2 Aspectos Socioeconômicos e Ambientais.....	15
1.3 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.....	16
1.4 Objetivos Geral e específicos.....	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1 Questões ambientais e a Sustentabilidade.....	18
2.2 Gestão ambiental e Produção Mais Limpa.....	21

2.3 Indústria da Cerveja.....	31
2.4 Industria da Cerveja	38
2.4.1 Indústria da Cerveja Artesanal.....	38
2.5 Processo de Fabricação da Cerveja.....	42
2.5.1 Insumos da Cerveja.....	43
2.5.1.1 Água cervejeira.....	43
2.5.1. 2 Malte.....	44
2.5.1.3 Lúpulo.....	45
2.5.1.4 Levedura.....	46
2.5.2 Resíduos gerados na produção de cerveja.....	48
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	53
3.1 Caracterização Das Localidades Das Microcervejarias.....	53
3.2 Descrição das ações da pesquisa.....	55
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
4.1 Revisão sobre as microcervejarias e a sustentabilidade a luz da P+L.....	60
4.2 Diagnostico na Processo de Produção em Microcervejaria.....	72
4.2.1 Microcervejaria A.....	72
4.2.2 Microcervejaria B.....	77
4.2.3 Microcervejaria C.....	79
4.2.4 Diagnostico Final e Fluxograma das Microcervejarias A, B e C.....	80
4.3 Indicadores de sustentabilidade da Produção de Cervejarias Artesanais.....	82
4.3.1 Variável Água.....	83
4.3.1.1 Consumo médio mensal de Água Total.....	86

4.3.1.2 Consumo Médio de água na área de produção.....	87
4.3.1.3 Índice de Reuso.....	87
4.3.1.4 Captação de Água Total.....	88
4.3.2. Variável Energia elétrica.....	89
4.3.2.1 Consumo mensal de Energia Total.....	89
4.3.2.2 Eficiência energética dos equipamentos.....	90
4.3.2.2 Geração de Energia Elétrica.....	90
4.3.3. Variável Resíduos Sólidos.....	91
4.3.3.1 Geração de Resíduos sólidos total na Microcervejaria.....	92
4.3.3.2 Geração de Receita com Resíduos.....	94
4.3.3.3 Reciclagem dos Resíduos.....	94
4.3.4. Variável educação ambiental.....	95
4.3.4.1 Treinamento dos Funcionários.....	95
4.4.1 Validação dos Indicadores.....	99
4.4.2 Aplicação dos indicadores nas Microcervejarias A, B e C.....	104
4.4 Fluxograma de implementação de processamento de cerveja artesanal com base na produção Mais Limpa.....	108
5. CONCLUSÕES.....	111
6. REFERÊNCIA.....	113
APENDICE.....	122

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Passos para a implementação da PML	25

Figura 2. Opções de ações para implementar a Produção Mais Limpa	26
Figura 3. Resíduo no processo de produção de Cerveja	49
Figura 4. Mapa da Localização das Microcervejarias A,B,C	55
Figura 5. Proposed framework for a sustainable supply chain for craft beer	64
Figura 6 - Tanque de cerveja a Cervejaria A	75
Figura 7. Tanque de armazenamento de Água da Cervejaria A	76
Figura 8. Cisterna para armazenagem e reutilização da água do resfriamento	76
Figura 9. Máquina de Resfriamento, com duto alterado de lugar	77
Figura 10. Visão de cima da Fábrica da microcervejaria B	79
Figura 11. Bancos de armazenamento de água na Cervejaria C	81
Figura 12 - Fluxograma de entradas e saídas na produção da Cerveja Artesanal das Microcervejarias A, B e C.	83
Figura 13 – Modelo 1 medidor de consumo de água	86
Figura 14 – Modelo 2 de medidor de consumo de água	87
Figura 15 - Fluxograma de implementação de processamento de cerveja artesanal com base na produção Mais Limpa	110

LISTA DE QUADROS

	Pág.
Quadro 1 - 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	20
Quadro 2. Classificação das cervejas no Brasil	36
Quadro 3. Classificação ABNT NBR10.004 dos Resíduos sólidos	50
Quadro 4. Matriz de amarração do projeto	59
Quadro 5. Estudos relacionando as microcervejarias e a sustentabilidade a luz da produção Mais Limpa.	66
Quadro 6. Indicadores para medir sustentabilidade da produção de cervejarias artesanais	85
Quadro 7. Indicadores de Sustentabilidade para Microcervejarias Artesanais a Luz da Produção Mais Limpa.	97
Quadro 8. Resultados da Aplicação dos indicadores nas microcervejarias participantes	106
Quadro 9. Gráfico do indicador consumo Médio mensal de água total.	107
Quadro 10. Gráfico do indicador Geração de Resíduos sólidos total na microcervejaria.	109
Quadro 11. Gráfico do indicador reciclagem dos resíduos.	110

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT- Associação Brasileira De Normas Técnicas

ACV- Avaliação Do Ciclo De Vida

BSG- Brewer's Spent Grain

CAGEPA - Companhia De Água E Esgotos Da Paraíba

CETESB - Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo

CNTL - Centro Nacional De Tecnologias Limpas

ESG - Environment, Social And Governance

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística

KPI - Key Performance Indicator

MAPA - Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento

MMA- Ministério Do Meio Ambiente

NBR - Norma Técnica Da ABNT

ODS - Objetivos Do Desenvolvimento Sustentável

ONU - Organização Das Nações Unidas

P+L Ou PML - Produção Mais Limpa

PNRS - Política Nacional De Resíduos Sólidos

SAELPA - Sociedade Anônima De Eletrificação Da Paraíba

SINDICERV - Sindicato Nacional Da Indústria Da Cerveja

UFPB - Universidade Federal Da Paraíba

UNEP - United Nations Environment Program (UNEP)

UNIDO - United Nations Industrial Development Organization

USDA - U.S. Department Of Agriculture

1. INTRODUÇÃO

O mercado de cerveja artesanal vem crescendo exponencialmente nos últimos anos, no entanto a Brewers Association retrata que essa produção artesanal pode ter impacto significativo negativo nos recursos naturais, sendo importante analisar a sustentabilidade em microcervejarias. O crescimento no número de estabelecimentos vem sendo constante nos últimos vinte anos, com uma taxa média de 19,6% ao ano, foram feitas projeções que se mantida a taxa de 36% de crescimento até 2025 o país alcançaria a marca de 7.504 cervejarias, o que ultrapassa o número de cervejarias dos Estados Unidos da América (EUA) no último balanço disponível de 2018, com 7.346 cervejarias (Marcusso; Müller, 2019). No Brasil, a fabricação de cervejas artesanais tem crescido exponencialmente nos últimos anos, de acordo com Mezzadri (2018) em 10 anos o Brasil cresceu de 70 para 700 cervejarias, obtendo registro formalizado, em 2023, o Brasil teve 1.847 cervejarias registradas.

Na produção de cerveja há intensivo uso de água, considerando todo o processo, desde o cultivo de culturas como lúpulo e cevada, são utilizados aproximadamente 300 litros de água para produzir um litro de cerveja (Gardiner, 2011). Dentro das matérias-primas, a água é o principal constituinte do produto em volume, ultrapassando os 92% do total. Além disso, para cada litro de cerveja são utilizados em média 12 litros de água em todo o processo de fabricação. Claramente, estes números indicam que as taxas de fabricação de cerveja e o fornecimento de água durante todo o processo de crescimento e produção, juntamente com o aumento das cervejarias artesanais locais e o incremento no consumo de cerveja artesanal, podem ter um impacto significativo negativo nos recursos hídricos locais (Brewers association, 2017).

Acrescenta-se que no processo de fabricação de cerveja há geração de resíduos, destacando os seguintes: I) bagaços de malte (resíduos retirados na etapa de filtração do mosto), constituído por restos de casca e polpa dos grãos; II) *trub* grosso (resíduo gerado na etapa de *whirpool*), composto de proteínas e gordura vegetal; III) *trub* fino (resíduo obtido na segunda filtração do mosto), composto majoritariamente de gordura vegetal; IV) leveduras (formadas durante o processo de fermentação), obtendo-se ao final do processo mais levedo do que se utilizará na próxima batelada (Carvalho, 2007). Após seu uso total, essa levedura é descartada como resíduo sólido, o que acarreta danos ambientais. Bonato (2016) acrescenta que esses resíduos são gerados principalmente nas etapas de filtragem, envase e tratamento de água e efluentes líquidos. Quanto ao envase, este tem um custo relevante da etapa final da fabricação da cerveja, devido a necessidade de compras sucessivas de novos recipientes, sendo no caso das microcervejarias comum o uso de embalagens de vidro que são descartáveis.

No meio acadêmico algumas pesquisas foram realizadas com temas como reutilização da água e dos resíduos sólidos relacionados à produção de cerveja. Nos estudos de Salazar et al. (2021) foi construído um modelo que pode contribuir com os microcervejeiros na tomada de decisão para o processo de implementação de abastecimento alternativo de água quente como os aquecedores de água sem tanque, considerando tanto os aspectos econômicos e ambientais. Já Morgan et al. (2021) desenvolveu uma ferramenta de cálculo de avaliação do ciclo de vida (ACV) para cervejarias pequenas e independentes no País de Gales.

Na busca de auxiliar os microcervejeiros, Sperandio et al. (2017), afirmam que os modelos propostos para a recuperação e valorização dos grãos gastos pelos cervejeiros (BSG) são eficientes e capazes de oferecer benefícios para aumentar o valor da empresa, evitando ao mesmo tempo o problema do descarte desses resíduos, que podem representar em investimentos. Já Bahl et al. (2020) elaborou um *framework* baseado em quatro categorias que contribuem para a sustentabilidade da cerveja artesanal, sendo estas: Aquisição de ingredientes; Esforços de reciclagem; Uso de energia; Sistemas de distribuição.

Rosburg e Grebitus (2021) demonstram que um pouco menos da metade das microcervejarias de Iowa realizavam uma avaliação anual para identificar os procedimentos operacionais e perceber as oportunidades de melhoria em relação à sustentabilidade. Dessa maneira, enquanto algumas cervejeiras estabeleciam rotinas e práticas que poderiam ser aproveitadas para caso de negócios sustentáveis, outras estavam falhando na coleta e

planejamento de dados. Outras pesquisas apontam para a necessidade tanto de colocar algumas práticas em ação, através de novos estudos com projetos pilotos ou parcerias com cervejarias artesanais, assim como a criação de manuais, guias, informativos e cursos que busquem contribuir com os novos cervejeiros artesanais, em relação à sustentabilidade.

A Produção Mais Limpa (P+L), de acordo com Severo et al. (2018) é uma ferramenta prática para análise de geração de resíduos, consumo de matéria prima, gastos energéticos e hídricos, para posterior solução dos problemas encontrados, podendo ser uma aliada para o desenvolvimento sustentável. Fernandes et al. (2015) afirmam que a Produção Mais Limpa tem como objetivo utilizar estratégias ambientais que melhorem a eficiência do uso dos recursos empregados como água, energia e matéria prima de forma a reduzir a geração de resíduos, efluentes e emissões, visando reduzir os riscos para o ser humano e o meio ambiente. A implementação da estratégia da P+L exige que todo o processo produtivo seja avaliado, verificando sua real eficiência quanto ao emprego de recursos e energia.

Diversas pesquisas estão sendo realizadas fora do Brasil, e apesar de poderem ser utilizados como parâmetro, faz necessário a realização de estudos relacionando as microcervejarias brasileiras e a sustentabilidade, trazendo seus parâmetros para a realidade local, conhecendo todas as etapas de processamento, problemáticas e soluções. Além disso, a eficiência hídrica e energética na produção de cerveja no semiárido nordestino exige uma abordagem holística que integre tecnologias inovadoras, práticas sustentáveis e colaboração entre diferentes partes interessadas, assim como em relação ao direcionamento adequado dos resíduos sólidos. Portanto, a pesquisa é inovadora e inédita por não haver esta abordagem no Brasil e principalmente na região semiárida, por ter aspectos fundamentados na Produção Mais Limpa para reduzir os impactos ambientais e proporcionar o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) através das pequenas indústrias de produção de cervejas.

Sendo assim, diante da necessidade de melhores práticas na produção da cerveja artesanal e da utilização da ferramenta de P+L para auxiliar as indústrias na busca do uso eficiente dos recursos naturais, esta pesquisa parte da premissa que **o processo de produção da cerveja artesanal pode ser sustentável através de um modelo de Produção Mais Limpa.**

A partir dessa hipótese a pesquisa se debruça no problema definido: **Como a Produção Mais Limpa pode auxiliar na melhoria da sustentabilidade do processo produtivo de cervejas artesanais?**

1.1 INOVAÇÃO E INEDITISMO

A presente pesquisa tem como inovação e ineditismo a apresentação, validação e mensuração de indicadores que possam ser inseridos para a realidade das microcervejarias do Brasil, e mais precisamente no estado da Paraíba. Essa pesquisa abre espaço para que possa ser replicada em outras microcervejarias de outros estados, para que com uma base de dados maior seja possível estabelecer parâmetros mais homogêneos quanto ao consumo de água, energia e geração resíduos sólidos em microcervejarias.

1.2 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS

A presente pesquisa busca demonstrar formas de auxiliar os microcervejeiro em relação a gestão dos seus empreendimentos, de maneira que possam gerir de forma mais sustentável. Para isso são apresentados indicadores baseados na Produção Mais Limpa, para que a produção de cerveja artesanal seja o mais sustentável possível. Isso se faz necessário, pois na produção de cerveja há intensivo uso de água, considerando todo o processo, desde o cultivo de culturas como lúpulo e cevada, são utilizados aproximadamente 300 litros de água para produzir um litro de cerveja (Gardiner, 2011).

Dentro das matérias-primas, a água é o principal constituinte do produto em volume, ultrapassando os 92% do total. Além disso, para cada litro de cerveja são utilizados em média 12 litros de água em todo o processo de fabricação. Claramente, estes números indicam que as taxas de fabricação de cerveja e o fornecimento de água durante todo o processo de crescimento e produção, juntamente com o aumento das cervejarias artesanais locais e o incremento no consumo de cerveja artesanal, podem ter um impacto significativo negativo nos recursos hídricos locais (Brewers association, 2017). Além da água, ainda é possível reduzir consumo de energia, e diminuir geração de resíduos, assim como buscar formas de reaproveitar os resíduos gerados durante a produção da cerveja.

1.3 OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Alguns dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) são abrangidos nessa pesquisa dentre esses, tem o ODS 6 – Água potável e saneamento: garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos e o ODS 7 – Energia limpa e acessível: garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos. Outro objetivo é o número 12 “Consumo e Produção Responsáveis”, que tem por meta, dentre outras assegurar à sociedade e ao planeta a gestão sustentável e uso eficiente dos recursos naturais, reduzir significativamente a poluição, visando minimizar seus efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente; reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção da poluição, redução, reciclagem e reuso; além de incentivar as empresas, a adotarem práticas sustentáveis. Destaca-se também o ODS 17, “parcerias e fortalecimento dos meios de implementação para o desenvolvimento sustentável”: parcerias, entre os diferentes atores, empresas, governo, sociedade, mercado na busca, através de uma gestão ambiental cooperativa, do uso sustentável dos recursos naturais, da preservação do meio ambiente.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Geral

Propor um modelo de indicadores a luz da Produção Mais Limpa (P+L) para a produção da cerveja artesanal na Paraíba.

1.4.2 Específicos

- ✓ Analisar a relação entre as microcervejarias e a sustentabilidade a luz da Produção Mais Limpa através de uma revisão sistemática de literatura;
- ✓ Diagnosticar o processo atual da produção em microcervejarias na Paraíba, buscando os gargalos diante de uma visão sustentável;
- ✓ Identificar e validar os indicadores de sustentabilidade para as microcervejarias na Paraíba na busca de Produção Mais Limpa;
- ✓ Criar um fluxograma de implementação de processamento de cerveja artesanal com base na Produção Mais Limpa;

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Questões ambientais e a Sustentabilidade

A institucionalização das políticas ambientais internacionais, bem como a construção de um discurso ambiental hegemônico já reúne cinco décadas, tendo como importante marco a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em 1972 (ARAÚJO; MILANEZ,2024)

Ainda, de acordo com Araújo e Milanez (2024) é importante destacar a diferença de desenvolvimento sustentável para sustentabilidade. O desenvolvimento sustentável tem como principal foco a busca por formas de promover o crescimento econômico de maneira a garantir a conservação dos recursos naturais. Nessa abordagem, o cerne da questão está em assegurar que as nações possam continuar a se desenvolver e prosperar, levando em conta a

disponibilidade limitada dos recursos naturais. Já a sustentabilidade traz discussões que envolvem um caráter mais voltado à preservação do meio ambiente, sugerindo uma diminuição no consumo e um maior aproveitamento dos recursos disponíveis.

Conforme mencionado por Martins e Cavalcanti (2022) a sustentabilidade de forma lógica pode ser vista como a capacidade de se sustentar, de se manter, sendo então uma atividade sustentável aquela que pode ser mantida. Se relacionarmos a sustentabilidade com a sociedade, uma sociedade sustentável é aquela que não coloca em risco os elementos necessários para sua sobrevivência. Portanto o desenvolvimento sustentável é aquele que melhora a qualidade da vida do homem na Terra ao mesmo tempo em que respeita a capacidade de produção dos ecossistemas nos quais vivemos.

Para Gadotti (2008) a sustentabilidade pode ser desdobrada em dois eixos, o primeiro relativo à natureza,, onde são estudados a sustentabilidade ecológica, ambiental e demográfica (recursos naturais e ecossistemas), que se refere à base física do processo de desenvolvimento e com a capacidade da natureza suportar a ação humana, enquanto que o segundo é relativo a sociedade sendo estudadas a sustentabilidade cultural, social e política, que se refere à manutenção da diversidade e das identidades, diretamente relacionada com a qualidade de vida das pessoas, da justiça distributiva e ao processo de construção da cidadania e da participação das pessoas no processo de desenvolvimento.

Souza et al (2017), ao resgatar as origens históricas do desenvolvimento sustentável menciona que a década de 1960 foi preparatória para a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente de 1972, em Estocolmo, que pela primeira vez abordou a questão ambiental e a necessidade de um desenvolvimento sustentável. Nessa década, o Clube de Roma iniciou debates sobre o desenvolvimento global, promovendo o codesenvolvimento e alertando sobre a necessidade de crescimento zero para evitar uma catástrofe ambiental. A respeito do Clube de Roma, os autores apontam que, com data de fundação o ano de 1968, o clube foi composto por cientistas, economistas e outros especialistas, onde, em 1972, publicou o relatório “Os limites para o crescimento”, documento que destaca a importância do conhecimento e a necessidade de uma comunidade planetária além das soberanias nacionais. Além do mais, destacava a influência dos mercados como pontos críticos para desenvolver políticas globais sustentáveis.

Ainda segundo os autores supracitados, em 1987, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, patrocinada pela ONU, introduziu o conceito moderno de desenvolvimento sustentável no relatório "Our Common Future" (Nosso Futuro Comum). Este relatório apresentou desafios e esforços comuns para alcançar um equilíbrio sustentável e se trata do mesmo documento mencionado anteriormente, conhecido como Relatório Brundtland.

Então, a história do desenvolvimento sustentável surgiu da necessidade de conciliar os problemas sociais, ambientais e econômicos para alcançar a estabilidade do planeta. Em 1992, no vigésimo aniversário da Conferência de Estocolmo, realizou-se no Rio de Janeiro a Conferência Mundial sobre Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, conhecida como Eco 92 ou Rio 92. Com a participação de representantes de 179 países, discutiram-se problemas ambientais globais e o desenvolvimento sustentável sendo então estabelecido como uma meta global. Como resultado dessas discussões foram elaborados cinco importantes documentos, sendo eles, a) a Declaração do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento; b) a Declaração de Princípios para a Gestão Sustentável das Florestas; c) O Convênio sobre d) a Diversidade Biológica; e e) o Convênio sobre as Mudanças Climáticas. No entanto, destaca-se, dentre estes documentos a importância e impacto da Agenda 21, que um programa internacional abrangente para o desenvolvimento sustentável nas vertentes econômica, social e ambiental.

A Agenda 21 foi um dos principais documentos produzidos nas últimas décadas que demonstram a preocupação mundial com a preservação dos recursos naturais renováveis e não renováveis, sem por tanto, inviabilizar o desenvolvimento econômico, ou seja, proporcionar o uso racional de recursos naturais de forma que possam ser suficientes para atender as necessidades das gerações futuras sem afetar o desenvolvimento econômico das mesmas (Souza; Armada, 2016). Diante disso, em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) ver (Quadro 1), segregados em 169 metas, para serem atingidos até 2030 (ONUBR, 2018).

Quadro 1 - 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

ODS 1 – Erradicação da pobreza: acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares	ODS 2- Fome zero e agricultura sustentável: acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.
ODS 3 – Saúde e bem-estar: assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.	ODS 4 – Educação de qualidade: assegurar a educação inclusiva, equitativa e de

	qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.
ODS 5 – Igualdade de gênero : alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.	ODS 6 – Água potável e saneamento : garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos.
ODS 7 – Energia limpa e acessível : garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos.	ODS 8 – Trabalho decente e crescimento econômico : promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos.
ODS 9 – Indústria, inovação e infraestrutura : construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação.	ODS 10 – Redução das desigualdades : reduzir as desigualdades dentro dos países e entre eles.
ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis : tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.	ODS 12 – Consumo e produção responsáveis : assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.
ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima : tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos.	ODS 14 – Vida na água : conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável
ODS 15 – Vida terrestre : proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da Terra e deter a perda da biodiversidade.	ODS 16 – Paz, justiça e instituições eficazes : promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.
ODS 17 – Parcerias e meios de implementação : fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.	

Fonte: elaborado pelo autor baseado ONUBR (2018)

A partir desses ODS se criou a Agenda 2030, cujo objetivo é combater diversos problemas mundiais, como a erradicação da pobreza em suas diversas dimensões através da problemática principal, que aponta o uso consciente de recursos naturais a fim de evitar sua escassez a médio e longo prazo. A Agenda 2030 é o marco para o desenvolvimento sustentável e coletivo na busca global da evolução cooperativa e tecnológica. A implementação desta traz consigo benefícios para as atuais e futuras gerações. Sua introdução na sociedade se fará de forma consistente e segura, sob obrigações de leis internacionais (ONU BRASIL, 2022)

A agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), juntamente com seus objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), desenvolvem ações de conscientização e

mudanças significativas na sociedade e na indústria, promovendo inovações tecnológicas, com a finalidade de melhorar os fatores econômicos (Marques, 2020).

É importante saber que existem três aspectos principais abordados na Agenda 2030, que são chamados de pilares para a evolução. São eles: social, ambiental e econômico. Dentre esses descritos, para o pilar econômico, é preciso garantir gestões de riscos, que preservem os demais pilares. Isso possibilita alocação e gestão eficientes de recursos, a fim de permitir o aumento da produtividade limpa e sustentável, com maior desempenho e, conseqüentemente, maior lucratividade. Já o pilar ambiental pretende diminuir o impacto sobre o meio ambiente para as gerações futuras. Este visa reduzir as emissões de carbono, o uso da água, o desperdício e os impactos gerais sobre o meio ambiente para as gerações futuras, que são prioridade do pilar social, o qual busca conscientizar a comunidade. Já, o bem-estar humano e social são prioridade e potencializam a criação de riqueza social e econômica (Indigo, 2020).

2.2 Gestão ambiental e Produção Mais Limpa

A sustentabilidade apresenta-se como uma questão estratégica para as empresas que buscam espaço e desenvolvimento no mercado, todavia não há clareza quanto aos benefícios que as organizações possam conquistar, ao integrar este conceito nos seus projetos (Martins; Lima; Costa,2015). A gestão de empresas voltada à sustentabilidade, requer que as organizações ultrapassem o imediatismo, desenvolvendo planejamento de curto, médio e longo prazo. Faz-se necessária a capacidade para lidar com vantagens e desafios que se apresentam diariamente, tanto interna, quanto externamente. É preciso desenvolver tecnologias que possibilitem produzir mais e melhor, gerando o menor montante possível de resíduos (Josende Paz; Mahalman Kipper,2016).

Há diferentes abordagens e modelos de ação empresarial voltadas à gestão ambiental, pois elas estão relacionadas às posturas adotadas pela empresa diante dos problemas ambientais decorrentes de suas atividades. Conforme Barbieri, (2007, p. 118), as três abordagens seguintes, também, podem ser vistas como fases de um processo de implementação gradual de práticas de gestão ambiental numa dada empresa.

- Controle da poluição: caracterizada pelo estabelecimento de práticas impeditivas dos efeitos decorrentes da poluição gerada por um determinado processo produtivo, focando

o cumprimento da legislação e atendimento às pressões da comunidade por meio da adoção de ações corretivas;

- Prevenção da poluição: caracterizada pela atuação sobre os produtos e processos produtivos com vistas a prevenir a geração de poluição; focando o uso eficiente dos insumos através de ações corretivas e preventivas;
- Abordagem estratégica: caracterizada por tratar os problemas ambientais, como uma das questões estratégicas da organização. Com foco na competitividade, as ações são corretivas, preventivas e antecipatórias.

No final da década de 80 e começo de 90 com o novo pensamento da sociedade devido a vários acidentes ambientais ocorridos e de legislações específicas que entraram em rigor, as empresas começaram a ter uma preocupação referente a sua própria imagem (Valle, 2002). Nessa época surgiram novos programas para que a organização passasse a ter uma atitude proativa, isto é, prevenir os resíduos e não apenas tratá-los. Em 1989, A Produção Mais Limpa foi lançada pela *United Nations Environment Program* (UNEP) e pela *Division of Technology, Industry and Environment* (DTIE) como sendo a aplicação contínua de uma estratégia integrada de prevenção ambiental e eficiência nos processos, produtos e serviços (Giannetti & Almeida, 2006).

Em 1994 a *United Nations Industrial Development Organization* (UNIDO) e o UNEP criaram o programa de Produção Mais Limpa referente à prevenção dos impactos ambientais dentro dos processos, produtos e serviços (CNTL, 2003). A partir daquele ano, vinte e três centros foram estabelecidos nos seguintes países: Brasil, China, Costa Rica, Cuba, República Checa, El Salvador, Etiópia, Guatemala, Hungria, Índia, Quênia, República da Coreia, México, Marrocos, Moçambique, Nicarágua, República Eslovaca, Sri Lanka, República Unida da Tanzânia, Tunísia, Uganda, Vietnã e Zimbábue (UNIDO, 2002). Segundo Coelho (2004) a UNIDO e o UNEP em 1995 o SENAI- Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial- Departamento Regional do Rio Grande do Sul ficou responsável por servir de sede ao Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL), tendo como objetivo disseminar as técnicas de PML para a Confederação Nacional das Indústrias (CNI).

O Centro Nacional de Tecnologias Limpas –CNTL (2003) apresenta uma proposta para aplicação da P+L que pode ser visualizada na figura, onde as ações diretas contemplam redução ou reuso dos resíduos, sendo o nível 1 prioritário nas ações. Ainda segundo o CNTL, a opção

de mudança no produto, apesar de existir, é pouco utilizada, visto a dificuldade que representa, salvo se for durante a fase de concepção, onde ainda não se ganhou o mercado consumidor. A modificação do processo representa a ação mais comum e possibilita reais reduções de custo para a empresa, estando, inclusive, presente em outros programas de ganho de produtividade corporativa.

A Produção Mais Limpa foi criada visando reduzir os riscos relevantes ao meio ambiente e aos seres humanos, e diminuir a geração de resíduos, o consumo energético, de matéria-prima e de água, ou seja, é uma estratégia que ajusta o processo produtivo de modo que a geração/emissão de resíduos seja reduzida, podendo ser realizada com o auxílio de modificações simplificadas e/ou aquisição de novas tecnologias (CIESP, 2013). Esta ferramenta é baseada em abordagens holísticas e preventivas, e pode ajudar para que essa nova forma de controlar os processos, direcione a sociedade para uma visão mais sustentável (Yong et al., 2016), analisando os aspectos relacionados ao funcionamento de uma empresa, identificando as oportunidades de melhoria, tanto em aspectos econômicos quanto no ambiental. As organizações precisam estar cientes de que, por ser uma técnica de aplicação contínua, a P+L mobiliza toda a organização, provocando mudanças culturais em todos os seus níveis hierárquicos (Silva, Moraes E Machado, 2015).

Conforme Milan e Grazziotin (2012) A implantação da tecnologia de Produção Mais Limpa deve ser pautada pela execução das seguintes etapas:

- Obtenção do comprometimento e do envolvimento da alta direção, definição da equipe de trabalho no projeto, determinação da abrangência da P+L na empresa e a identificação de possíveis barreiras e soluções aos problemas encontrados neste estágio; pré-avaliação e diagnóstico;
- Desenvolvimento do fluxograma do processo, avaliando as suas entradas e saídas, determinação do foco de avaliação da P+L na empresa; avaliação da P+L: realização do balanço de massas e de energia do processo, avaliação da viabilidade de implantação da P+L, geração e seleção de opções de P+L;

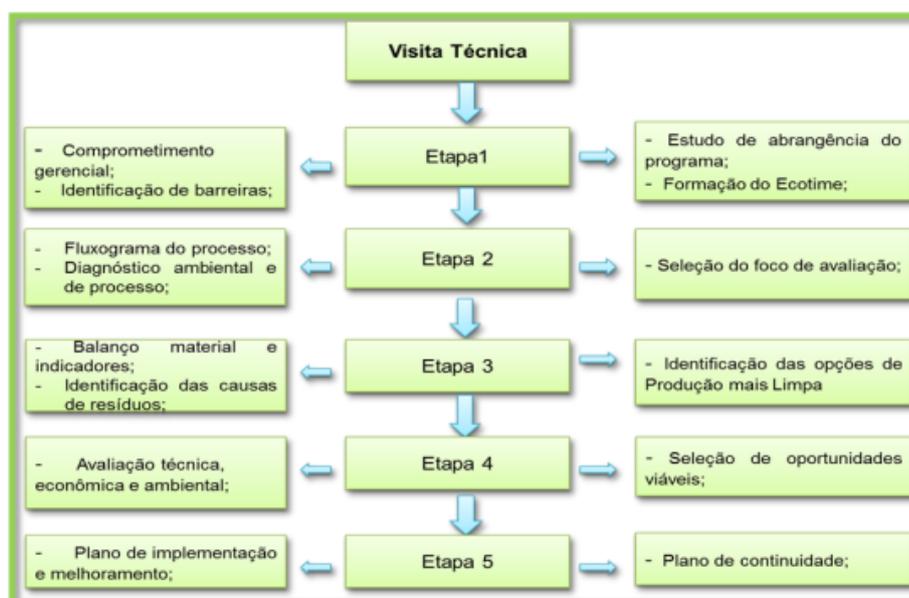
- Estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental: avaliação preliminar, técnica, econômica e ambiental da proposta de P+L quanto ao processo produtivo em estudo e a seleção das opções a serem implementadas;
- Implementação de opções e plano de continuidade: preparação de um plano de implementação e monitoramento das técnicas e a avaliação e sustentação das atividades do programa de P+L desenvolvido.

Para a implementação da ferramenta PML é necessário primeiramente haver uma pré-sensibilização do público-alvo, como empresários e gerentes, pois é através do comprometimento deles que haverá uma melhora do processo na organização. Contudo é na visita técnica à empresa, que será realizada a exposição de casos bem-sucedidos destacando seus benefícios econômicos e ambientais. Segundo a CNTL (2003), alguns itens devem ser salientados: - Reconhecimento da prevenção como etapa anterior às ações de fim de tubo; - As pressões do órgão ambiental para o cumprimento dos padrões ambientais; Custo na aquisição e manutenção de equipamento de fim de tubo; Outros fatores relevantes para que o público-alvo visualize os benefícios da abordagem PML. Após a fase de pré-sensibilização dos empresários e gerentes, a organização já pode implementar a ferramenta por meio de uma metodologia própria ou por meio de instituições especializadas em treinamento para a PML (CNTL, 2003).

Em relação aos custos, segundo o Centro Nacional de Tecnologias Limpas -CNTL (2003), a fase inicial de implantação caracteriza-se por medidas administrativas com pouco ou nenhum custo de implantação, e pode gerar redução de custos muito rapidamente. Na segunda fase, normalmente faz-se um investimento no processo produtivo e os custos acabam aumentando tanto pela necessidade de aporte de investimento quanto pela perturbação inicial natural das adequações implementadas no processo produtivo. Na terceira fase, após a realização do investimento em tecnologia, espera-se que os custos caiam com o incremento da economia que os novos processos tendem a proporcionar.

A implementação dessa ferramenta em um processo produtivo passa por cinco etapas como é ilustrado na figura 1 proposta pelo Centro Nacional de Tecnologia Limpa

Figura 1: Passos para a implementação da PML.



Fonte: CNTL (2003)

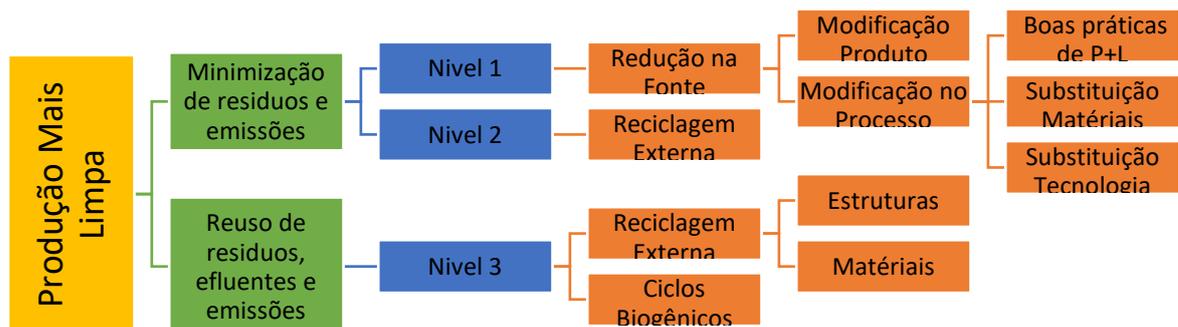
O principal objetivo da etapa 1 é o comprometimento gerencial sólido para garantir com êxito os resultados. Para isso é necessário identificar as barreiras que a empresa possui referente a implantação e buscar um meio para resolver os problemas identificados além de determinar a amplitude do programa na empresa, isto é, se será implantada em apenas um determinado setor ou por toda a empresa pelo *ECOTIME* que é um grupo de profissionais da empresa que tem como objetivo guiar e orientar o Programa de Produção Mais Limpa (CNTL, 2003).

Na etapa 2 é realizada uma análise detalhada de um fluxograma do processo produtivo da empresa, que permitirá a visualização qualitativa de matéria prima, água, energia e resíduos durante o processo produtivo, sendo assim uma ferramenta estratégica de minimização dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos (CNTL, 2003). Após a realização do processo qualitativo, o ECOTIME fará uma pesquisa de dados quantitativos, como por exemplo, quantificação de entradas e saídas, dados da situação ambiental da empresa e dados relacionados à estocagem,

armazenamento e acondicionamento (CNTL, 2003). Contudo todas as informações dos fluxogramas são selecionadas para analisar os níveis de prioridade de cada atividade, isto é, qual a atividade é a mais preocupante considerando os regulamentos legais, a quantidade e toxicidade dos resíduos e custos envolvidos (CNTL, 2003).

Na etapa 3 são levantados os dados quantitativos de entradas e saídas mais detalhados nas etapas das atividades com maior prioridade (foco na atividade). Os itens avaliados auxiliam a comparação qualitativa entre dados existentes antes da implementação do Programa PML e os dados levantados pelo próprio Programa (CNTL, 2003). Em seguida é realizada a identificação das causas da geração de resíduos, o qual são avaliados pelo ECOTIME a causa dos resíduos produzidos na empresa. Na maioria dos casos são: falta de manutenção preventiva, consumo de água e energia não conferidos, uso de matérias primas abaixo do padrão da qualidade, armazenagem e embalagens inadequadas, foco exagerado no lucro sem preocupação na geração de resíduos e emissões, recursos humanos não qualificados, sem padronização das matérias primas, uso de tecnologias de processos ultrapassados (CNTL, 2003).

Figura 2- Opções de ações para implementar a Produção Mais Limpa



Fonte: CNTL, 2003

O nível 1 é o nível prioritário, pois evita a geração de resíduos e emissões. É nesse nível onde poderá incluir modificações tanto no produto quanto no processo (CNTL, 2003).

- Modificação no produto: envolve a aceitabilidade dos consumidores tanto de um produto novo ou renovado. Pode incluir: substituição completa do produto, aumento da longevidade, redução dos números de componentes (CNTL, 2003).
- Modificação no processo: está relacionado todo o sistema e medidas de produção dentro da organização. As medidas podem ser: boas práticas operacionais (good housekeeping) que requer na adoção de procedimentos, técnicas institucionais para a empresa minimizar os resíduos, efluentes e emissões; Substituição de matérias primas que podem afetar a saúde do funcionário e causar um maior aumento de resíduos tóxicos; Modificação tecnológica geralmente é usada para a modificação do processo (novos equipamentos) e conseqüentemente para a redução de custos e resíduos (CNTL, 2003).

Segundo Da Silva et.al (2009, p.5) o nível 2 deverá ocorrer uma “reintegração do processo produtivo dos resíduos que não puderam ser evitados”. Está relacionado a todos os processos de recuperação de matérias primas, que são feitos dentro da planta industrial. Ainda segundo o autor no nível 3 a “adoção de medidas de reciclagem externa ou a deposição de resíduos em local apropriado na impossibilidade de execução dos níveis acima”. Em outras palavras é a recuperação de matérias primas como papel, vidro, apara e a compostagem que é um processo biológico de decomposição de matéria orgânica.

Ao chegar à penúltima etapa de implantação, é realizado uma avaliação técnica, econômica e ambiental das opções PML, tendendo a utilização de forma eficiente as matérias primas, água, energia e outros elementos no processo através da não geração, minimização, reciclagem externa e interna. A seleção de atividades possibilita o levantamento das medidas viáveis de acordo com os critérios estabelecidos pelo ECOTIME. Por fim, na última etapa é delimitada a estratégia para a implementação do nível escolhido pela empresa, monitoramento das medidas a serem implantadas, a qual é dividida em quatro estágios: planejamento, implementação, análise e relatório de dados (CNTL, 2003).

A maior contribuição do conceito de Produção Mais Limpa se dá pela abrangência dos seus quatro princípios, os quais são relevantes do ponto de vista ambiental, social e político. Os princípios da Produção Mais Limpa elencados a seguir foram descritos de acordo com publicação do Greenpeace (2020):

- Princípio da precaução: se há indícios de que determinada matéria-prima ou produto possam vir a oferecer riscos à saúde humana e ao meio ambiente, estes não devem ser utilizados no processo produtivo. De modo que os problemas ambientais devem ser evitados antes que ocorram, baseando-se na cautela como forma de proteger o ambiente e a comunidade. Este princípio considera importante a continuidade e o aprofundamento da pesquisa científica como identificadora de problemas e soluções;
- Princípio da prevenção: relaciona-se com os preceitos da Produção Mais Limpa por defender a noção de prevenção da poluição, substituindo o conceito de controle da poluição. Este princípio tem a proposta de modificar o processo produtivo com o intuito de evitar a geração de resíduos. Também enfatiza o desenvolvimento de pesquisas sobre o uso eficiente da energia e o uso de fontes alternativas menos poluentes (como energia solar e eólica);
- Princípio do controle democrático: devem ser disponibilizados à comunidade informações sobre riscos ambientais dos processos e produtos, bem como informações sobre as emissões industriais, os registros de poluição, e planos de redução de uso de substâncias tóxicas. Este princípio remete, sobretudo, ao acesso à informação e ao direito da população de se envolver na tomada de decisão sobre os impactos produtivos, como forma de preservar a qualidade de vida das futuras gerações;
- Princípio da abordagem integrada e holística: identifica os perigos e riscos ambientais que podem ser minimizados pelo rastreamento completo do ciclo de vida de um produto e de um processo. Impõe que a sociedade deve adotar uma abordagem integrada para o uso e o consumo dos recursos naturais. Sendo essa análise essencial para garantir que materiais perigosos, como o PVC, sejam extintos, e não substituídos por materiais que representem novas ameaças ambientais;

Dentre as principais medidas relacionadas a P+L pode-se citar o recebimento e estocagem de produto, economia de água e minimização de efluentes, uso racional de energia e outras medidas:

- **Recebimento e estocagem de produtos:** Quando a matéria-prima entra na empresa é necessário que a mesma tenha um controle em seu estoque. Avaliar quais são essas matérias-primas e se vieram de acordo com a qualidade e quantidade estabelecida a pedido da empresa;
- **Economia de Água e Minimização de efluentes:** A geração de efluentes é a consequência da água utilizada para a limpeza de produtos que restaram em máquinas e equipamentos relacionados à produção, derramamentos e vazamentos de máquinas, perdas de produtos e seu descarte. Instrumentos como medidores de vazão instalado em cada planta da empresa evita desperdícios e possíveis vazamentos. Outra maneira para a economia da água seria realizando o “balanço de massa” em que é possível comparar dados do que entra e do que sai de água. Reconhecendo as divergências entre os resultados obtidos a empresa terá o conhecimento de suas perdas através de vazamentos e de mau uso (CETESB, 2013);
- **Uso racional de Energia:** Toda planta industrial é consumidora de energia, pois existem vários equipamentos para diversas finalidades como compressores de ar, motores, caldeiras e outros materiais 24 necessários para diversos usos. É de extrema importância que cada planta da empresa tenha energia aprimorada, isto é, sistema de iluminação e ventilação naturais (CETESB, 2013). Outro fator importante que se deve levar em consideração é a aquisição de novos equipamentos e suas energias gastas para que futuramente haja uma redução significativa da mesma o que por consequência irá trazer benefícios econômicos para a empresa;

Tendo em vista os princípios e as distinções descritas, são importantes ressaltar que tanto a “Produção Mais Limpa” quanto a “Produção Limpa” são baseados no princípio da Prevenção da Poluição e ambas defendem a exploração sustentável de fontes de matérias-primas, a redução no consumo de água e energia, e a utilização de indicadores de desempenho ambiental (Coelho, 2004).

Em relação à aplicação da metodologia de Produção Mais Limpa em uma cervejaria requer primeiramente a adoção de boas práticas operacionais capazes de orientar a tomada de decisão, como: monitoramentos, aperfeiçoamentos na produção e dados de consumo de água e energia (Nordheim; Barrasso, 2007). De acordo com Trommer (2014) e Danbrew (2007), a P+L é empregada para reduzir o alto consumo de materiais durante a produção da cerveja. Segundo os autores é possível aplicar a P+L sem o investimento em novos equipamentos, sendo preferível o treinamento dos colaboradores.

Conforme Milan e Grazziotin (2012) a implantação da tecnologia de Produção Mais Limpa deve ser pautada pela execução das seguintes etapas:

- Obtenção do comprometimento e do envolvimento da alta direção, definição da equipe de trabalho no projeto, determinação da abrangência da P+L na empresa e a identificação de possíveis barreiras e soluções aos problemas encontrados neste estágio; pré-avaliação e diagnóstico;
- Desenvolvimento do fluxograma do processo, avaliando as suas entradas e saídas, determinação do foco de avaliação da P+L na empresa; avaliação da P+L: realização do balanço de massas e de energia do processo, avaliação da viabilidade de implantação da P+L, geração e seleção de opções de P+L;
- Estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental: avaliação preliminar, técnica, econômica e ambiental da proposta de P+L quanto ao processo produtivo em estudo e a seleção das opções a serem implementadas;
- Implementação de opções e plano de continuidade: preparação de um plano de implementação e monitoramento das técnicas e a avaliação e sustentação das atividades do programa de P+L desenvolvido.

Exemplos de oportunidades de aplicação de práticas mais limpas em cervejarias são indicadas por Santos (2005), a saber:

- Uso racional da água no preparo do mosto e lavagem das garrafas;
- Sistema de recirculação da água no enchimento das garrafas para evitar a perda de água no processo de envase;

- Garantir o bom isolamento térmico de tubulações, tanques e refrigeradores para reduzir o consumo de vapores nas caldeiras;
- Recuperar o vapor emitido durante a fervura do mosto para pré-aquecer operações seguintes, reduzindo emissões atmosféricas;
- Instalação de válvulas automáticas de controle para reduzir o consumo da água.

Além disso, a implantação da Produção Mais Limpa em uma cadeia de produção de cerveja, vai de acordo com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), mais especificamente os objetivos 12 e 17. ODS de número 12 “Consumo e Produção Responsáveis”, que tem por meta, dentre outras assegurar à sociedade e ao planeta a gestão sustentável e uso eficiente dos recursos naturais, reduzir significativamente a poluição, visando minimizar seus efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente; reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção da poluição, redução, reciclagem e reuso; além de incentivar as empresas, a adotarem práticas sustentáveis. Destaca-se também o ODS 17, “parcerias e fortalecimento dos meios de implementação para o desenvolvimento sustentável”: parcerias, entre os diferentes atores, empresas, governo, sociedade, mercado na busca, através de uma gestão ambiental cooperativa, do uso sustentável dos recursos naturais, da preservação do meio ambiente (UNEP, 2019).

Então, de acordo com Kiperstok et al. (2002) a Produção Mais Limpa vai ao encontro das premissas de produção e consumo responsáveis, parcerias e fortalecimento dos meios de implementação para o desenvolvimento sustentável. De fato, P+L pode ser considerada uma estratégia ambiental para evitar desperdícios de matéria-prima e energia, convertidos em resíduos sólidos, líquidos e gasosos, representando um custo adicional para as empresas.

2.3 Indústria da Cerveja

A cerveja é considerada a bebida alcoólica de maior consumo no mundo e a terceira bebida mais popular de modo geral, perdendo apenas para a água e chá (Nelson, 2014). A cerveja é uma bebida não destilada, obtida da fermentação alcoólica do mosto de cereal maltado, geralmente malte de cevada. É facultativa a adição de outra matéria-prima amilácea ou lúpulo. Pouco se conhece sobre o surgimento da cerveja no mundo, mas estima-se que a produção da cerveja teve seu início por volta de 8000 a.C. Esta bebida foi desenvolvida

paralelamente aos processos de fermentação de cereais. Na Antiguidade, difundiu-se lado a lado com as culturas de milho, centeio e cevado, entre os povos da Suméria, Babilônia e Egito (Mega et al., 2011).

Na Idade Média, século XIII, os cervejeiros germânicos foram os primeiros a empregar o lúpulo na cerveja, conferindo as características básicas da bebida atual. Com a Revolução Industrial, o modo de produção e distribuição sofreu mudanças decisivas. Estabeleceram-se, então, fábricas cada vez maiores na Inglaterra, Alemanha e no Império Austro-Húngaro (Aquarone et al, 2001). De acordo com Mega et al (2011) a cerveja chegou ao Brasil em 1808, trazida pela família real portuguesa de mudança para o então Brasil colônia. Com a abertura dos portos às nações amigas de Portugal, a Inglaterra foi a primeira a introduzir a cerveja na antiga colônia. No entanto, somente há pouco mais de 100 anos a cerveja passou a ser estudada cientificamente e, até hoje, não foi possível esclarecer todas as reações que ocorrem no produto. Por isso o estudo de arte cervejeira ainda é baseado em conhecimentos teóricos e empíricos, que foram sendo acumulados ao longo do tempo (Júnior; Vieira; Ferreira, 2009).

A cerveja é uma das bebidas alcoólicas com o menor teor de etanol. O termo pão líquido, comumente atribuído à cerveja, tem a sua razão (Morado, 2011), já que um litro de cerveja equivale: em carboidratos, a 150 g de pão; em proteínas, a 60 g de pão, 120 g de leite ou ainda 25 g de carne. A cerveja é fácil e rapidamente assimilada pelo organismo, considerada como repositora de eletrólitos, têm 400 kcal/L, o que corresponde a aproximadamente 15 % das necessidades diárias de um adulto. Os sais minerais (Ca, P, K, Zn, Mg) incluídos em sua composição – 0,4 g L⁻¹ – correspondem a 10 % das necessidades de um ser humano. Além disso, ela é rica em vitaminas, sobretudo as do complexo B (B1, B2, B5) (Coimbra et al., 2009). O pH da cerveja é ácido - em torno de 4. Ao contrário das demais bebidas alcoólicas, a cerveja proporciona um aumento da diurese, provocada pelas resinas amargas do lúpulo solubilizadas. A cerveja para consumo é composta por 2 a 6% de extrato residual, 2 a 6% de etanol, 0,35 a 0,50% de dióxido de carbono e 90 a 95% de água. Esses valores variam conforme o tipo de cerveja produzida (De Keukelerie, 2000).

Junto com o surgimento de cervejarias comerciais, muitas regulamentações governamentais foram implementadas. Essas regulamentações impuseram uma variedade de impostos e regras que descreviam como a cerveja tinha de ser produzidas, a duração do processo

de fabricação, a composição necessária da cerveja, e regras que fixam os preços da cerveja. A primeira regulamentação deste tipo para a fabricação de cerveja já tinha sido introduzida em Nuremberg (Baviera) no início do século XIV. Em 1487, uma famosa "lei" cervejeira foi realmente promulgada em Munique na Baviera: a chamada "Reinheitsgebot" (ou "Lei da Pureza"), que sobreviveu até 20 anos atrás. Essa lei estipulava que somente a cevada, o lúpulo e a água poderiam ser usados para produzir cerveja. Durante os primeiros tempos modernos, as superpotências europeias da época (inicialmente Espanha e Portugal, seguidos da Inglaterra, França e Holanda) fizeram viagens ao "Novo Mundo", o que deu outra indicação da importância que os europeus anexaram à sua cerveja (Stubbs 2003).

Convencidos de que a água em territórios recém-descobertos estava poluída, os descobridores europeus levaram a cerveja como uma carga muito importante em seus navios. Os europeus também introduziram métodos de fabricação de cerveja nos territórios conquistados por eles. Em algumas regiões conquistadas, no entanto, como na região sudoeste da América do Norte, eles encontraram nativos americanos que já estavam produzindo alguma forma de "cerveja", feita de milho fermentado (Rabin and Forget 1998).

A produção e o consumo de cerveja aumentaram de forma particularmente acentuada no último trimestre do século XIX e até a véspera da Primeira Guerra Mundial, foi caracterizado como um período de forte queda nos preços globais dos grãos (Swinnen 2009). No início do século XX, os mercados de cerveja da Alemanha, do Reino Unido e dos EUA foram os maiores do mundo e de tamanho semelhante: entre 5 e 7 bilhões de litros cada. Entretanto, a evolução no século XX é caracterizada por crescimento e declínio. Na maioria dos países, a produção de cerveja diminuiu drasticamente no período de 1915-50, mas por diferentes razões. No entanto, o século XX também foi caracterizado por uma forte consolidação na indústria cervejeira. Por exemplo, o número de cervejarias no Reino Unido diminuiu de 6.447 em 1900 para 2.914 em 1920. Nos 30 anos seguintes, o número de cervejarias britânicas diminuiu ainda mais, para 567 em 1950. O tamanho médio de cervejarias britânicas cresceu de 0,9 milhões de litros em 1900 para 2,0 milhões de litros em 1920, e para 7,4 milhões de litros em 1950. Na Bélgica, o número de cervejarias diminuiu de 3.223 em 1900 para 2.013 em 1920, para 663 em 1950. No mesmo período, o tamanho médio da cervejaria belga aumentou de 0,45 milhões de litros em 1900, para 0,51 milhões de litros em 1920 e 1,5 milhões de litros em 1950 (Persyn et al,2010).

Como resultado, no imediato após a guerra, muitas cervejeiras se fundiram ou se concentraram devido aos investimentos necessários para reequipar e modernizar. Outras cervejarias expandiram suas atividades produzindo água mineral e vários tipos de limonada. A produção destes tipos de bebidas sem álcool não representa altas exigências técnicas e houve substancial economia de custos através de economias de escala na distribuição das bebidas, o que poderia acontecer através dos mesmos canais. Nos EUA, o número de cervejarias diminuiu de 1.816 cervejarias em 1900 para 1.345 em 1915. O tamanho médio das cervejarias americanas cresceu de 2,6 milhões de litros em 1900 para 5,2 milhões de litros em 1915. A proibição da venda de bebidas alcoólicas interrompeu este processo. Após o fim da proibição, 756 cervejeiras começaram a fabricar novamente. Em 1940, 684 cervejeiras ainda estavam ativas no mercado americano. e seu tamanho médio aumentou enormemente após a proibição: de 5,9 milhões de litros em 1934 para 9,4 milhões de litros em 1940, para 25,6 milhões de litros em 1950, refletindo um enorme aumento na produção total de cerveja nos EUA: de 4,4 bilhões de litros em 1934 para 10,4 bilhões de litros em 1950 (Stack 2003).

Foram registradas a criação de 50 cervejarias no século XIX, sobretudo depois de meados do século. Dessas,34 estavam localizadas no Rio de Janeiro, 6 em Minas Gerais, 6 em São Paulo, 4 no Rio Grande do Sul, 2 em Santa Catarina, 2 no Paraná e 1 em Belo Horizonte. Em geral as cervejas eram produzidas artesanalmente em oficinas de fundo de quintal com instrumentos simples e trabalho familiar, ou empregando de 2 a 18 trabalhadores em média. Algumas fábricas tiveram origem em oficinas maiores, como é o caso das cervejarias Brahma e Antártica. A Brahma apresentava 32 trabalhadores quando foi criada em 1888, e a Antártica criada alguns anos antes, em 1885 já possuía 200 trabalhadores (Portal Cervesia, 2013).

Em 1904 a Cervejaria Brahma fundiu-se com sua concorrente a Cervejaria Teutônia, criada por Preiss Haussler em Mendes, Rio de Janeiro no início do século XX. E, a Antartica adquiriu sua concorrente em São Paulo, a Cervejaria Bavária. Em 1921 a Cervejaria Guanabara (uma das mais antigas do país) foi adquirida pela Brahma. No Rio Grande do Sul o processo de concentração também foi presente, as Cervejarias Bopp, Sassen e Ritter fundiram-se e criaram a Cervejaria Continental. No entanto, a expansão da indústria cervejeira foi viabilizada pela melhora dos transportes que criava uma maior integração entre as regiões, em especial nas regiões mais distantes dos maiores centros urbanos. A Cerveja Brahma passou a ser

engarrafada (Brahma Chopp) em grande escala, tornando-se a cerveja mais consumida no país. Passou de uma produção de 8 milhões de litros em 1910 para 30 milhões de litros em 1934. Porém, a produção total da bebida em valores foi decrescente no decorrer da década, passando de R\$ 79.273 mil em 1929 para R\$ 57.818 em 1930 e R\$ 45.455 mil em 1931, alcançando R\$ 14.109 mil em 1939. Fato que pode ser explicado pela pressão norte-americana sobre o intercâmbio comercial brasileiro com a Alemanha. Portanto, em decorrência da dificuldade de acesso à matéria prima e ao encarecimento dessas, muitas cervejarias fecharam as portas nos anos 30 e 40 (PORTAL CERVESIA, 2014).

De acordo com Limberger (2016) o crescimento da produção de cerveja a partir dos anos 40 foi beneficiado pela política do governo Dutra, as quais giraram em torno de atender a demanda de matéria-prima e bens de capital no mercado nacional com liberalização das importações. Em 1947, foi adotado o sistema de contingenciamento às importações, baseado na concessão de licenças prévias para importar, de acordo com as prioridades do governo, subsidiando, então, matérias-primas necessárias para a produção nacional, como o malte e o lúpulo. Contudo, a produção de cerveja teve crescimento de 159% de 1939 a 1949 chegando a 5.000 milhões de hectolitros em 1949.

Ainda de acordo com Limberger (2016) na década de 1990, o crescimento da produção foi de 39%, no primeiro quinquênio o crescimento foi de 45% e no segundo foi negativo de 4%. Esse crescimento da primeira metade da década pode ser atribuído ao amadurecimento dos investimentos realizados na década anterior. No entanto, nos anos 90 a economia cervejeira enfrentou forte processo de reestruturação produtiva. Isso se deve a saída para o mercado externo nos anos 80 que demonstrou que era necessário reorganizar-se para enfrentar a concorrência das empresas que dominavam o cenário mundial, a reorganização produtiva esteve pautada nos processos de automação e na informática, processos já disseminados na indústria dos países desenvolvidos. A introdução de novas tecnologias foi acompanhada pela ampliação das fábricas a fim de atingir melhores vantagens com as economias de escala e, também, se passou a substituir e diversificar embalagens e a inserir novas cervejas no portfólio, sobretudo, aquelas oriundas de acordos estabelecidos com cervejarias internacionais para a venda no país. Em meio a esse processo de expansão e concentração de capital realizado pelas

empresas líderes, começaram a aparecer, no mercado nacional, pequenas fábricas de produtos diferenciados de alto valor agregado.

Por fim Limberger e Espíndola (2018) demonstram que com a intensificação da concorrência no mercado interno e externo, a Brahma e a Antarctica fundiram-se em 2000, fundando a Companhia Ambev-Bebidas das Américas/American Beverage Company, que passou a controlar mais da metade do mercado cervejeiro do país. Entretanto, a indústria cervejeira nacional não resistiu à competitividade das grandes empresas de capital europeu. Depois de diversos movimentos de fusões e aquisições no continente europeu, as grandes empresas cervejeiras que rumavam para a periferia do sistema encontraram um contexto favorável para adquirir cervejarias no Brasil.

O brasileiro consome em média 68 litros de cerveja por ano, mostrando o quanto o país está envolvido neste mercado. Em relação ao segmento produtivo cervejeiro, atualmente o país ocupa a terceira posição no ranking dos maiores produtores com uma média 13 bilhões de litros de cerveja ao ano. Em 2021 o país alcançou a marca de 1.384 cervejarias registradas em Unidades da Federação, como afirmam Marcusso e Muller (2019).

Em relação a produção de cerveja, esta pode ser classificada em diferentes tipos, de acordo com o volume e a variedade produzidos, como por exemplo a produção industrial de cerveja marcada por uma padronização dos produtos criados, com forte uso de maquinários na produção, ampla distribuição de seus produtos e produzem acima de 1 bilhão de litros/ano. Já as micro cervejarias são negócios cervejeiros que tendem a produzir cervejas com características regionais e/ou a criação de um produto de qualidade superior, e produzem acima de 200 milhões de litros/ano. A produção artesanal, na visão do autor, necessita ser independente, tradicional e que não seja muito grande. Ademais, para ser artesanal não pode ter mais de 25% de seu capital em mãos de grupos empresariais do setor de bebidas. Por fim, a Homebrewing (cerveja caseira) é a bebida produzida e consumida com maior responsabilidade e consciência, dando maior prazer aos seus consumidores (Morado, 2011).

As cervejas são classificadas em cinco itens na legislação brasileira (Decreto nº 2.314, de 4 de setembro de 1997, e Lei nº 8.918, art. 66, de 14 de julho de 1994) de acordo com Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação das cervejas no Brasil.

Classificação das cervejas no Brasil	
1. Pela fermentação	
<ul style="list-style-type: none">• Alta fermentação (12-15°C)• Baixa Fermentação (5-10°C)	
2. Extrato Primitivo	
<ul style="list-style-type: none">• Leve (Acima de 5% até 10,5% em massa)• Comum (Acima de 10,5% até 12,5% em massa)• Extra (Acima de 12,5% até 14% em massa)• Forte (Acima de 14% em massa)	
3. Cor	
<ul style="list-style-type: none">• Clara (Menos de 20 unidades EBC - European Brewery Convention)• Escura (20 ou mais unidades EBC)	
4. Teor alcoólico	
<ul style="list-style-type: none">• Sem álcool (menos de 0,5% em volume de etanol)• Alcoólica (Igual ou superior a 0,5% em volume de etanol)	
5. Teor de extrato	
<ul style="list-style-type: none">• Baixo (até 2% em massa)• Médio (2% a 7% em massa)• Alto (mais de 7% em massa)	

Fonte: (Jorge, 2004).

Elzinga et al., (2015) cita que muitos produtores de cerveja interromperam a produção de cerveja escura e começaram a produzir cervejas 'diet' ou 'light'. Estas cervejas, fabricadas

com mais água em relação ao lúpulo e grãos e com uma enzima chamada amiloglucosidase-adicionada durante a fermentação - contém menos álcool, menos calorias, e menos carboidratos do que as cervejas "regulares". Entretanto, o crescente domínio da lager cada vez mais padronizada e cervejas leves produzidas por cada vez menos empresas cervejeiras levou a um contramovimento nos últimos 25 anos.

De acordo com Jorge (2004), quanto aos tipos de cervejas alcoólicas produzidas, as principais são:

- **Tipo Lager** - Estas são as cervejas mais consumidas no mundo, responsáveis por mais de 99% das vendas de cerveja Originárias da Europa Central no século XIV, são cervejas de baixa fermentação (fermentação a frio - de 5 a 10 °C), com teor alcoólico geralmente entre 4 e 5%. Os subtipos principais de Lager são: *Pilsener* (pilsen ou pils) No Brasil, o consumo da pilsener – a que mais se adequa ao nosso clima – chega a 98 % do total; *Bock* – essa cerveja também tem grande aceitação mundial por ter um sabor mais forte e encorpado (menos adjuntos são empregados) e é geralmente de cor escura por usar malte torrado e caramelado; *Ice* –Depois de fermentada, sofre um resfriamento a temperaturas abaixo de 0 o C (ice process), quando a água se transforma em finos cristais de gelo. No estágio seguinte, esses cristais são retirados, obtendo-se uma cerveja mais forte e refrescante; *Malzebier* – cerveja escura e doce, de graduação alcoólica na faixa de 3 a 4,5 %, é famosa no Brasil. *Munchner Dunkel* – são cervejas escuras avermelhadas (proveniente do malte tostado), produzidas originalmente em Munique, daí o seu nome;
- **Tipo Ale** - O que a difere das Lager é o tipo de fermentação, que é feita em temperatura mais alta, geralmente entre 12 e 15 °C. É um processo antigo, o que fez com que essas cervejas fossem as únicas disponíveis até meados do século XIX, quando foi desenvolvida a fermentação a baixa temperatura. Face à fermentação quente, os sabores das cervejas ale são incomparavelmente mais perceptíveis (encorpadas). Os subtipos da Ale são: *Stout*: feita com cevada torrada (maltes escuros), o que explica sua cor escura e possui um sabor que associa o amargo do lúpulo ao adocicado do malte. É elaborada com extrato primitivo de 15 % e seus teores de etanol (4-6%) e extrato são elevados; *Porter* é uma cerveja mais suave, pois normalmente contém 1 a 2 % a menos de etanol;

Weissbier (cerveja de trigo): feita à base de trigo, mas pode conter milho e mesmo frutas. Cervejas claras, bastante refrescantes e de graduação alcoólica na faixa 5 – 6 %, são opacas porque normalmente não são filtradas após a fermentação e a maturação. Produzem, em geral, uma espuma densa e persistente;

- **Cervejas sem álcool** - Apesar desta ser uma cerveja com propriedades físico-químicas e sensoriais diferentes das tradicionais, os processos tecnológicos empregados na fabricação são basicamente os mesmos da cerveja comum (Jorge, 2004). A principal etapa a ser controlada é a fermentação para evitar a produção de etanol acima de 0,5 %, e o principal cuidado na parte sensorial é o teor de amargor (devido aos alfa-hidroxiácidos) que deve ser mais acentuado na cerveja sem álcool, o que se consegue com a dosagem de lúpulo durante a fabricação. Quanto mais suave o paladar da cerveja, mais complexo é o processo tecnológico empregado na fabricação. A maioria das empresas utiliza a tecnologia de fermentação interrompida devido à praticidade e ao baixo custo desse processo.

2.4.1 Indústria da Cerveja Artesanal

O termo "cervejaria artesanal" surgiu como um mão curta para empresas menores e independentes que empregam processos de produção tradicionais (em oposição às práticas industriais de macros); dar ênfase à qualidade, sabor e diversidade; e produzir quantidades limitadas (Hieronymous, 2016). Originalmente, o termo "microcervejaria"- que já era usado no Reino Unido no final dos anos 70, usado para descrever o tamanho das cervejarias produzindo esses tipos mais antigos de cerveja, ou seja, cervejarias com uma produção de cerveja entre 5.000 e 100.000 barris por ano. Muito rapidamente, porém, o termo foi usado para denotar uma nova abordagem da cerveja, que, em vez de competir com base em preços baixos e publicidade, tentou competir com base nas características inerentes ao produto, levando a uma maior qualidade e diversidade do "produto final da cerveja", ou seja, em termos de sabor, sabores adicionados, o frescor dos ingredientes. Quando este tipo de "micro cervejaria" se tornou mais popular também nos EUA, a foi utilizada para as cervejarias americanas que adotaram a "filosofia cervejeira" e que produziam menos de 15.000 barris de cerveja por ano (Stack 2003).

Para Adams (2006) a revolução da cerveja artesanal foi precedida por um longo período de consolidação e homogeneização da cerveja global. A indústria começou no final do século XIX ou início do século XX e durou a maior parte do século XX. As cervejarias se fundiram, foram adquiridas, faliram ou simplesmente pararam de produzir. Na Bélgica, o número de cervejarias diminuiu de mais de 3.000 em 1900 para 143 em 1980. Esta consolidação foi ainda mais extrema nos Estados Unidos, onde o número de macro cervejarias caiu de 421 em 1947 para apenas 10 em 2014, e alguns estilos de cervejas dominaram um mercado cada vez mais homogêneo.

As razões para esta consolidação são bem conhecidas, primeiro o progresso tecnológico - como a produção automatizada; a aceleração do empacotamento; a fabricação mais automatizada de cerveja, fermentação e processos de condicionamento; e melhor distribuição através de redes viárias melhoradas - conduzidas a maiores economias de escala (Adams, 2006). Em segundo lugar, as cervejas fermentadas de fundo (Lager) - que foram introduzidas na primeira parte do século XX - têm custos fixos mais altos do que as cervejas fermentadas (ales) porque requerem resfriamento artificial durante a fermentação e um tempo de maturação mais longo. Isto causou uma menor cervejeiras que utilizam cervejas fermentadas de fundo para sair do mercado.

Outra questão estava relacionada a publicidade e promoção em larga escala e atividades que levaram a aumentos nos custos de publicidade. Cervejeiras com uma operação em larga escala (em termos de produção e disponibilidade geográfica) puderam anunciar através de pontos de venda caros, como a televisão comercial, tem uma vantagem comercial significativa (George, 2011). Em quarto lugar, as fusões e aquisições globais contribuíram para uma dramática consolidação da indústria da cerveja nos anos 90 e 2000, criando multinacionais globais que dominam o mercado: AB Inbev, SABMiller, Heineken e Carlsberg (Swinnen, 2011).

A partir dos anos 90, começaram aparecer no Brasil pequenas cervejarias de produção artesanal, as quais produziam em pequena quantidade voltada ao mercado local e regional. Grande parte delas, não filtrava, pasteurizava e nem engarrafava a bebida, a qual era envasada em barril e vendida nos bares da própria cidade ou no próprio bar, o qual se localizava junto à fábrica. Dentre esses destacam-se aqueles que começaram a produzir cerveja em casa para

consumo próprio acumulando conhecimento sobre o assunto. Desse modo, a iniciativa de produzir cerveja para o mercado, de forma geral, veio de um grupo de cervejeiros caseiros. Em um grupo bastante significativo de micro cervejarias, o capital inicial investido na criação da empresa é oriundo de outros negócios industriais, sendo a atividade cervejeira uma forma de diversificar os negócios da família. Nesse grupo, podemos citar as cervejarias: Bierland, Mistura Clássica, Colorado, Burgerman, DaDo Bier e Insana (LIMBERGER, 2016).

O crescimento das cervejarias artesanais tem surgido como uma resposta às marcas e gostos de macro padrões como Anheuser-Busch e MillerCoors, especializados no padrão estilo americano da lager pálida (Tremblay & Tremblay, 2011). Ao mesmo tempo, o setor também se beneficiou com a experimentação, inovação e criatividade do movimento das cervejarias caseiras que explodiu após a legalização da administração Carter do hobby em 1978 (Elzinga, Horton, & Tremblay, 2015). Em 1990, os cervejeiros por hobby se tornaram empresários impulsionando uma indústria onde o número total de empresas tinha mais do que o dobro em uma única década, a escala e o alcance das cervejas artesanais tinham transformado a paisagem monocromática da cerveja norte-americana em um estrutura baseada em marketing que procurava diferenciar as lagers pálidas e onipresentes de um mundo definido pelos mais diversos locais e linhas de produtos regionais, que agora incluíam cervejas, stouts, sours, IPAs, e bitters (Siegel, 2013). Além disso, a escala de produção é muito menor e a linguagem das "microcervejarias" e dos "pubs de cerveja" tem se familiarizado com os consumidores dos países.

O mercado brasileiro de cerveja artesanal reproduziu tendências semelhantes às dos Estados Unidos, onde o produto se desenvolveu a partir da década de 1970 e responde atualmente por 10,2% do total de cervejas vendidas (Antunes, 2015). Primeiramente, as cervejas importadas apresentaram, aos consumidores de ambos os países, uma grande variedade de estilos, o que facilitou o interesse por esse produto (Hindy, 2014). Posteriormente, as cervejarias artesanais passaram a fazer uso de ingredientes locais dando origem a novos estilos e abrindo caminho para a produção local (Hieronymus, 2016), esse aumento das iniciativas e do número de microcervejarias na virada dos anos 2000, movimentou o mercado brasileiro.

A fabricação de cervejas artesanais brasileiras tem crescido exponencialmente nos últimos anos, de acordo com Mezzadri (2018) em 10 anos o Brasil cresceu de 70 para 700

cervejarias, obtendo registro formalizado, fechando o ano de 2021 com 1.383 cervejarias em atividade operacional. Ainda de acordo com o autor, apesar do crescimento, o mercado de cervejas artesanais continua pequeno em comparação ao de bebidas em larga escala, sendo estimado que tenha entre 1% e 2% de participação neste mercado. No entanto, apesar do rápido crescimento, o mercado da cerveja artesanal ainda ocupa pequena parcela dos consumidores, devido a algumas dificuldades, tais como a democratização da cerveja artesanal, abrindo assim possibilidades para uma maior expansão.

Segundo Limberger (2016) a produção de cerveja das microcervejarias e das cervejarias artesanais, no século XXI, se diferencia da produção realizada do final do século XIX e início do século XX, pela quantidade de tecnologia empregada, pela facilidade de transportar a bebida e, até mesmo, pelas matérias-primas utilizadas. A produção de cerveja realizada no Brasil, nos primórdios de sua industrialização, contava com rudimentares processos produtivos, capazes de produzir apenas cervejas de alta fermentação. Atualmente, até mesmo cervejarias artesanais, que disponham de poucos processos automatizados, possuem refrigeração para realizar a fermentação e maturação de suas cervejas. Além disso, a cerveja elaborada no século XXI conta com a facilidade de importação de matérias-primas como maltes e lúpulos diferenciados e não precisa, necessariamente, ser produzida pelos grãos disponíveis no mercado nacional.

Outro fato mencionado pela autora é que o surgimento das micro cervejarias e da produção das cervejas especiais no Brasil atualmente não está, necessariamente, associada à cultura da colonização europeia, sobretudo alemã, como estavam as empresas que surgiram no final do século XIX. Embora algumas empresas tenham ressurgido atualmente, como por exemplo: a Sankt Gallen, fundada em 1812 por imigrantes dinamarqueses; a Opa Bier criada por imigrante suíço no final do século XIX; a Heimat trazida ao Brasil por imigrantes do sul da Alemanha em 1932. Porém, não se pode dizer que a produção cervejeira alemã não influenciou na produção das cervejas especiais, pelo contrário, a escola de cerveja alemã influenciou o movimento dos cervejeiros caseiros, no entanto, esse conhecimento está para além das áreas de colonização alemã, estendendo-se a regiões do país onde há mercado potencial: litoral de Santa Catarina, São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, principalmente. No norte do País, as micro cervejarias Amazon Beer em Belém/PA e Fellice Manaus/AM, produzem cervejas genuinamente alemãs. Da mesma forma, a cervejaria que leva o nome da cidade alemã

Bamberg, não é oriunda de uma família descendente de alemã, mas fruto de um intercâmbio do empresário com cervejeiros e fornecedores de insumos nesta cidade.

Então, diversos são os motivos para a ascensão das microcervejarias, dentre esses há atributos sensoriais, ligados ao sabor, à cor, ao cheiro, dentre outros, que influenciam na escolha da cerveja artesanal a ser consumida. Há também fatores extrínsecos como a origem, o tipo de produto, a conveniência, a marca, o preço e os aspectos socioculturais, a percepção do alimento com relação à saúde do consumidor, a idade do consumidor, a renda e o sexo que inspiram a busca pela cerveja artesanal a ser tomada (Carrillo; Varela; Fiszman, 2012).

Alguns fatores podem ser citados para aceleração do crescimento da cerveja artesanal, segundo Krohn (2018) esse movimento também teve como aceleradores a abertura de lojas especializadas em cervejas artesanais, além dos clubes de cerveja. Esses surgem a partir de 2011 em um momento em que Brasil já tinha uma presença forte de marcas nacionais e importadas, oferecendo serviços de assinatura com algumas entregas mensais aos participantes com uma variedade de rótulos. Além disso, as empresas de máquinas e equipamentos iniciaram novos projetos para produção em pequena escala; surgiram empresas importadoras de cervejas especiais e de matérias-primas, já que o Brasil somente produz o malte pilsen e tem iniciativas de cursos de preparação de profissionais cervejeiros (Chaves, 2016). Então essa evolução parte inicialmente dos equipamentos que ao longo dos anos 2000 passam a serem produzidos primordialmente para atender essas micro cervejarias, partindo de projetos de menor escopo e espaço e com estruturas simplificadas.

Com esse movimento crescente da cerveja artesanal já é possível agrupar as pequenas empresas produtoras de cerveja em quatro grupos distintos, as quais diferem suas estratégias de produção conforme o interesse do empresário. De acordo com Limberger (2016) o primeiro grupo é composto pelas cervejarias artesanais, as quais se constituem em empresas que produzem em pequena quantidade com pequeno contingente de mão-de-obra para um público bastante limitado, que nem sempre está concentrado no mercado local e regional, seu principal esforço concentra-se na criação de novos produtos para os clientes que já possui. O segundo grupo são aquelas cervejarias dedicadas à produção de cervejas tradicionais, de baixo preço, as quais entram em concorrência com as cervejas “marca combate”, dos grandes grupos no

mercado regional, Tais cervejarias, tendo como estratégia a ampliação da produção com perspectivas de alcançar o mercado nacional, e em alguns casos até mesmo o mercado internacional. E o terceiro grupo é composto por micro cervejarias independentes, as quais estão tanto preocupadas com o aumento da produção quanto com a diversificação dos produtos, consideradas empresas dinâmicas na pesquisa de mercado, na diferenciação de produtos e na tecnologia empregada na produção, ocupando uma franja intermediária, tornando-se concorrente tanto da cervejaria artesanal quanto das cervejas especiais produzidas e/ou comercializadas pelas empresas líderes, a qual domina a terceira categoria da pequena empresa: a micro cervejaria comercial da grande empresa(Limberger, 2016).

2.5 Processo de Fabricação da Cerveja

O processo de fabricação consiste nas seguintes etapas: moagem do malte, mosturação, clarificação, fervura, resfriamento, fermentação, maturação filtração, envase, carbonatação e pasteurização. O processo fermentativo consiste no ponto central para a produção de qualquer bebida alcoólica possuindo como principal objetivo a conversão dos açúcares em etanol e gás carbônico pela levedura sob condições anaeróbicas. A maturação (fermentação secundária) é e importante fator de qualidade, especialmente para a redução da acidez e de compostos indesejáveis, como o diacetil que também é formado como um subproduto da fermentação principal (Calabria et al.,2023)

2.5.1 Insumos da Cerveja

Apesar de serem usadas, existem diversas matérias-primas para a produção da cerveja, tais como frutas, ervas, raízes, bactérias e cereais não maltados. O malte (de cevada), lúpulo, água e levedura são ingredientes tidos como básicos, pois estão presentes em quase todos os estilos, e muitos estilos ainda, possuem somente eles.

2.5.1.1 Água cervejeira

Durante a produção de cerveja pode-se distinguir a água utilizada ou descartada em três tipos. A Água cervejeira (adicionada ao processo), com relação a quantidade de água utilizada nessa etapa não há ainda uma concordância, no entanto Trommer (2011) calcula que no processo de produção de uma cervejaria brasileira, para se produzir 1 litro do produto acabado

de cerveja pilsen, utilizam-se em média 8 litros de água. Outro uso é a água industrial (com mais cloro para ser usada na higienização da indústria) e por último a água de utilidades (para caldeira e refrigeração, com baixo teor de cloro e cálcio). Esta água, ao contrário da água cervejeira, deve ter o pH mais alto.

Sobre a água cervejeira essa corresponde a 93% da cerveja, sendo então assim o principal ingrediente. Essa água deve ser inócua, livre de contaminações e dura (com alto teor de cálcio e magnésio) para servir de nutriente para as leveduras fermentativas. O cálcio presente na água também atuará para trazer açúcar para a cerveja. A água também deve ser clorada, sem presença de ferro. O autor ainda diz que o pH deve ser ajustado para 5,0. Este ajuste é importante para duas finalidades: Para potencializar o efeito do cloro (que deve estar entre 0,1 a 0,2 ppm de cloro livre, pois acima deste valor há formação de cloranfenicol na cerveja) e pelo efeito da ação enzimática, pois as α e β amilases e as proteases presentes nos grãos só atuam em pH baixo (Júnior; Vieira; Ferreira, 2009).

Já em relação ao uso da água no processo de resfriamento Junior e De Barros (2020) explicam que o sistema utilizado para o resfriamento é realizado através de trocadores de calor (circuito aberto com a utilização de água no processo), onde a água que se utiliza nesse processo é descartada, a cada processo produtivo, acarretando assim um consumo excessivo de água. Vale ressaltar que neste processo a água não tem contato com a cerveja (mosto), sua função é resfriar o produto, através dos trocadores de calor.

Indústrias cervejeiras são responsáveis por grande consumo de água, mas também são responsáveis por gerar uma grande carga de efluentes líquidos. De acordo com São Paulo (2005) devido à natureza das operações, tais como fermentação e uma série de operações de limpeza são grandes as vazões de efluentes que são gerados e precisam ser tratados e descartados de forma correta. O autor aponta que esse consumo é diferente para cada etapa do processo de fabricação, sendo dividida em operações de limpeza e desinfecção: 44%; preparo do mosto: 20%; resfriamento: 11%; e outros fins (produção de vapor, doméstico, refeitório, perdas 25%). O autor também destaca que os efluentes derivados da produção cervejeira têm alto teor de poluição orgânica, sólidos em suspensão, além de contaminantes como fósforo e nitrogênio, além disso, aproximadamente 45% da água utilizada na produção são destinadas ao enxágue, e há uma perda de 1 a 5% de cerveja em sua produção, o que significa mais geração de efluentes.

2.5.1. 2 Malte

O malte é resultante do processo artificial e controlado de germinação (malteação) da cevada, cereal da família das gramíneas (gênero *Hordeum*). É cultivada há cerca de 8 mil anos. Reúne várias características que justificam sua utilização na produção de cerveja: é rica em amido, contém enzimas, possui uma casca que confere proteção ao grão durante a malteação e dá o aroma e sabor característicos do produto (Zuppardo, 2010).

Mundialmente, a cevada é o quinto cereal em nível de importância econômica, e tem seu principal uso na indústria cervejeira (De Mori E Minella, 2012), porém, pode-se “maltear” também outras sementes como trigo por exemplo. Maltear significa quebrar a dormência do grão. Todo grão tem gérmen, que tem a função de nutrir o mesmo. O mosto cervejeiro é a solução, em água potável, de carboidratos, proteínas, glicídios e sais minerais, resultantes da degradação enzimática dos componentes da matéria prima, que compõem o mosto (Anvisa, 1997). No Brasil, para que as cevadas possam ser consideradas padrão cervejeiro, devem atender o estabelecido pela Portaria nº 691 de 22 de novembro de 1996 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil – MAPA (BRASIL, 1996), apresentando os seguintes requisitos de qualidade: umidade máxima de 13,0%, proteína máxima 12,0%, poder germinativo mínimo de 95,0%, matérias estranhas e impurezas máximo de 3,0% e grãos avariados máximo de 5,0%.

O grão de cevada deve ser de tamanho grande e relativamente uniforme e de cor uniformemente clara; deve estar livre de manchas escuras e descoloridas. Essas manchas são indicações de ataque de micro-organismos, podendo gerar sabores e odores estranhos; deve ter o mínimo de grãos quebrados e sem casca para aumentar o rendimento da malteação (Silva; Faria, 2008).

Malte de cevada ao chegar na indústria, a cevada seca (4% de umidade) é macerada por doze horas. O processo de maceração consiste em cobrir a cevada com água até o máximo. Depois, a água é escorrida para a produção de cerveja e a temperatura é elevada à 30°C entre 30 e 60 minutos. O grão é então ativado, liberando uma radícula (germinação) externa. Neste momento, interrompe-se o processo, injetando ar frio e seco. Assim, o processo é paralisado, e

só prossegue quando aumentar a umidade novamente. Pode-se também, torrar o grão, como é feito para o processamento de café, caramelizando, produzindo reação de Maillard.

Esse processo melhora a estabilidade da cerveja, porém, por outro lado, haverá indisponibilidade de alguns aminoácidos para a nutrição das leveduras, o que pode levar à formação de certos ésteres que comprometem o buquê da bebida. A ausência do aminoácido valina, leva à formação de diacetil, conferindo um sabor de ranço. Os maltes torrados dão origem às cervejas com cores diferentes. Na Alemanha, é comum a cerveja escura com alto grau de fermentação. Já na Inglaterra, é comum o uso de malte caramelo, que origina cerveja vermelha. Como na Alemanha, a legislação não permite o uso de corantes, os cervejeiros torram o próprio malte para obter a coloração mais escura, porém na dose certa para não comprometer a nutrição das leveduras pela destruição de alguns aminoácidos importantes. O mineral zinco pode também ser usado, com o objetivo de melhorar o desempenho das leveduras.

2.5.1. 3 Lúpulo

O lúpulo (*Humulus lupulus*), distribui-se como planta cultivada, em duas faixas a nível mundial, uma no hemisfério Norte e outra no hemisfério Sul, sendo nestas latitudes cultivadas várias cultivares. De todas as plantas apenas são utilizadas as inflorescências, apresentando estas em função da cultivar, uma composição em ácidos alfa e em aromas próprias destas. O lúpulo cultivado destina-se sobretudo à utilização na indústria cervejeira, sendo que seu uso no fabrico de cerveja deve-se à existência nas flores femininas de uma substância, vulgarmente designada de lupulina. A principal utilização da inflorescência confere a esta o típico gosto amargo e aroma. A incorporação na cerveja pode ser feita sob a forma de vários produtos para além das próprias inflorescências (pellets, extrato). O lúpulo é também utilizado como planta medicinal, sendo incorporado em medicamentos recomendados para insônia, estresse e ansiedade. Os rebentos enquanto jovens são comestíveis e os caules podem ser usados no fabrico de pasta de papel e como fibra têxtil. O lúpulo utilizado na fabricação de cerveja é natural de muitas zonas temperadas da Europa, dos Estados Unidos e da China. O sabor característico do lúpulo é essencial para o impacto organoléptico total da cerveja, a estabilidade do sabor e a retenção da espuma (Silva; Faria, 2008).

De acordo com Rodrigues et al. (2015) o lúpulo (*Humulus lupulus* L.) pertence à família Cannabaceae. É uma planta perene (perde a parte aérea durante o Inverno), de caule volúvel,

dióica (surgem plantas femininas e masculinas) e com idade económica de cultivo superior a 20 anos. A parte subterrânea é constituída por uma estrutura perene, composta de raízes que podem atingir elevada profundidade, raízes especializadas na acumulação de reservas e raízes anuais emitidas a partir da estrutura perene ou da base dos sarmentos. A planta apresenta caules trepadores (sarmentos) que crescem até 8 m de altura em menos de 3 meses. Rebentam anualmente em número de 20 a 40, dependendo do vigor da planta, a partir da parte perene subterrânea. Na fase inicial são de consistência herbácea, de forma tendencialmente hexagonal e movimento de enrolamento dextrogiro. As folhas surgem de forma oposta a nós. São penta lupuladas na base, trilupuladas na parte média e inteiras na parte superior. Os bordos são serrados e apresentam-se pubescentes na página inferior. As inflorescências masculinas são panículas, enquanto as masculinas são espigas curtas, vulgarmente designadas cones. As espigas apresentam uma ráquis central e brácteas e bractéolas a proteger a flor. Os grânulos de lupulina encontram-se na base das bractéolas. Os frutos são aquénios (nas plantações comerciais não devem aparecer pois cultivam-se apenas plantas femininas).

A estabilidade do lúpulo depende de sua variedade, da forma de utilização e das condições de estocagem. O chamado aroma de queijo é associado à estocagem inadequada ou prazo de validade vencido do lúpulo (Dragone et al., 2007) e decorre de volatilização de componentes da chamada resina mole e de oxidação química ou biológica de componentes da resina dura.

2.5.1.4 Levedura

As características de sabor e aroma de qualquer cerveja são determinadas majoritariamente pelo tipo de levedura utilizada. As leveduras responsáveis pela fermentação alcoólica pertencem ao género *Saccharomyces*, e embora existam centenas de espécies de levedos, a maior parte não é apropriada para a produção da bebida. As leveduras são microorganismos unicelulares, que metabolizam os açúcares fermentáveis presentes no mosto cervejeiro, produzindo álcool e gás carbónico. Na produção de cervejas são usadas leveduras pertencentes ao género *Saccharomyces*, organismos sensíveis à temperatura e ao pH do meio, e fundamentais para o aroma final do produto (Bitencourt, 2018).

Os mais popularmente usados são as espécies *Saccharomyces cerevisiae* (Ale) – que produz uma camada de espuma cremosa na superfície dos tanques, e por isso é conhecida como

levedura de alta fermentação – e *Saccharomyces pastorianus* (Lager) – cuja concentração fica no fundo do tanque, com pouca espuma na superfície, sendo então conhecida por levedura de baixa fermentação (Morado, 2017). A partir disso, classificam-se as cervejas como Ale (fermentação de superfície), Lager (fermentação de fundo) e as cervejas de fermentação selvagem. Nas cervejas de fermentação de superfície (Ale), a fermentação acontece em temperaturas entre 15 °C e 25 °C, de três a cinco dias. Elas costumam ser mais densas, mais escuras e de paladar mais acentuado que as Lager, devido a maior quantidade de ésteres e outros compostos aromáticos gerados (principalmente pela temperatura da fermentação). As cervejas de fermentação de fundo (Lager) apresentam uma fermentação a temperaturas entre 9 °C e 15 °C, durante dez a quatorze dias.

Essa baixa fermentação leva a cervejas de aromas menos frutados e condimentados, e que tendem a ser mais douradas, leves e brilhantes (Morado, 2017). Inicialmente, no mosto cervejeiro, as leveduras passam por um período de adaptação ao ambiente (fase lag), dando assim início ao ciclo celular. É uma fase importante para obtenção de leveduras saudáveis, sendo o controle de temperatura e da taxa de inoculação fundamentais. Temperaturas mais altas resultam em mais células e a rapidez do crescimento pode gerar precursores de aromas indesejáveis. Já as altas taxas de inoculação (promovendo uma rápida fermentação e diminuição da fase lag) ou baixa (promovendo um aumento da fase lag) diminuem a vitalidade da levedura (White E Zainsheff, 2010).

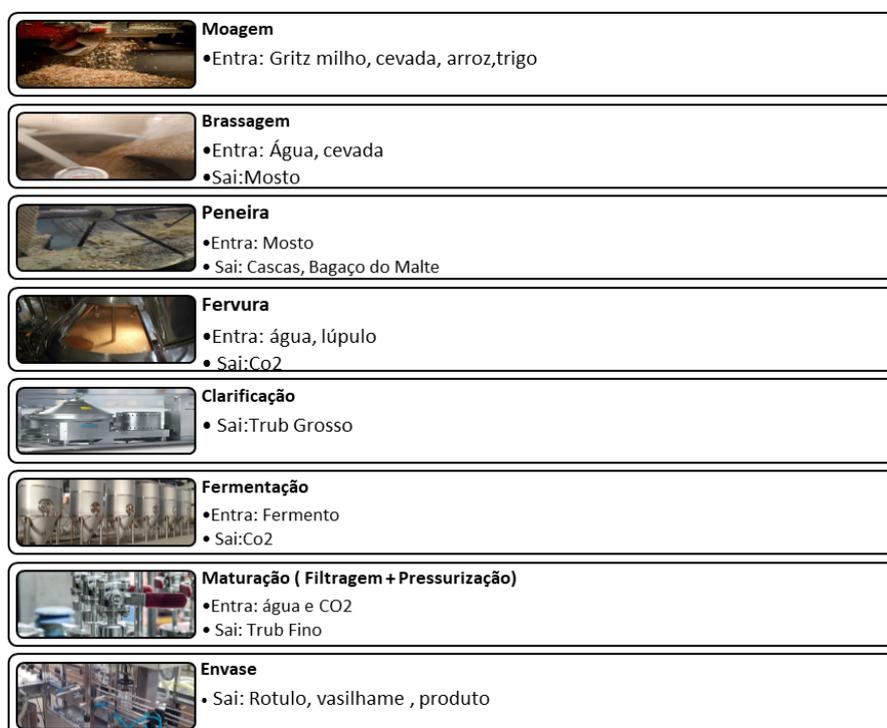
Durante a fase exponencial, a concentração celular pode aumentar até cinco vezes o seu valor inicial. O crescimento celular é acompanhado pela formação de até 45g/L de etanol e 42g/L de CO₂. A conversão de açúcares em etanol é de aproximadamente 85% da conversão teórica. A diferença para conversão teórica representa a proporção de açúcares do mosto utilizados para formação de biomassa e de outros metabólitos. O rendimento do dióxido de carbono é ligeiramente menor do que aquele do etanol, dado que parte do CO₂ é fixado pela levedura em reações de carboxilação (Filho, 2016). Por fim, na fase estacionária o crescimento da população cessa, a atividade fermentativa diminui e as leveduras reabsorvem grande parte dos compostos de aroma indesejáveis, equilibrando assim o aroma final (Palmer, 2006).

2.5.2 Resíduos gerados na produção de cerveja

Em relação a questão ambiental, o setor cervejeiro caracteriza-se como consumidor de água em alta escala, pela natureza de suas operações centradas na fermentação e etapas de limpeza, grande quantidade de resíduos gerados devido à grande vazão de efluentes gerados, além de valores de carga orgânica e sólidos em suspensão. De acordo com Marsarioli (2019) o maior volume de resíduo está no processo de fabricação do líquido, através do bagaço de malte, do trub, que são os resíduos do malte resultante do processo de produção da cerveja, e da levedura cervejeira. No envase, as garrafas de vidro retornáveis representam o tipo de recipiente que mais gera resíduos, principalmente em função dos rótulos e dos cacos de vidros resultantes dos estouros de garrafas em função da pressurização no enchimento e aquecimento no processo de pasteurização. As duas áreas produtivas, processo e envase, têm grande consumo de água, principalmente na limpeza e energia (elétrica e térmica).

No processo cervejeiro, os resíduos sólidos são gerados nas etapas de filtragem, envase e tratamento de água e efluentes líquidos (Ferrari, 2008) como se pode observar na figura abaixo. Olajire (2012) faz uma abordagem quanto aos principais resíduos gerados na produção da cerveja: água, bagaço de malte, Trub e Levedura como é possível ver na figura 3.

Figura 3 – Resíduo no processo de produção de Cerveja



Fonte: Adaptado de Olajire (2012)

Segundo o autor, a água é a mais representativa (com cerca de 90 a 95% da massa total) e possui participação praticamente em todas as etapas do processo produtivo, quer seja por matéria-prima, quer por insumo. Sobre o indicador usualmente empregado, o consumo médio de água nas cervejarias situa-se entre 4 e 10 m³/m³ de cerveja produzida, mas este índice depende substancialmente das características dos equipamentos e processos produtivos. As lavadoras de vasilhames retornáveis, utilizadas nos vasilhames descartáveis, representam as fontes de maiores perdas - em função da evaporação nos processos de aquecimento e nos procedimentos de limpeza da fábrica. A classificação dos resíduos identificados na Cervejaria é estudada conforme a metodologia descrita na norma ABNT NBR 10.004. O resíduo úmido foi classificado como Classe II A (Brochier; Carvalho, 2009), estes autores ainda descrevem que nas condições brasileiras de processo, predomina a geração do resíduo úmido em relação ao resíduo seco e prensado, uma vez que o processo de secagem se torna inviável, ver Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação ABNT NBR10.004 dos Resíduos sólidos

Resíduo	Classificação ABNT NBR10004
Bagaço de Malte	II A
Varredura de Malte	II A
Trub	II A
Levedura	II A

Fonte: Adaptado Marsarioli (2019)

Os resíduos sólidos gerados no processo são os grãos utilizados, excesso de levedura, trub (grosso e fino), resíduos de envase (pasta celulósica e garrafas quebradas) e terra Diatomácea (Ramukhwatho; Seetal; Pienaar, 2016).

- **Grãos**

Principal subproduto da indústria cervejeira, representando aproximadamente 85% dos subprodutos gerados, é rico em celulose e polissacarídeos não celulósicos e tem um forte potencial para ser reciclado (Aliyu; Bala, 2011). O descarte desses resíduos no meio

ambiente resulta em uma série de transtornos para o ecossistema, devido à sua rica composição em matéria orgânica (Mathias; Melo; Servulo, 2014).

- **Bagaço de malte**

Gerado após a etapa de mostura e esgotamento dos grãos de malte moídos, quando já foram extraídos todos os compostos solúveis de interesse para constituição do mosto doce e sua clarificação, durante a qual o bagaço exerce importante papel como torta filtrante. Este resíduo constitui o resíduo sólido de maior quantidade gerado no processo cervejeiro (cerca de 85% do total), sendo produzido em grandes volumes ao longo de todo ano, com baixo ou sem custo algum para sua aquisição, apresentando elevado valor nutricional (Aliyu e Bala, 2011). Em geral, para cada 100 kg de grãos processados, são gerados 125 a 130 kg de bagaço úmido, com cerca de 80 a 85% de umidade, o que corresponde a cerca de 14 e 20 kg de bagaço para cada hectolitro de cerveja produzida (Fillaudeau et al., 2006).

- **Levedura**

A levedura cervejeira é o bioagente responsável pela conversão do mosto em cerveja. Em geral, durante a etapa de fermentação, a massa de levedura tende a se multiplicar entre 3 e 5 vezes no reator (Briggs et al., 2004). Quando a fermentação é encerrada, segue-se um período de repouso a baixas temperaturas, durante o qual ocorre a precipitação da grande massa de células, que deve ser removida. Prática comum da indústria cervejeira é reutilizar a massa de células geradas para inoculação de novos tanques de fermentação, contudo, há limitação do número de reutilizações, de forma a manter a qualidade da bebida. Dessa maneira, ao se esgotar a possibilidade de reciclo de células, estas devem ser eliminadas do processo, gerando novo resíduo sólido, que ocupa o segundo lugar em volume de produção, em torno de 1,5 e 3 kg (com 85 a 90% de umidade) para cada 100 L de cerveja produzida (Olajire, 2012; Ferreira et al., 2010; Fillaudeau, et al., 2006).

Biomassa de levedura *Saccharomyces* torna-se o segundo principal subproduto da indústria cervejeira (Ferreira et al., 2010). No processo de produção da cerveja, através

da sedimentação, pode ser recuperado o excedente das leveduras, entretanto apenas parte deste lote pode ser reaproveitado para o cultivo da espécie (Olajire, 2012). Pode ser considerado valioso como matéria prima, no entanto, ainda é subutilizado, principalmente na alimentação de suínos e ruminantes (Ferreira et. al, 2010). (Mathias; Melo; Servulo, 2014). Segundo Brewers Association (2018) as leveduras possuem mais de 40% de proteínas sendo adequadas para este uso.

- **Trub**

Palavra alemã que significa borra, é definida como a matéria morta composta pela decantação dos restos cervejeiros, que deve ser retirada da cerveja por causar aromas e sabores desagradáveis. É predominantemente resultante da coagulação de proteínas com alta massa molar, porém pode conter mais substâncias que o acompanham no processo de decantação (Mathias; Melo; Servulo, 2014). O trub grosso e o trub fino, o primeiro retirado através do whirlpool (processo de mistura ou redemoinho feito no mosto ainda quente a fim de ajudar na decantação de partículas) na primeira fase de filtração e o segundo na última etapa de filtração juntamente com a terra diatomácea. O trub quente é o segundo resíduo sólido gerado no processo cervejeiro, durante a etapa de cocção do mosto. É resultante, predominantemente, da coagulação de proteínas, principalmente de elevada massa molar, cujas moléculas tendem a perder água de solvatação por ação do calor, o que promove sua desnaturação. Contudo, outras substâncias podem estar presentes, devido à sua participação na formação destes complexos ou devido ao arraste durante sua deposição. Além da coagulação proteica, a presença de cátions, principalmente Ca^{2+} , de compostos do lúpulo que apresentam baixa eficiência de solubilização, de polifenóis e de carboidratos não totalmente hidrolisados na mostura, também irão influenciar a formação do trub (Priest e Stewart, 2006; Barchet, 1993). Em geral, formam-se entre 0,2 e 0,4 kg de trub úmido (80 a 90% de umidade) para cada hectolitro de cerveja produzida (Briggs et al., 2004).

Junior e De Barros (2020) ao descrever sobre o processo de fabricação de cerveja cita que este inicia a partir da entrada da cevada malteada (a primeira matéria-prima de entrada, consiste no grão denominado de malte), a cevada é transportada por um sistema de tubulação

pelo interior da fábrica, chegando à máquina de moagem (moinho), onde é adicionado 0,5 L de água/litro de cerveja nesse processo. Num segundo momento, no processo de mosturação (mostura), consiste em adicionar uma grande quantidade de água ao malte moído (2 L /litro de cerveja), sendo então submetido a diferentes temperaturas por períodos determinados. Como resultado, obtém-se uma solução denominada mosto. Ainda segundo o autor supracitado, ocorre o processo chamado de filtração que consiste na separação do mosto líquido do bagaço de malte. Após a filtração do mosto, a etapa seguinte conhecida como fervura, adiciona-se 0,5 L de água/litro de cerveja, juntamente com o lúpulo. Nesse processo o mosto deverá ser submetido à fervura intensa, trazendo aroma e sabor. Depois o mosto passa pelo processo de resfriamento que é necessário para que atinja a temperatura desejada para a fermentação. Nesse processo há um grande consumo de água, 2 L de água/litro de cerveja.

Ainda de acordo com Junior e De Barros (2020) o próximo processo é conhecido como fermentação, consiste basicamente na transformação da levedura em açúcares, em dióxido de carbono e etanol. Já no processo de maturação ocorre a retirada das leveduras. No processo de filtração da cerveja cuja função principal é eliminar quase totalmente as leveduras que ainda restam no final da maturação. Outro processo consiste no envase ou na fase de embalagem e despacho ao consumidor final, que consiste inicialmente na lavagem, utilizando uma solução de soda cáustica diluída em água. Esse processo consome 2 L de água/litro de cerveja.

Após a lavagem, passa-se para a etapa conhecida como inspeção das garrafas, onde se analisa o estado físico de cada garrafa, seguido pelo processo de enchimento, sendo colocada rolha metálica e enviada para a pasteurização. Já no processo de pasteurização consiste em aquecer a bebida, por um período curto, com o intuito de eliminar os micro-organismos. Esse processo acarreta a utilização de 1 L de água/litro de cerveja. Após a pasteurização, a garrafa é rotulada, encaixotada em caixas de plástico, paletizadas e retiradas do processo via empilhadeira para o depósito de cerveja (Junior;De Barros,2020)

- **Resíduos de Envase**

Ainda no processo de produção encontram-se os resíduos não orgânicos. Outros resíduos sólidos como a polpa de etiqueta proveniente da lavagem de garrafas retornáveis, vidros quebrados, papelão e tampas de garrafas (Olajire, 2012). Segundo Briggs et al. (2004) o processo de lavagem é a parte mais crítica do processo de retorno

das garrafas, devido à sua composição após o processo elas são secas e destinadas para incineração ou aterros sanitários. Contudo, tanto a pasta celulósica quanto garrafas quebradas podem ser destinadas para empresas de reciclagem após agregados por espécie. Outro exemplo de aplicação pode ser encontrado em Ambev (2018) que faz uso dos cacos de vidro para a produção de novas garrafas no próprio ambiente industrial.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa científica pode ser classificada por diversos critérios de qualificação, de acordo com Vergara (2000) essas podem ser divididas quanto à natureza, objetivos, abordagem e procedimentos da pesquisa. A presente pesquisa no geral pode ser classificada quanto à natureza como aplicada, que segundo Thesaurus (2016) a pesquisa aplicada é dedicada à geração de conhecimento para solução de problemas específicos, é dirigida à busca da verdade para determinada aplicação prática em situação particular.

Quanto aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como descritiva de acordo com Gil (2002) há pesquisas que, embora definidas como descritivas com base em seus objetivos, acabam servindo mais para proporcionar uma nova visão do problema, o que as aproxima das pesquisas exploratórias. Já quanto abordagem a pesquisa se classifica como qualitativa que para Bogdan & Biklen (2003), o conceito de pesquisa qualitativa envolve cinco características básicas que configuram este tipo de estudo: ambiente natural, dados descritivos, preocupação com o processo, preocupação com o significado e processo de análise indutivo. Por último, o estudo é classificado como estudo de caso que é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos (Yin, 2001 p. 33).

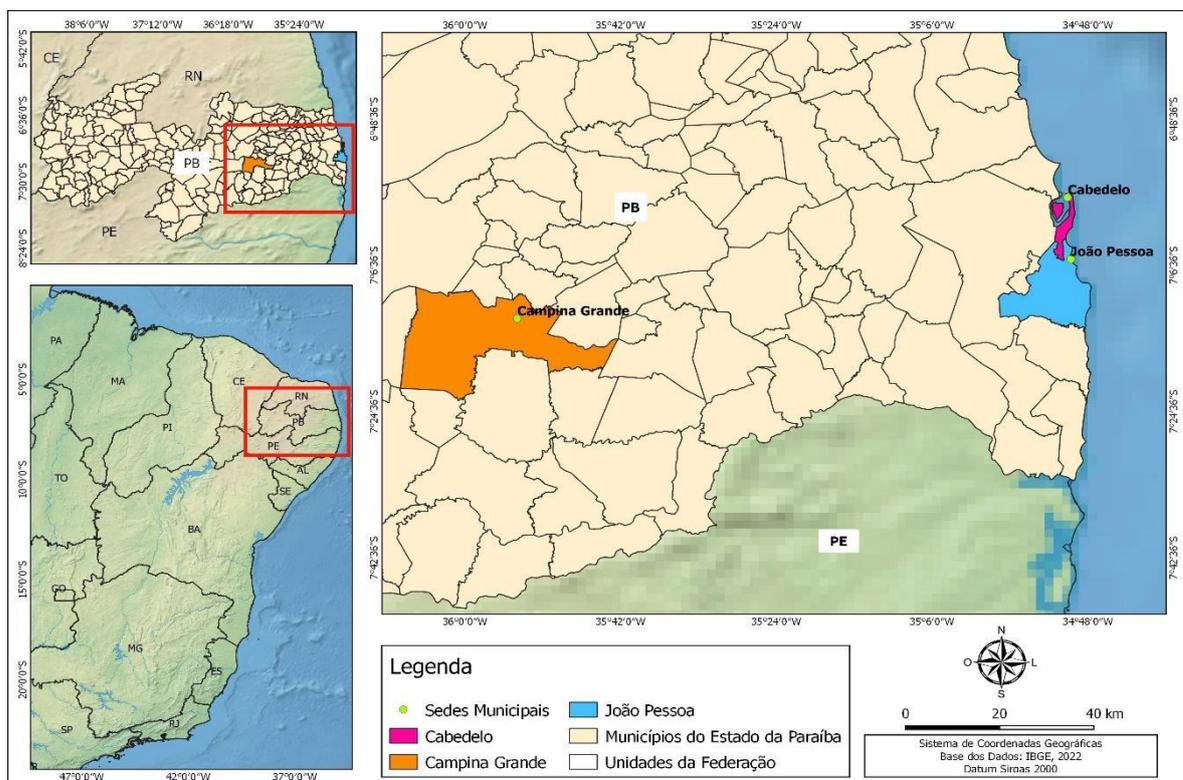
3.1 Caracterização Das Localidades Das Microcervejarias

As três cervejarias participantes da pesquisa ficam localizadas (Figura 4) no estado da Paraíba, em Campina Grande, João Pessoa e Cabedelo, respectivamente.

A (**microcervejaria A**) foi inaugurada em 2018 e fica localizada no município de Campina Grande/PB que tem a população de 419.379 habitantes com área total de 591,658 km², sendo o segundo município mais populoso da Paraíba, e sua região metropolitana, formada por dezenove municípios, possui uma população estimada em 638.017 habitantes.

A Cervejaria artesanal B foi inaugurada em 2018 fica localizada no município de Cabedelo (PB) insere-se na região metropolitana da grande João Pessoa (PB), e possui atualmente uma população fixa de aproximadamente 65.000 habitantes, sendo que no final do ano este número dobra por conta do Turismo. Vizinho dos municípios de Lucena e João Pessoa, Cabedelo se situa a 15 km a Norte-Leste de João Pessoa. Situado a 30 metros de altitude, Cabedelo tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 6° 58' 49" Sul, Longitude: 34° 49' 49" Oeste (IBGE,2022).

Figura 4 - Mapa da Localização das Microcervejarias A,B,C



Fonte: Autores (2024)

A Microcervejaria C foi inaugurada em 2019 e fica localizada na cidade de João Pessoa/PB que é a capital do estado da Paraíba. A população atualmente é de 833.932 habitantes segundo o IBGE, área total de 210,044 km², trata-se da oitava cidade mais populosa da Região Nordeste e a 23^a do Brasil. Pertence à Região Geográfica Imediata de João Pessoa e à Região Geográfica Intermediária de João Pessoa. O clima na capital paraibana é o tropical úmido (AS), caracterizado pelas temperaturas elevadas durante todo o ano (Köppen; Geiger, 1928).

Atualmente a energia elétrica no estado da Paraíba é fornecida pela Energisa Paraíba, anteriormente conhecida como Sociedade Anônima de Eletrificação da Paraíba - SAELPA, enquanto o fornecimento de água é feito pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA.

3.2 Descrição das ações da pesquisa

Etapa 1 Analisar como está a relação entre as microcervejarias e a sustentabilidade a luz da Produção Mais Limpa através de uma revisão sistemática de literatura;

Foi realizada uma busca em duas bases de dados eletrônicas no dia 6 de setembro de 2021 e segunda pesquisa em julho de 2023: *Web of Science* e Scopus, entre 2015 e 2023, data de publicação e nos idiomas inglês, português e espanhol. Estas duas fontes de dados foram escolhidas foram escolhidos devidos suas relevâncias com estudos a partir de 2015, pois foi nessa época que começou o *Boom* das cervejarias artesanais. As seguintes chaves de busca foram utilizadas em ambas as bases: (“*cleaner production* ” AND “*craftbeer*”) OR (“*sustainability*” AND “*craftbeer*”) OR (“*sustainable brewery*”AND “*brewery*” AND “*sustainability*”), conforme Quadro 4.

A seleção de artigos da presente revisão foi conduzida em duas fases: leitura de resumos e leitura de artigos completos, realizada por um leitor de forma independente. Os critérios de inclusão foram: Estudos sobre utilização de ferramentas da sustentabilidade em cervejarias;

Utilização da Produção Mais Limpa em cervejarias artesanais. Para exclusão, foram definidos os seguintes critérios: estudos que analisavam grandes cervejarias, Estudos de casos relacionando micro cervejarias e sustentabilidade de forma geral. Ao final da seleção foram eleitos dez artigos para compor esta revisão sistemática. As principais informações das publicações foram organizadas e sintetizadas em forma de tabela, de acordo com os seguintes critérios: Autor; Ano; Metodologia; Conclusões.

Oito estudos foram incluídos na presente revisão sistemática, dentre esses foram quatro nacionais e dois internacionais. Nota-se que esse assunto vem se tornando cada vez mais relevante, pois a maioria dos estudos foram realizados nos últimos três anos. Assim, como também é perceptível que os estudos nacionais têm buscado realizar investigações e Diagnóstico Ambiental em relação às microcervejarias, isso se deve ao fato deste tópico ser recente fazendo com que a maioria dos estudos sejam exploratórios, onde estes buscam uma familiaridade com assunto.

Etapa 2 Diagnosticar o processo atual da produção em microcervejarias na Paraíba, buscando os gargalos diante de uma visão sustentável

Nessa etapa foi elaborado um checklist (Apêndices A) para embasar o estudo quanto ao grau de sustentabilidade em microcervejarias, com auxílio da revisão sistemática realizada na etapa anterior, incluindo os principais aspectos analisados diante desses estudos, que foram gestão da água, energia e resíduos sólidos, além da questão do treinamento e educação ambiental.

Nesse checklist tem em sua primeira seção algumas informações gerais sobre as cervejarias estudadas, dentre as informações se têm (localidade/produção média mensal/consumo médio de água e energia/ tipos de embalagens). Essas informações servem para que seja possível classificar as respostas quanto ao tamanho das cervejarias, já que mesmo no segmento das micro cervejarias essas informações podem ser bastante diversas. Já a segunda seção foi montada para avaliar as cervejarias em relação a eficiência no uso da água.

Em relação a eficiência do uso da água na produção de cerveja artesanal, inicialmente é necessário saber se há essa preocupação através da mensuração e controle da vazão. Além disso, é analisado se os circuitos dos equipamentos são fechados, ou seja, se há recirculação da água

em processos como resfriamento e limpeza. Outra questão está relacionada ao armazenamento de efluentes e reutilização.

Já em relação a energia, analisou as questões em relação à eficiência energética do processo de produção, como por exemplo a presença de sistema de cogeração de energia, a utilização de água já aquecida em algumas etapas do processo de produção, fazendo com que seja usado menos energia no aquecimento. Assim como, se há uma mensuração da capacidade dos equipamentos para a quantidade de produção.

Terceira variável avaliada tem como análise a suas práticas quanto à melhoria sobre as perdas na moagem, assim como também como tem sido suas práticas em relação aos resíduos gerados na produção (dreche), e se de alguma forma a empresa buscar transformar esse resíduo em receita. Por último, o checklist têm o intuito de identificar se a cervejaria tem aplicado alguma forma de treinamento aos seus funcionários, assim como se tem que mensurar seu desempenho em relação a esses aspectos anteriores.

Esse checklist foi aplicado in loco, durante as visitas técnicas em três microcervejarias no estado da Paraíba, localizadas no município de Campina Grande, Cabedelo e na Cidade de João Pessoa, Figura 4. Essas cervejarias foram escolhidas por questões de relevância mercadológicas e possibilidade de acesso a informações.

Etapa 3 – Identificar e validar os indicadores de sustentabilidade para as microcervejarias na Paraíba na busca de Produção Mais Limpa.

Com bases nas informações obtidas na primeira e segunda etapa foram determinados os indicadores para propor a melhor solução para reduzir os impactos ambientais no processo de produção da cerveja artesanal.

Os indicadores recomendados foram apresentados a um grupo de especialistas sobre cervejarias artesanais, dentre esses proprietários de microcervejarias, mestres cervejeiros (responsáveis pelo sistema de produção da cervejaria artesanal) e, ou especialistas em produção de cerveja artesanal. Durante essa apresentação os indicadores foram expostos e relacionadas as alternativas escolhidas para reduzir o impacto do consumo hídrico, energéticos e dos resíduos sólidos no processo de produção da cerveja artesanal. Diante das análises desses atores, foi

possível determinar a viabilidade e importância dos indicadores propostos, assim como indicações para alternativas, assim como também novos indicadores.

A partir da validação dos especialistas, esses indicadores foram aplicados nas microcervejarias mencionadas na etapa 2, para ser usada como validação dos indicadores junto com avaliação dos especialistas.

Etapa 4 Criar um fluxograma de implementação para aplicação dos indicadores nas microcervejarias demonstrando formas de tornar a produção da cerveja artesanal mais sustentável;

A partir dos resultados obtidos nessa pesquisa foi criado um fluxograma demonstrando formas de tornar a produção da cerveja artesanal mais sustentável, assim a importância da utilização dos indicadores e o que seria necessário para implementação de todos os indicadores. Assim facilitará a disseminar informações sobre produção de cerveja artesanal mais sustentável e buscar incentivar a inserção da P+L dentro das microcervejarias.

No entanto, para se ter um entendimento melhor do delineamento da pesquisa foi utilizada a ferramenta da matriz de amarração para exemplificar os métodos utilizados em cada objetivo da pesquisa. De acordo com Telles (2001) essa Matriz de Amarração foi proposta por Mazzon, cujo principal mérito reside na apresentação transparente dos vínculos entre modelo de pesquisa, objetivos, questões e/ou hipóteses de pesquisa, procedimento e/ou técnicas de análise dados, fornece uma indicação inequívoca da configuração da intervenção desenvolvida ou a ser realizada na pesquisa científica. Esse tipo de abordagem esquemática resulta em síntese de decisões e informações, em geral descrita e justificada nos trabalhos científicos

Quadro 4 – Matriz de amarração do projeto

Tema	Escopo Geográfico: Micro cervejarias estado da Paraíba
Premissa	O processo de produção da cerveja artesanal pode ser melhorado através de um modelo de Produção Mais Limpa ao qual seja utilizado reuso de água, a recuperação do mosto e a reutilização das embalagens, além da eficiência energética na produção de cervejas artesanais.

Problema	Como a Produção Mais Limpa poderá auxiliar em melhorar a sustentabilidade do processo produtivo na produção de cervejas artesanais?			
Objetivo Geral	Propor um modelo de indicadores a luz da Produção Mais Limpa (P+L) para a produção da cerveja artesanal na Paraíba.			
Objetivos Específicos - etapas	Material e métodos			
	Fonte de Dados	Técnica de coleta	Técnica de Análise	Resultados esperados
1- Analisar a relação entre as microcervejarias e a sustentabilidade a luz da Produção Mais Limpa através de uma revisão sistemática de literatura;	Bibliográfica	Revisão sistemática da literatura	Qualitativa Exploratório	Observar como tem se desenvolvido os estudos sobre gestão ambiental e Produção mais limpa na produção da cerveja artesanal
2 – Diagnosticar o processo atual da produção em microcervejarias na Paraíba, buscando os gargalos diante de uma visão sustentável;	Primários	- Visitas técnicas em três microcervejarias da Paraíba; Aplicação do Checklist e análise de documentos	Qualitativa e Descritiva	Compreender o Processo de Produção da cerveja Artesanal e seus impactos.

3- Identificar e validar os indicadores de sustentabilidade para as microcervejarias na Paraíba na busca de Produção Mais Limpa;	Primário Secundário	Análise dos resultados da revisão sistemática e do diagnóstico nas microcervejarias paraibanas. Apresentação dos indicadores a especialista no assunto e aplicação dos indicadores em três microcervejarias da Paraíba.	Qualitativa e Quantitativa	Buscar auxiliar os produtores de cerveja artesanal avaliarem a eficiência no uso dos recursos conforme a realidade local.
4- Criar um fluxograma de implementação para aplicação dos indicadores nas microcervejarias demonstrando formas de tornar a produção da cerveja artesanal mais sustentável;		Descrição dos indicadores com equipamentos necessários	Qualitativa	Auxiliar os gestores para que eles possam implantar esse sistema de gestão que irá ajudar a mensurar a eficiência no uso dos recursos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Revisão sobre as microcervejarias e a sustentabilidade a luz da Produção Mais Limpa

No estudo Ness (2018) buscou apresentar as prioridades e medidas focalizadas pelos objetivos da sustentabilidade da cerveja artesanal e para destacar uma série de inovações seguidas pelos cervejeiros para promover a sustentabilidade. Nesse estudo constatou-se que como um todo, os cervejeiros artesanais têm uma interpretação ampla da sustentabilidade, englobando parâmetros ambientais e socioeconômicos. As áreas fortemente perfiladas pelos cervejeiros incluem energia e clima, eficiência e conservação da água, reutilização de grãos gastos, e envolvimento da comunidade em suas diversas formas.

Em relação a conservação da água aproximadamente metade das cervejarias mencionou a ênfase organizacional na água ou participação na defesa da conservação da água. Dentre as medidas de eficiência tomadas para diminuir o uso de água diretamente no processo de fabricação de cerveja ou nas operações de restaurantes, ou outras ações para promover a conservação da água local ou regional. As ações variaram significativamente desde a instalação de equipamento (por exemplo, sistema clean-in-place) na cervejaria, bem como outros sistemas de recuperação de água para diminuir o uso de água no processo de fabricação da cerveja. Já quanto à questão da energia, 41 de 70 micro cervejarias utilizam medidas para reduzir uso de energia e/ou para utilizar fontes renováveis de energia nas operações da empresa. Ações neste de mosto eficiente, o uso de luz natural, ou o uso de instalação de sistemas de iluminação LED, a construção de edifícios com energia zero, movidos a biodiesel veículos de entrega de cerveja, a compra de créditos de energia renovável, e/ou a participação em programas de aquisição de eletricidade. A instalação de matrizes solares no telhado por 13 das 70 cervejarias ou brewpubs foi uma medida de aquisição de eletricidade que vai além das ações rudimentares.

Aproximadamente um terço (30 ou 70) das cervejeiras enfatizaram a reutilização de grãos gastos por outros processos cervejeiros. A grande maioria destes destacou a reutilização de grãos gastos como alimento animal para gado, vacas, porcos ou galinhas. No entanto, alternativas de uso foram realizadas por algumas das cervejeiras, incluindo o uso de grãos como meio para cobertura de solo, ou como ingrediente para operações de restaurante, por exemplo,

para pão e massa de pizza. Ainda mais inovador, duas cervejarias destacaram a reutilização de grãos gastos para uso como ingrediente em biscoitos para cães, promovendo a criação de uma pequena empresa local em um caso. Além disso, uma empresa da área de São Francisco também passava grãos de uma cervejaria como um ingrediente principal para barras energéticas para consumo humano.

Além disso, 28 das 70 cervejarias participam de algum tipo de programa de manuseio e/ou reciclagem de resíduos sólidos. Como em muitas outras áreas de avaliação, as prioridades e os exemplos de sites de cervejarias são muito variados. Muitas cervejeiras notaram aderência a diferentes programas de reciclagem, outros programas de desvio de resíduos sólidos, ou promoções de resíduos orgânicos compostagem para atividades de restaurante. Os esforços notáveis incluíram os esforços de cinco cervejarias em se tornar, ou com ambições de se tornar, empresas certificadas "sem desperdício".

Por fim, Ness (2018) ainda traz em sua pesquisa fatores como as embalagens e os ingredientes. Em relação às embalagens, vinte e sete das cervejarias artesanais apresentaram um perfil mais sustentável de recipientes ou embalagens de cerveja para seus produtos. As cervejeiras incluíram a mudança de garrafas convencionais para garrafas ou latas leves; ao contrário, outros enfatizaram seu uso de garrafas de vidro compostas de uma grande porcentagem de vidro reciclado. Numerosas cervejarias também mencionaram uma forte prioridade sobre os produtores de garrafas retornáveis e recarregáveis, enquanto outros promoveram garrafas reutilizáveis ou sistemas de barris, ou papelão reciclado para embalagens de 6 embalagens, em geral, as medidas não foram tão criativas.

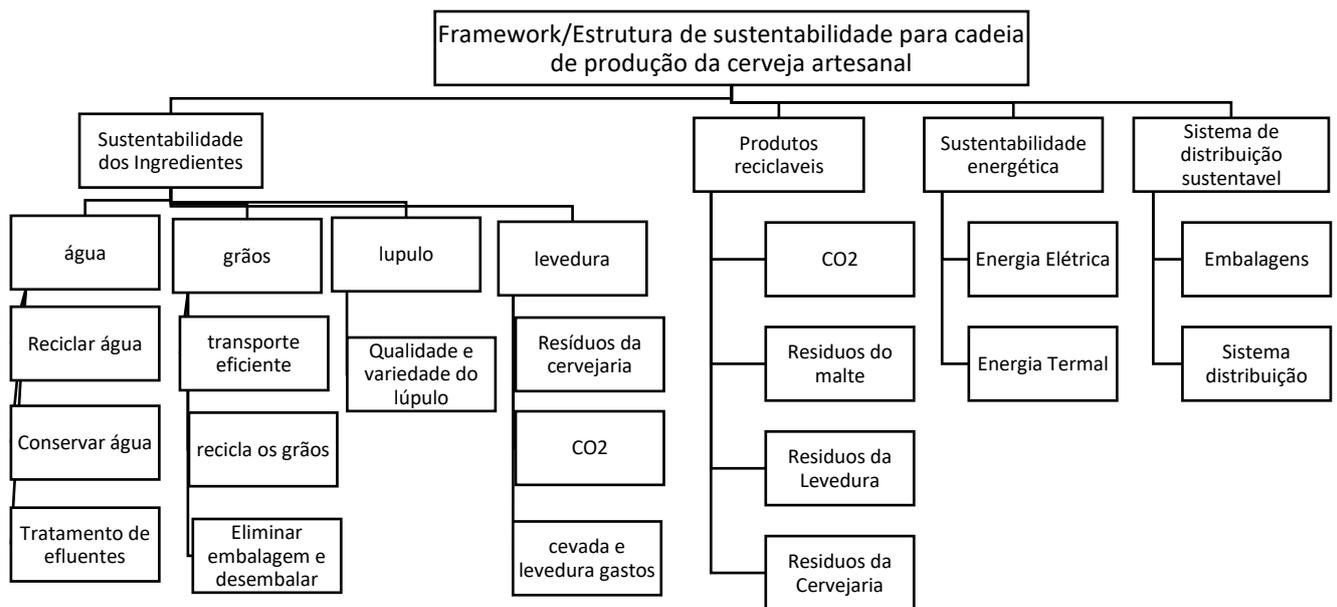
Enquanto, ingredientes sustentáveis eram concentrados em três áreas específicas: produzidos localmente, não transgênicos, e orgânicos. Doze cervejeiras perfilarão suas fontes locais de ingredientes para qualquer uma das cervejas ou operações de comida em restaurantes. Três cervejarias fizeram referência ao seu uso de ingredientes não transgênicos. Outras 14 cervejeiras destacaram seu uso de ingredientes orgânicos certificados (muitas vezes USDA) tanto em sua cerveja ou em operações de restaurante. Mais medidas inovadoras incluíram a agricultura no local (por exemplo, lúpulo, grãos ou frutas) para a fabricação de cerveja, bem como outras frutas e legumes para uso em operações de restaurante.

Enquanto Andrade (2020) teve como objetivo investigar o nível de ecoeficiências das cervejarias artesanais a partir da aderência às práticas de Produção Mais Limpa recomendadas pela Cetesb (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Nesse trabalho foram analisadas três microcervejarias com produções mensais de 19.500, 1000 e 2500 litros de cerveja.

As três empresas foram avaliadas de acordo com a aderência às práticas de P+L indicadas pela Cetesb, essa avaliação se deu através das respostas sim, não ou não se aplica. Após a avaliação quanto a aderência das microcervejarias quanto aos indicadores, foi constatado que a empresa com maior capacidade de produção tinha a maior aderência às práticas de Produção Mais limpa, isso se dava tanto ao maior espaço em suas instalações, quanto à maior disposição financeira. Tal fato tinha relação positiva a maior ecoeficiência das empresas também. É possível notar nesse estudo que as práticas de Produção Mais Limpa, feitas pela Cetesb, acabam sendo muito bem utilizadas por cervejarias de grande e médio porte. No entanto, cervejarias de menor porte acabam tendo dificuldade de aderir às práticas sugeridas nesse documento.

Já o trabalho de Bahl et al. (2021) elaborou um framework baseado em quatro categorias que contribuem para a sustentabilidade da cerveja artesanal: aquisição de ingredientes, esforços de reciclagem, uso de energia e sistemas de distribuição.

Figura 5- Proposed framework for a sustainable supply chain for craft beer/ Estrutura de sustentabilidade para cadeia de produção de cerveja artesanal



Fonte: Bahl et al. (2020)

Nesse framework são propostas diversas práticas ambientais que podem ser utilizadas em micro cervejarias essas práticas foram divididas em cinco pilares: água, cevada, lúpulo, levedura, energia.

- **Água:** 1-Reciclar água (sistema de recuperação de água quente na brewhouse ; recuperar a água utilizada para enxaguar garrafas); 2- Tratamento de efluentes (estação de tratamento de água para remoção de resíduos; Doar mosto fraco); 3- Conservar água (eliminar os lubrificantes à base de água; estação de tratamento de água para utilizar águas residuais)
- **Grão:** 1- Eliminar embalagem e desembalar (uso de carregadeiras de grãos); 2- transporte eficiente (transporte ferroviário ao invés de caminhões); 3- recicla os grãos (Usar grãos gastos para alimentar os animais)
- **Lúpulo:** 1- Qualidade e variedade do lúpulo (colaboração e relações de longo prazo com os produtores; cultivar lúpulo próprio para experimentação)
- **Levedura:** 1- CO2 (reciclagem do CO2 produzido a partir da fermentação); 2- cevada e levedura gastos (enviar grãos gastos para fazendas e laticínios regionais); 3- Resíduos da cervejaria (Composto para fazer adubo para uso agrícola; converter em biodiesel com um processador)

- **Energia** 1- Energia limpa (painéis solares; sistema de bateria Tesla; microturbina eólica); 2- Conservar energia (uso de caldeiras e sistemas de refrigeração energeticamente eficientes; sistema de recuperação de condensado)

Assim como na pesquisa anterior Pinto (2021) busca alternativas para ser empregadas em uma microcervejaria em Portugal, a autora demonstra que Cervejaria BARONA é uma pequena empresa com recursos limitados, e o principal objetivo é garantir sobrevivência do negócio e proporcionar condições de trabalho adequadas aos empregados. Em uma cervejaria como esta, a sustentabilidade pode ser alcançada concentrando-se no consumo de recursos. No entanto, de acordo com a autora, atacar a sustentabilidade é mais difícil para as microcervejarias, uma vez que o foco é produzir produtos de alta qualidade com os recursos disponíveis. Para produzir produtos de alta qualidade, a qualidade das matérias-primas é extremamente importante.

Portanto, a melhor abordagem para a sustentabilidade, ilustrada pelo caso BARONA, está no aspecto operacional e atividades de produção - produzir da forma mais eficiente possível, de forma a reduzir o consumo de recursos e custos operacionais, aproveitando ao máximo materiais e processos e minimizando desperdícios e perdas, assim é apresentado uma tabela com algumas soluções em quatro áreas:

✓ **Reduzir o consumo de recursos**

- Água - Reutilizar água de processos; Interrupção do fluxo de água durante os intervalos; Instalação de hidrômetros em diversos setores de produção; Redução de sólidos na descarga de águas residuais; utilizar lavadoras de alta pressão e baixo volume; Reutilizar água de processo; Manutenção preventiva dos equipamentos.
- Energia - Implementar política para desligar equipamentos e luzes quando não estiverem em uso; Utilizar equipamentos mais eficientes na substituição de equipamentos antigos; Instalação de temporizadores e termostatos para controle de aquecimento e resfriamento; Melhorar o isolamento nas linhas de aquecimento e arrefecimento para evitar perdas de energia; Instalação de sistemas de iluminação LED; Utilização de energias renováveis; Manutenção preventiva para melhorar a eficiência e minimizar perdas.

✓ **Reciclagem e Reutilização**

- **Matérias-primas - Levedura Excedente** – reaproveitar a mesma levedura para diversas produções; Trub– os grãos gastos na cervejaria BARONA são mais usados pelos agricultores para alimentação animal, no entanto podem ter alternativas como uso como ingrediente para alimentos podendo ser usado como ingrediente para pães e pizzas, e barrinhas para atletas, assim como ingrediente em biscoitos para cães. Outra forma é secar e queimar os grãos gastos para convertê-los em energia; Lúpulo gasto – usado como fertilizante.
- **Embalagem - Garrafas de Vidro** – reciclar garrafas de vidro e criar parcerias com descartes de vidro; coletar e reutilizar garrafas de vidro, porém para isso é necessário um processo de lavagem e esterilização;

✓ **Utilizações alternativas**

- **Matérias-primas - Energia renovável** – uma forma de combater o intenso consumo de energia elétrica.
- **Produção - Gerador de nitrogênio** – permite usar os gases do ar em vez de comprá-los; produzir levedura internamente (laboratório de levedura) - elimina a necessidade de importação de levedura.
- **Embalagem - Latas em vez de garrafas de vidro** – o alumínio pode ser reciclado mais vezes que o vidro.

✓ **Educação de Funcionários**

- Todos os funcionários devem ser treinados para ter uma abordagem à sustentabilidade nas atividades diárias e estar ciente dos planos e objetivos de sustentabilidade; implementar sistemas de recompensas para estimular esse.

Quadro 5– Estudos relacionando as microcervejarias e a sustentabilidade a luz da Produção Mais Limpa.

Título / Autor/Ano	Método	Conclusão
<p>Título: Beyond the Pale (Ale): An Exploration of the Sustainability Priorities and Innovative Measures in the Craft Beer Sector</p> <p>Autores: Barry Ness</p> <p>Ano:2018</p>	<p>Setenta cervejarias artesanais foram então identificadas a partir das buscas; 53 das cervejarias estavam localizadas nos Estados Unidos, com o restante espalhado pelo Canadá, Austrália, Reino Unido, África do Sul e Nova Zelândia. Uma investigação detalhada dos 70 sites das cervejarias e/ou dos artigos escritos foram então realizadas iniciativas específicas de sustentabilidade de cerveja artesanal. Havia seis áreas que foram categorizadas sob parâmetros ambientais: conservação da água, energia e clima, reutilização de grãos gastos, resíduos sólidos (que não grãos gastos), recipientes e embalagens, e ingredientes de cerveja</p>	<p>A pesquisa descobriu que, como um todo, os cervejeiros artesanais têm uma interpretação ampla da sustentabilidade, englobando parâmetros ambientais e socioeconômicos. As áreas fortemente percebidas pelos cervejeiros incluíram energia e clima, eficiência e conservação da água, gastos reutilização de grãos, e envolvimento da comunidade. O forte foco no "local" pelos cervejeiros artesanais aponta para áreas prioritárias de sustentabilidade, os resultados também revelaram que essas prioridades são frequentemente diferenciadas. Além disso, entre as 70 cervejarias analisadas, os resultados também expuseram que a idade da operação cervejeira, em geral, impacta quanta ênfase é colocada na sustentabilidade da empresa.</p>
<p>Título: Ecoeficiência em cervejarias artesanais: um estudo de casos múltiplos</p> <p>Autores: Felipe Paolucci Andrade</p> <p>Ano: 2020</p>	<p>O trabalho em questão teve como objetivo investigar o nível de ecoeficiências das cervejarias artesanais a partir da aderência as práticas de Produção Mais Limpa, recomendada pela Cetesb. Para isso, realizou-se um estudo de casos múltiplos no Polo Cervejeiro de Ribeirão Preto- SP.</p>	<p>O diagnostico identificado permitiu constatar que nível de ecoeficiência é proporcional ao nível de adoção de práticas de P+L apresentadas pela Cetesb. No entanto é perceptível que as microcervejarias com menores capacidades de produção tem dificuldades de instalarem as tecnologias dos indicadores da Cetesb. Então o autor propõe</p>

Título / Autor/Ano	Método	Conclusão
		possibilidade de criação de linhas de crédito como incentivo a essas microcervejarias aplicarem as práticas recomendadas.
<p>Título: A framework for a sustainable craft beer supply chain</p> <p>Autores: Harish C. Bahl; Jatinder N.D. Gupta; Kenneth G. Elzinga</p> <p>Ano: 2020</p>	<p>Este estudo tem por objetivo propor uma estrutura para o desenvolvimento de estratégias para a cadeia de abastecimento da cerveja artesanal que pode tornar o negócio eficiente e lucrativo e, ao mesmo tempo, gerar benefícios de sustentabilidade da redução do desperdício, da conservação dos recursos naturais e da redução da poluição.</p> <p>A estrutura proposta descreve estratégias para estabelecer uma cadeia sustentável cerveja artesanal. Essa estrutura consiste em quatro categorias que contribuem para o artesanato sustentabilidade da cerveja: aquisição de ingredientes, esforços de reciclagem, uso de energia e sistemas de distribuição.</p>	<p>artigo têm implicações gerenciais para as cervejeiras artesanais. As mudanças operacionais em suas cadeias de abastecimento, os cervejeiros artesanais podem gerenciar a sustentabilidade, reduzindo o desperdício, conservando os recursos naturais e a melhoria de sua pegada poluente. Os cervejeiros artesanais podem economizar no uso de água, grãos, lúpulo e levedura, empregando práticas discutidas neste documento. Eles podem utilizar energia limpa em eletricidade e reutilizar energia térmica em diferentes estágios do processo de fabricação da cerveja. A maior parte dos resíduos gerados no processo pode ser reciclada em vez de descartada para aterros sanitários e ambientes poluidores. Sua distribuição pode ser tornada mais eficiente por reduzir os distribuidores intermediários quando a regulamentação governamental permite e também escolher distribuição de cerveja artesanal em latas e garrafas, considerando as preferências do consumidor,</p>

Título / Autor/Ano	Método	Conclusão
		impacto ambiental e margens de custo.
<p>Título: Sustainability on the Craft Beer Sector – Management Improvements Towards Sustainable Business and Supply Chain Transparency: A Case Study on BARONA Brewing Company</p> <p>Autores: Mariana Rosa Anselmo Pinto</p> <p>Ano: 2021</p>	<p>Este estudo tem dois objetivos principais. O primeiro é entender como melhorar sustentabilidade em uma microcervejaria de Portugal chamada BARONA e implementar práticas de sustentabilidade no modelo de negócios. O segundo objetivo é mais voltado para a operacional e melhorias práticas, buscando entender como a microcervejaria pode se adaptar a essas práticas ambientais.</p>	<p>Uma das conclusões desse trabalho é que cervejarias artesanais, como a BARONA, estão adotando a sustentabilidade da melhor forma possível e implementando medidas e gestão para diminuir o consumo de recursos e ter uma produção eficiente. Sendo, práticas aplicadas aquelas que permitem minimizar o desperdício de águas residuais, o consumo de energia e a reutilização de matérias-primas. Porém, é altamente desafiador, pois as empresas precisam ser econômicas e expandir o negócio, e as medidas de sustentabilidade podem estar fora do alcance dos recursos financeiros disponíveis.</p>
<p>Título: Produção Mais Limpa como estratégia de marketing verde no desenvolvimento sustentável da indústria artesanal de cervejas.</p> <p>Autores: Murilo Cucolo; Mariana de Oliveira; Queila Turchetto; Mikaela Monteiro de Andrade; Cleilton da Silva; Márcia Andreazzi; Isabele Emanuelli</p> <p>Ano:2021</p>	<p>O objetivo deste trabalho foi aplicar e avaliar as práticas da Produção Mais Limpa e da pegada hídrica no setor de cervejas artesanais. Propondo mudanças sustentáveis no processo produtivo e fomentar estratégias de marketing verde. A pesquisa, de caráter quali-quantitativo, associou estudo de caso com pesquisa de campo para aplicação das práticas de Produção Mais Limpa e da pegada hídrica em uma cervejaria artesanal localizada na</p>	<p>A prática da gestão sustentável na indústria de cervejas artesanais pela PML mostrou-se eficiente detectando em quais etapas as matérias primas e os recursos naturais e energia estão sendo desperdiçados. Aplicação da PML alcançou o objetivo de indicar ao empresário, tanto os benefícios ambientais, como a redução de custo e a melhora dos processos produtivos, podendo promover a sustentabilidade e o marketing verde, em ações que possibilitam,</p>

Título / Autor/Ano	Método	Conclusão
	cidade de Maringá estado do Paraná com uma produção mensal de 8 a 10 mil litros.	além do consumo do produto, o engajamento e sensibilização ambiental.
<p>Título: Material and energy flow analysis of craft brewing: A case study at a California microbrewery</p> <p>Autores: Scott D. Peterson; Ricardo Amón; Tony Wong; Edward S. Spang; Christopher W. Simmons.</p> <p>Ano:2022</p>	Nesse Estudo foi feito uma análise para entender como a água e a energia são incorporadas à cerveja em pequenas cervejarias. Sendo realizado um estudo de caso em uma microcervejaria no norte da Califórnia. Uma análise de fluxo de materiais e energia (MEF) foi realizada para caracterizar o consumo específico geral de água e energia da cervejaria. A partir desse fluxo foram criadas equações para mensurar eficiência da microcervejaria em relação ao uso de água e energia.	A modelagem do sistema técnico-econômico demonstrada através deste estudo de caso pode servir como uma estrutura para outras cervejarias identificarem e quantificarem oportunidades de eficiência hídrica e energética. Práticas e tecnologias alternativas, se implementadas, devem ser comparadas com as linhas de base iniciais para quantificar a melhoria.
<p>Título: Cervejaria industrial versus artesanal: um estudo comparativo sobre o gerenciamento da água e resíduos de acordo com a P+L</p> <p>Autores: Isabela Barreira; Luciane Monteiro; Rita de Cassia Simões</p> <p>Ano:2022</p>	Para realização desse trabalho foram visitadas duas cervejarias: uma industrial e outra artesanal, depois disso foram verificadas todas as etapas do processo produtivo, seus respectivos impactos, e se existia alguma redução dele na fonte, reaproveitamento interno ou algum reaproveitamento externo, de acordo do a Produção Mais Limpa.	Este estudo concluiu que cervejaria industrial, por mais que tenha uma magnitude maior de impacto ambiental como um todo, se comparada à cervejaria artesanal, possui mais medidas de redução do consumo de água e geração de resíduos de acordo com as diretrizes da P+L. Os autores deixam claro que isso se deve ao acesso do capital e da pressão exercida pela sociedade em empreendimentos maiores, como de apresentar resultados periódicos para investidores e partes interessadas.

Título / Autor/Ano	Método	Conclusão
Título: Diagnóstico Ambiental e Produção Mais Limpa: Estudo de Caso em uma Microcervejaria Na Região Do Sudoeste Do Paraná Autores: Francisco Beltrão Ano: 2023	O objetivo deste trabalho foi realizar um diagnóstico ambiental, acerca dos processos produtivos de uma microcervejaria no sudoeste do Paraná. Diagnóstico ambiental dos processos produtivos foi realizada pela observação in loco do processo, elaboração de um fluxograma metodológico que contemplou toda cadeia produtiva da organização, levantamento das entradas e saídas e análise de acordo com a metodologia	Foi possível realizar um diagnóstico ambiental dos processos e serviços da microcervejaria. A identificação e quantificação dos insumos, matérias-primas e resíduos gerados proporcionaram uma visão clara da cadeia produtiva, permitindo uma análise mais precisa dos impactos ambientais e dos pontos críticos a serem abordados, foram observadas diversas oportunidades de melhorias, no qual a microcervejaria pode utilizar das medidas de P+L indicadas para contribuir com a melhoria do desempenho ambiental dos seus processos

Fonte: Autores (2024)

Enquanto, Cucolo et al. (2021) (Quadro 5) buscam na pesquisa aplicar e avaliar as práticas da Produção Mais Limpa e da pegada hídrica no setor de cervejas artesanais propondo mudanças sustentáveis no processo produtivo que possam fomentar estratégias de marketing verde. As atividades referentes a este estudo foram desenvolvidas em uma microindústria de cervejas artesanais, localizada na região Noroeste do Paraná na cidade de Maringá. A microcervejaria estudada tem uma capacidade produtiva de 8 a 10 mil litros mensais. Esse local funciona como brewhouse ou brewpub, por ter no lugar da indústria um ambiente para comercialização e consumo da cerveja fabricada, de forma que 80% da produção é destinada ao consumo local e apenas os outros 20% são comercializados a terceiros, tanto para bares e restaurantes. Dentre as variáveis analisadas durante o estudo tem o bagaço do malte, trub, levedura, consumo de água, consumo de energia. Para cada uma dessas variáveis foi proposta uma aplicação de medidas para melhorar a sustentabilidade e foi analisada qual a viabilidade

técnica, ambiental e financeira para implementação dessas propostas assim como a prioridade e como seriam utilizadas as estratégias de marketing.

Sob a ótica da Produção Mais Limpa é sugerido na pesquisa Aplicação de parte do resíduo gerado para fabricação de produtos alimentícios que podem vir a ser consumidos no local, por se tratar de uma brewhouse, Disponibilizá-lo como fonte de proteínas em ração animal, Comercialização da levedura para indústria farmacêutica, Implantação de cisterna para armazenagem de água residual para utilização de limpeza da estrutura, Substituição de parte das telhas galvanizadas que fazem a cobertura do barracão por telhas transparentes.

No estudo de Peterson et al. (2022) presente no (quadro 1) exibido acima fazem uma abordagem sistemática para caracterizar os fluxos de água e energia em pequenas cervejarias buscando ajudar os pesquisadores e proprietários de processos a identificar oportunidades para melhoria da eficiência, reduzindo o desperdício. Nessa sistemática foram considerados as matérias-primas (malte, lúpulo e CO₂) recebidas na cervejaria, bem como todos os serviços públicos (água, eletricidade e gás natural). O produto é a cerveja embalada em garrafas, latas ou barris. Na conclusão do trabalho foi desenvolvido uma modelagem sistêmica que pode servir como estrutura para estudar cervejarias de diversas capacidades produtivas, sendo muito importante que essas cervejarias mantenham uma coleta de dados constantes sobre a utilização de água e energia.

Voltando no aspecto sobre a diferença de capacidade da adoção de práticas sustentáveis entre cervejarias de pequeno, médio e grande porte. Tem-se o próximo estudo de Barreira et al. (2022), onde é feita a comparação da cervejaria industrial versus artesanal em um estudo comparativo sobre o gerenciamento da água e resíduos de acordo com a P+L.

Nessa pesquisa foi realizada uma visita em uma cervejaria artesanal em Juiz de Fora - MG no dia 26/09/2021 e outra em uma cervejaria industrial, no bairro de Campo Grande, no Rio de Janeiro no dia 11/11/2021. Além de análises observatórios, foram realizadas entrevistas com o intuito de saber as etapas em comum do processo produtivo de cada estabelecimento. A partir disso, os aspectos e impactos inerentes a cada processo que envolviam gasto de água e geração de resíduos foram levantados e se a empresa tinha algum tipo de medida para combater o mesmo, reduzi-lo na fonte ou reaproveitá-lo externa ou internamente (Barreira et al., 2022).

Assim, como na pesquisa de Andrade (2020), o trabalho de Barreira et al. (2022) demonstra que as cervejarias de maior porte mesmo que tenha uma maior magnitude em sua operação consegue aderir mais práticas da Produção Mais Limpa, fazendo que por exemplo tenha reduzido a média de consumo de 5,36 L de água para um 1L de cerveja para 2,4L, enquanto a microcervejaria mesmo que tenha conseguido reduzir consumo também tem atualmente na média consumo de 5,5L de água por litro da bebida.

Por fim, no último estudo mencionado no (quadro 1) Beltrão (2023) realizou um diagnóstico ambiental em uma microcervejaria na região do Sudoeste do Paraná. Nesse estudo foram caracterizados os processos, atividades e serviços da microcervejaria. Assim, como também foram identificados e quantificados os insumos, matérias-primas e resíduos gerados na microcervejaria. A microcervejaria em que foi aplicado é de capital fechado, e teve suas atividades iniciadas no ano de 2012, estando ativa há mais de dez anos no mercado, conta com mais de quarenta tipos de rótulos artesanais, todos registrados no MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) e tem capacidade máxima de produção de 35 mil litros por mês de cerveja, podendo chegar até 420 mil litros por ano. Através de pesquisa documental e visitas in loco. Para o diagnóstico das entradas, foram analisados as matérias primas e os insumos da organização, quantificados os estoques, a quantidade de compras e vendas através de boletos e recibos. O consumo de energia elétrica (kW) e água (m³) foram quantificados através das contas mensais, sendo quantificado o consumo mensal nos últimos três meses.

Após o diagnóstico foram sugeridas algumas alternativas de práticas sustentáveis na microcervejaria como por exemplo: Compostagem do bagaço de malte, Utilização do resíduo de produção de cerveja para ração animal, Definir metas de consumo de água e energia elétrica, Segregação adequada de resíduos recicláveis, Estabelecer metas de gestão de recursos como água e energia, Instalação de painéis fotovoltaicos na microcervejaria, Difundir a educação ambiental para os colaboradores da microcervejaria (Beltrão,2023) .

A partir da análise dos estudos é possível observar que esses buscaram entender e diagnosticar quais os melhores métodos e quais as áreas mais necessitadas de intervenção possuem as microcervejarias. Nesse quesito percebe-se que há uma relação positiva entre a aderência de práticas ambientais e da Produção Mais Limpa com a capacidade produtiva de cervejarias artesanais. O tamanho das microcervejarias traz certos desafios comerciais que

podem impactar contra essa decisão de implementar processos ambientalmente amigáveis por questões tais como financeira, legislativa, relacionada à produção, à distribuição, baseada no marketing e/ou relacionadas a funcionários.

Outro ponto que se pode perceber ao analisar os estudos é a falta de indicadores ou práticas ambientais que possam ser utilizadas em cervejarias de menor porte, fazendo com que parte desses empreendimentos fique à margem da discussão ambiental. Por exemplo, no trabalho de Andrade (2020) muitas das práticas indicadas no manual de práticas da Produção Mais Limpa desenvolvido pelo Cetesb não se aplicavam ou não eram utilizadas nas duas empresas que tinham uma capacidade de produção menor entre 1000 e 3000 litros mensais. No entanto, por ser um mercado em crescimento grande parte das microcervejarias ainda são pequenas, sendo então importante que esses micros cervejeiros sejam incluídos. Diante disso, esta pesquisa descreve para o cenário da sustentabilidade no setor cervejeiro.

É possível perceber que as áreas que têm recebido maior foco dos estudos e das empresas estão sendo a eficiência e conservação da água e energia, reutilização de grãos gastos, e envolvimento da comunidade em suas diversas formas. No entanto, percebe-se também a necessidade de mais estudos realizados no Brasil, assim como a criação de manuais, guias, e informativos e cursos que busquem educar esses novos cervejeiros artesanais demonstrando formas deles agirem proativamente em relação a sustentabilidade e ainda assim se tornarem mais eficientes em seus processos.

4.2 Diagnostico na Processo de Produção em Microcervejaria

Para obter resultados para essa análise foram realizadas visitas-técnicas a três microcervejarias que foram identificadas com A, B e C.

4.2.1 Microcervejaria A

A primeira cervejaria identificada com (**Microcervejaria A**) fica localizada em Campina Grande e foi inaugurada em 2019, de acordo com observações foi constatado que o processo da produção de cerveja artesanal nesse empreendimento se inicia com a recepção dos

maltes que são importados, esses maltes são levados para residência do proprietário que fica ao lado do prédio que está localizada a cervejaria para que possa ser moída. Esse processo de moagem do malte ocorre fora da fábrica por questões de ser um processo que gera resíduos finos que se espalham fazendo que seja necessário limpeza constante do ambiente.

Em relação a fábrica e a produção de cerveja. A cerveja é fabricada em prédio próprio, onde foi investido em torno de 1 milhão de reais em equipamentos. Atualmente, existem seis tanques de 500 litros e um de 250 litros (Figura 6).

Figura 6 - Tanque de cerveja a Cervejaria A



Fonte: Autor

Atualmente é utilizada a água mineral em garrações de 20 litros que são repassadas para um reservatório da fábrica, de 750 Litros para produção de cerveja, Figura 7, enquanto a da rede de distribuição local é utilizada para alimentar o tanque de resfriamento e lavagem do Pub. A água mineral vem sendo utilizada nessa cervejaria pelo fato de ter análise laboratorial em relação as características da água fazendo com que seja mais fácil manipular de acordo com a receita da cerveja. Com relação ao consumo de água em garrações de água mineral variam de

acordo com produção mensal, mas costuma ficar na média de 1.500 Litros de água mineral que devem ser somados ao consumo de água em outras etapas da produção girando em média de 2.400 litros.

Figura 7 - Tanque de armazenamento de Água da Cervejaria A



No local possui uma cisterna de 8 mil litros, onde é armazenada a água do processo de resfriamento, para que possa ser utilizada posteriormente nos banheiros e cozinha do pub, Figura 8.

Figura 8 - Cisterna para armazenagem e reutilização da água do resfriamento



Fonte: Autor

Com relação ao uso da energia elétrica, se pode observar que o consumo anteriormente, antes da pandemia tinha uma média de custo de 5 mil reais. Havia planos para implementação de placas de energia solar, no entanto o impacto da Covid fez com que esse plano fosse adiado. Atualmente o custo com energia está entre 1.500 e 2 mil reais por mês.

Figura 9 - Máquina de Resfriamento, com duto alterado de lugar



Fonte: Autor

Essa redução não se deve apenas a diminuição da produção, a realização na melhoria da máquina de resfriamento da cerveja contribuiu para tal fator, essa melhoria ocorreu com a troca da posição de um duto, que ficava posicionado rente ao chão, fazendo com que houvesse uma redução 30%, além programação de redução da utilização de equipamentos como por exemplo ar-condicionado.

Em relação aos resíduos sólidos da produção, são gerados dois tipos de resíduos, recicláveis e os orgânicos, com relação aos resíduos orgânicos ou dreche esses, são vendidos para um produtor local, sendo utilizado para alimentar suínos, esse resíduo é vendido a um valor de cinquenta centavos o quilo, o transporte é realizado pelo próprio produtor em toneis de plástico. O peso para venda é medido pelo malte seco, ou seja, quanto de malte foi utilizado na produção. Ao final da produção são gerados em média 300kg de resíduos úmidos, porém como a venda é do malte seco, o valor seria em torno de 160kg a cada 750 litros de cerveja produzida.

Já em relação aos resíduos recicláveis a cervejaria separa, mas faz a doação, já que a quantidade de recicláveis é pequena, isso ocorre, pois, a cervejaria utiliza apenas barris que são utilizados no próprio Pub, ou em eventos através do aluguel de chopeiras. A produção de Growlers de PET são pequenas em relação a produção da cervejaria.

Com relação aos treinamentos não são realizados, já que os funcionários dessa cervejaria são o proprietário e sua esposa. Essa cervejaria já teve dois funcionários, porém no pós-pandemia com a queda do movimento foi necessário reduzir os funcionários.

Portanto o processo de produção nessa microcervejaria, inicia-se com a importação do malte que é moído em local próximo e levado para cervejaria, depois é feita a compra dos garrafões de água mineral que passa pelo processo de correção química e transferida para tanque de armazenamento de 750 litros, então o maquinário é acionado para que possa ser realizada as etapas de brasagem como demonstra a (figura 3), após o a lavagem, a água cinza desse processo é armazenada em uma caixa de água para que possa ser utilizada posteriormente nos banheiros do Pub da cervejaria e o dreche é recolhido e depositado em toneis de plásticos para serem enviados para os produtores rurais.

Por fim é realizada fervura e adicionado lúpulo, após esse processo é realizado o resfriamento, onde a água utilizada é enviada para uma cisterna para que possa ser reutilizada, já a cerveja passa para tanques de fermentação, e posteriormente para os barris para que possam ser servidos no pub da cervejaria.

Nesse diagnostico é possível perceber que a utilização de garrafões de água mineral faz com que haja melhor economia, porém essa logística seria inviável para maiores produções, outra questão em relação ao consumo de água é que nessa cervejaria é reutilizada água em outras áreas do empreendimento fazendo com que consumo água seja bem racionalizado, já em relação a eficiência energética foi possível observar que tiveram melhorias em processos como resfriamento, e na utilização de equipamentos para que fosse melhorado a relação de consumo energético. No entanto, ainda é possível que haja novas melhorias como a geração de energia própria.

Já com relação aos resíduos foi possível notar que os resíduos orgânicos são bem explorados, com a venda para produtores rurais locais, enquanto os resíduos recicláveis podem

ser mais bem explorados, desde ações para utilização dos growlers, como própria utilização dos resíduos recicláveis para obter vantagens financeiras.

4.2.2 Microcervejaria B

A microcervejaria B fica localizada no município de Cabedelo, e foi inaugurada em 2018, atualmente essa cervejaria tem uma produção média em torno de 12 a 15 mil litros de cerveja por mês, sendo considerada uma das maiores microcervejarias do estado, tem como principais embalagens Barris de Inox 20L, 30L e 50L, além de garrafas de vidro e latas. Essa cervejaria possui além de parceria com bares no estado da Paraíba, um Brewpub localizado no mesmo local da fábrica.

Figura 10 – Visão de cima da Fábrica da microcervejaria B



Fonte: Autor

A água utilizada nessa microcervejaria é da CAGEPA (Companhia de Água e Esgotos da Paraíba) e o consumo médio da cervejaria gira em torno de 27 mil litros por mês. Com relação à sustentabilidade no uso da água, no processo de produção da cerveja na microcervejaria, ela possui um sistema fechado com torre de resfriamento, onde a água desse processo é armazenada em uma cisterna para ser utilizada em alguns ambientes do Pub. Apesar de fazer uma mensuração do consumo da água, não é feito esse acompanhamento para a produção, sendo então esse consumo impactado pelo consumo do Pub.

Em relação a energia dessa microcervejaria, foram instalados painéis solares para gerar a energia tanto do pub, quanto da fábrica. Em relação a eficiência dos equipamentos percebe-se através da análise de documentos que não houve um cálculo em relação a capacidade energética da fábrica antes da compra dos equipamentos, no entanto são realizadas manutenções periódicas nos equipamentos para mantê-los em pleno funcionamento. Por fim, atualmente o consumo da energia elétrica não tem sido monitorado, tal fator pode se dá pelo fato da microcervejaria ter implementado um sistema de geração de energia solar.

Com relação aos resíduos orgânicos da produção da cerveja, esses são doados para produtores rurais, foi percebido que há uma dificuldade da comercialização deles devido a grande quantidade gerada por mês, que gira entre 5 e 6 mil quilos de bagaço do malte. Já quanto aos outros recicláveis esses são separados e vendidos para uma associação local.

Quanto à participação e o treinamento dos funcionários em uma visão de produção consciente sustentável, atualmente a microcervejaria busca mensurar seu desempenho através de alguns KPI (Key Performance Indicator). No entanto também não são usados indicadores de sustentabilidade, nem foram realizados treinamentos nesse aspecto.

Nesse segunda microcervejaria, pode-se perceber que por apresentar uma estrutura maior, todo o processo de produção está bem alinhado no chão de fábrica, como observa-se na (figura 10). Começando com os tanques de água que são abastecidos pela água da fornecedora até os tanques de fermentação, e posteriormente tubos que vão para o pub, localizado no mesmo prédio. Existe um sistema fechado no consumo de água para que essa seja reutilizada em outros ambientes.

Com relação aos resíduos sólidos orgânicos e recicláveis esses são reaproveitados através da doação do resíduo orgânico, e venda dos resíduos recicláveis. Apesar, de apresentar boas soluções para esses resíduos, assim como é feito na microcervejaria A é possível explorar comercialmente esses resíduos orgânicos, tal fator pode ser explorado para que haja um ganho adicional para essa microcervejaria. Já em relação a energia, essa microcervejaria é que tem as melhores práticas, já que possui geração própria através de placa fotovoltaicas, além de sistema automatizado e manutenções para uma melhor eficiência energética. Com relação aos treinamentos, a empresa utiliza indicadores buscando eficiência na gestão, no entanto poderia aderir práticas e utilização de indicadores voltados para uma gestão sustentável e verde.

4.2.3 Microcervejaria C

A microcervejaria C fica localizada em João Pessoa, e foi inaugurada em 2019, atualmente tem uma estimativa de produção de 4.000 litros de cerveja artesanal por mês e tem como principais embalagens utilizadas: Barris de Inox 50L e 30L e Garrafas pet 1 litro retornável.

Em relação ao uso da água na fábrica, foi cavado um poço artesiano no local com 38 metros de profundidade, onde essa água passa por um tratamento antes de ser utilizada na produção. Atualmente na cervejaria não há controle de vazão, mas nos últimos cálculos foi constatado que é gasto entre 10 e 12 litros de água por litro de cerveja produzida. Já com relação a reutilização de água, a cervejaria utiliza um processo duplo de resfriamento, no qual o primeiro estágio utiliza água da caixa e o segundo estágio conta com um banco frio de 1000L previamente resfriado a 0° Celsius. Para isso, existem 2 cisternas de armazenamento (ver figura 5), além disso a cervejaria também tem uma caixa de água utilizada para tratamento ultravioleta.

Figura 11 – Bancos de armazenamento de água na Cervejaria C



Fonte: Autor

Sobre a variável energia, a fábrica conta com rede elétrica fornecida em sistema trifásico e um sistema solar passivo para aquecimento dos boilers, de aproximadamente 500 litros, além disso, são realizadas manutenção e melhoria contínua nos equipamentos, visando otimizar e maximizar os resultados da produção. Com relação a eficiência dos equipamentos, todos equipamentos foram mensurados e analisados de acordo com a planta energética da fábrica. Atualmente não é analisado a questão do consumo energético em Kwh consumido na produção mensal, no entanto o valor mensal pago pelo consumo de energia gira em torno de quatro mil reais, mesmo com o aquecimento realizado através do sistema passivo.

Quanto aos resíduos da produção dessa cervejaria, atualmente são gerados cerca de 150kg de bagaço drenada por semana, numa média de 600 kg de bagaço mensal, onde esse resíduo é doado para pequenos agricultores locais para alimentação de suínos e equinos em sítios. Já em relação aos outros resíduos estes são separados, tratados e destinados a reciclagem, descarte ou reaproveitamento.

Com relação a questão de treinamentos, a equipe de funcionários é composta por três profissionais qualificados pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB, sendo um engenheiro químico, um químico industrial e um Bacharel em agroindústria, esses funcionários têm treinamento nos quesitos gestão e manutenção de resíduos produtivos. Por fim, são utilizados na gestão da cervejaria indicadores de desempenho, porém, assim como a microcervejaria B os

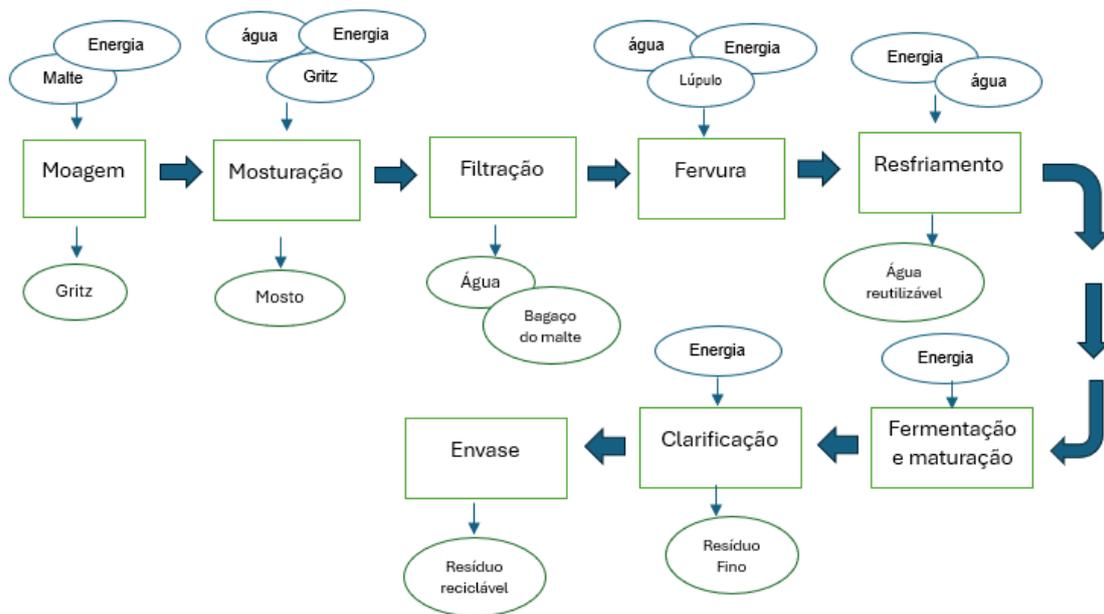
indicadores utilizados são mais focados na qualidade do produto do que indicadores que possam auxiliar na gestão de mensurar o impacto sob a sustentabilidade da produção.

A microcervejaria C utiliza água de poço para sua produção de cerveja, tal fator traz uma necessidade de mensurar consumo desse empreendimento, já que por ser água que tem baixos custos de extração, possa haver uma utilização irracional da água. Com relação a questão energética a microcervejaria buscou mensurar a capacidade dos equipamentos melhorando a questão da eficiência energética, esse empreendimento ainda possui placas fotovoltaicas, no entanto apenas para aquecer água. Assim como na microcervejaria B, seria interessante a instalação de outras placas para geração de energia elétrica também. Outra questão que esse empreendimento se assemelha a Microcervejaria B é em relação, a estarem perdendo a oportunidade de explorar comercialmente seus resíduos orgânicos, já que atualmente estes são doados também.

4.2.4 Diagnostico Final e Fluxograma das Microcervejarias A,B e C

Como se pode observar no fluxograma abaixo, a produção em todas as microcervejarias avaliadas, o processo se inicia com a moagem do malte em que se tem a entrada dos grãos de malte e energia, e tem como saída o griz (malte moido). A segunda etapa observada nessas cervejarias foi a mosturação, onde é adicionado griz e água no equipamento para fazer a mistura, logo após é realizada a filtração e tem como saída água e bagaço do malte.

Figura 12 -Fluxograma de entradas e saídas na produção da Cerveja Artesanal das Microcervejarias A, B e C.



Fonte: Autores (2024)

A próxima etapa é fervura, onde é adicionado mais água e é adicionado o lúpulo nessa etapa. Após a fervura é feito o resfriamento, onde nessa etapa normalmente é utilizado água fria, que não entra em contato com a cerveja e pode ser reutilizada. Então, nas últimas etapas que são fermentação e maturação e clarificação entra mais equipamentos que demandam energia e tem como saída resíduos finos. Por fim, no envasamento, as cervejarias variam a utilização de barril para consumo em chopeiras nos pubs, latas em alumínio e garrafas de vidro.

Os processos de produção das microcervejarias iniciam de forma muito similar, mudando apenas fornecedores dos principais ingredientes que são malte, lúpulo e leveduras. Outra diferença é com relação ao processo de moagem que em uma é realizado de forma mais manual em outro ambiente, já as maiores microcervejarias possuem moedoras na própria fábrica, mas que são máquinas que reduzem a produção de resíduos nesse processo, por serem fechadas. Uma das maiores diferenças percebidas no processo de produção entre as três microcervejaria foi a forma de uso da água para produção da cerveja, onde uma utiliza garrafas de 20 litros, outra extrai água de um poço e a outra utiliza a água da fornecedora pública. Apesar, de obterem água de formas diferente, todos três empreendimentos possuem sistema para reutilização de água, principalmente advinda do processo de resfriamento, já que essa água não entra em contato com produtos e estão próprias para uso.

Em relação ao gasto de energia, as três microcervejarias possuem pub na fábrica fazendo com que haja um maior consumo de energia, do que microcervejarias que tenham embalagens e sejam vendidas em outros locais. Porém isso, pode tornar-se uma vantagem também, já que diminui consideravelmente necessidade de transporte do produto fazendo com que gere menos poluição ao meio ambiente. Duas utilizam placas fotovoltaicas, no entanto a da microcervejaria C apenas auxilia no aquecimento da água no processo da fervura do mosto, apesar de reduzir o consumo de energia, tendo em vista que esse processo costuma consumir bastante energia, o empreendimento ainda sim possui um alto consumo de energia elétrica, que pode ser solucionado através da própria geração assim como na microcervejaria.

Todas as cervejarias buscam ter uma eficiência em relação ao consumo de energia através de manutenções dos equipamentos e busca por soluções que reduzam consumo, tais como lâmpadas por sensor, automatização do processo de produção da cerveja, e sensores inteligentes nos tanques de fermentação e freezers. Já os resíduos sólidos têm sido reaproveitados de maneira geral em todas três microcervejarias, porém com prós e contras entre elas. Por exemplo, A microcervejaria A reaproveita os resíduos orgânicos da produção da cerveja e além de reaproveitar através de uma parceria com produtores locais, explora financeiramente esse recurso. Enquanto, as outras cervejarias mesmo que também reaproveitem o resíduo com parcerias, deixam de faturar com esse recurso.

É possível perceber que as soluções para esses resíduos são bem parecidas, tornando possível que algumas microcervejarias possam se associar para explorar esse gargalo e em conjunto faturar com esses resíduos tanto orgânicos, como os recicláveis. Por fim, é preciso que os empreendimentos percebam que a economia vem se tornando cada vez mais sustentável, onde consumidores apreciam empresas engajadas com a causa ambiental. Então, ao adotar indicadores sustentáveis as microcervejarias poderiam utilizar do marketing verde como tática para que clientes perceba que produto é sustentável e possam aumentar suas vendas.

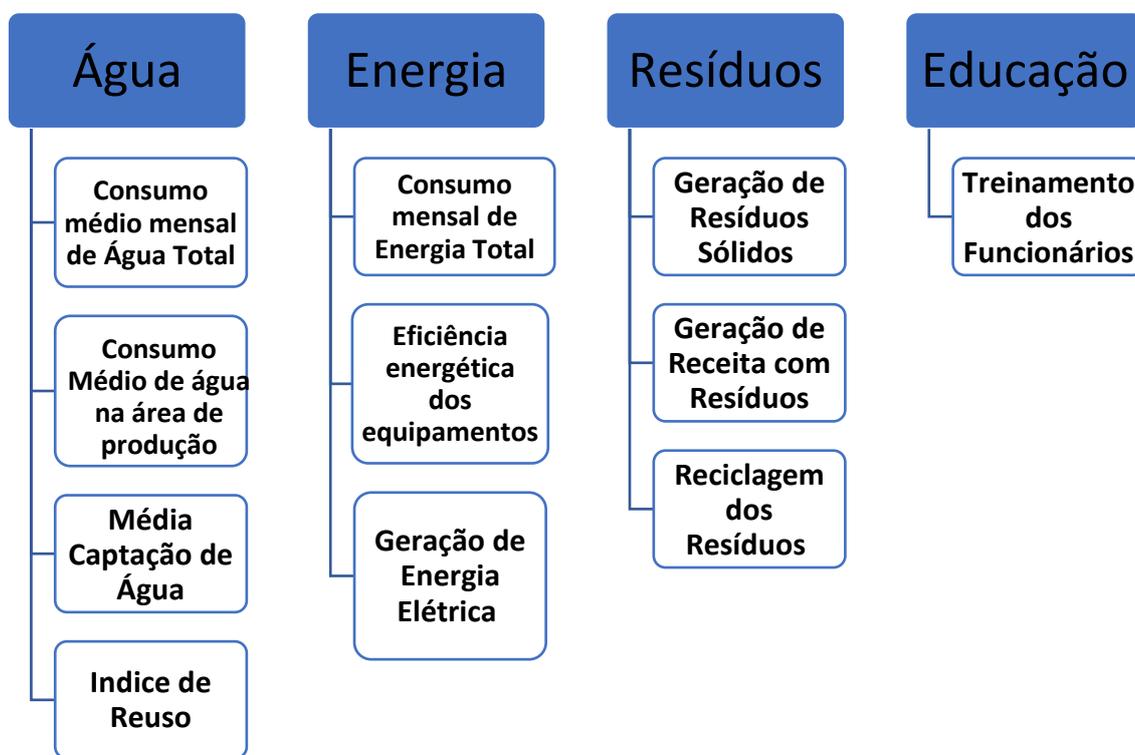
4.3 Indicadores para medir sustentabilidade da Produção de Cervejarias Artesanais

Os indicadores propostos, indicados no quadro 6, foram divididos em quatro variáveis, sendo estas Água, Energia elétrica e resíduos sólidos, Educação ambiental. Sendo quatro

indicadores para a variável água, três para variável energia, três para variável resíduos sólidos e um indicador para variável educação ambiental.

Essas variáveis foram escolhidas após análise dos estudos expostos na revisão sistemática e do diagnóstico realizados nas três microcervejarias no estado da Paraíba, onde foi observado que as variáveis escolhidas são os recursos com maior impacto ao meio ambiente na produção da cerveja artesanal.

Quadro 6 – Indicadores para medir sustentabilidade da produção de cervejarias artesanais



Fonte: Autor

4.3.1 Variável Água

Atualmente, a indústria brasileira tem sido demandada por dois grandes instrumentos de pressão. De um lado, tem as imposições do comércio internacional pela melhoria da competitividade e, do outro, as questões ambientais recorrentes tendo como principal a gestão de recursos hídricos (Cavalcante; Machado; Lima, 2013).

Esse atual modelo insiste na luta do crescimento econômico e na conservação do meio ambiente, percebe-se que a grande diversidade das atividades industriais ocasiona, durante o processo produtivo, um alto consumo de água, o que acarreta a geração de efluentes, os quais podem poluir/contaminar o solo e a água (Parente; Silva, 2002). Não se trata apenas de uma consciência ambiental ou de filantropia, deve agir como uma metodologia que permita, por análise de processos e atividades, avaliar as oportunidades para implantação de práticas que reduzam o consumo de água através da otimização do uso e principalmente do reuso, identificando-se as características quantitativas e qualitativas da água consumida e dos efluentes gerados em cada etapa dos setores (Hespanhol; Mierzwa, 2005).

Sendo assim, fica claro que a única maneira de alcançar a sustentabilidade é a partir de processos produtivos que utilizem o mínimo de água possível para a elaboração de seus produtos (Cavalcante; Machado; Lima, 2013). Diante dessa importância do controle e eficiência para o consumo de água no processo de produção da cerveja artesanal, a pesquisa apresenta quatro indicadores para esta variável.

Para que todos os indicadores possam ser calculados é necessário a instalação de hidrômetros digitais em alguns casos, tais como cervejarias que não utilizam água da companhia de água local, assim como para mensurar entrada e saída das caixas d'água para que possa ser mensurado índice de reuso, ou em casos que a cervejaria tem no mesmo ambiente a fábrica de produção e um Pub.

Em pesquisa realizada pelo autor foram selecionados dois exemplos de medidores de consumo de água que poderiam ser adquiridos para implementação do acompanhamento do consumo de água através dos indicadores propostos. Em pesquisa realizada pelo autor os preços dos hidrômetros digitais variam entre R\$ 215 e 600, podendo ter inclusive aplicativos que auxiliam no registro da variação de consumo nos últimos meses.

Figura 13 – Modelo 1 medidor de consumo de água



Novo | ~100 vendidos

Hidrômetro Residencial Digital - Medidor De Fluxo De Água

4.7 ★★★★★ (14)

R\$ 214⁷²
em 12x R\$ 20⁸⁷

[Ver os meios de pagamento](#)

Frete grátis
Saiba os prazos de entrega e as formas de envio
[Calcular o prazo de entrega](#)

VARIAÇÃO: AZUL - HORIZONTAL

Estoque disponível

Fonte: Pesquisa Google

O primeiro modelo (ver figura) é modelo mais simples e barato, onde os registros teriam que ser realizados por funcionário da microcervejaria periodicamente. Para que os indicadores pudessem ser calculados.

Figura 14 – Modelo 2 de medidor de consumo de água

Inicio ► MEDIDOR DE ÁGUA

Medidor De Água Wi-fi SM-WA

Código: smwa
5 de 5 ★★★★★ (1)

Selecione a opção de **ACESSÓRIOS ÁGUA:**

- 1 HIDRÔMETRO 3/4" SAGA**
- 1 SENSOR DE VAZÃO DE 1/2" COM SAÍDA P
- 1 SENSOR DE VAZÃO DE 3/4" COM SAÍDA P
- SM-WA SEM SENSOR

R\$ 599,99
até 6x de R\$ 99,99 sem juros
ou R\$ 581,99 via Boleto Bancário

Já segundo modelo apesar de ser mais caro, tem um aplicativo que disponibiliza automaticamente informações sobre consumo, semanal ou mensal. Ao adquirir esses hidrômetros é possível fazer cálculo de todos os indicadores.

4.3.1.1 Consumo médio mensal de Água Total

Essas medidas podem ser verificadas através de hidrômetro instalado pela companhia de água no caso da Paraíba CAGEPA e pelo inventário de produção mensal. No entanto, em alguns casos é necessário a instalação de hidrômetro digital, casos como da cervejaria C que utiliza água de poço e da cervejaria A, que utiliza água mineral e armazena em tanque. Tal indicador poderá ser verificado de acordo com a disponibilidade da cervejaria quanto a um funcionário para tal tarefa, podendo então ser medido mensalmente, trimestralmente ou semestralmente. Enfim, quanto menor for o consumo de água por litro consumido no ambiente por cada litro de cerveja produzido melhor será a avaliação desse indicador.

A matriz hídrica brasileira tem sido significativamente afetada nos últimos anos, isso se dá devido a diversos fatores, dentre eles se tem as mudanças climáticas, o uso descontrolado desse recurso, má gestão pública, falta de investimentos em preservação ambiental (SILVA et al., 2016). Surge então a necessidade urgente de desenvolver processos mais enxutos, relacionados à utilização da água.

Observa-se que no processo de produção de uma cervejaria brasileira, para se produzir 1 litro do produto acabado de cerveja pilsen, utilizam-se em média 8 litros de água (Trommer, 2011) acarretando, assim, um grande consumo de água para a fabricação desse produto altamente consumido pelos brasileiros (Morado, 2017). No entanto, a relação “consumo de água/ produção de cerveja” varia também de modo bastante significativo conforme o porte das instalações, sendo que a tendência geral é que quanto menores as instalações, maior o consumo relativo (CNTL, 2003).

Em alguns casos os empreendedores do setor da cerveja artesanal, inserem Brewpubs dentro ou ao lado de suas produções. Em livre tradução Brew Pub significa “bar da cerveja”, são os locais onde a cerveja é produzida e vendida no próprio estabelecimento. A grande

vantagem desse tipo de estabelecimento é que o cliente prova a cerveja assim que ela sai do processo de produção, sem sofrer danos no engarrafamento e transporte (Lopes et al,2017).

Portanto, é preciso que a cervejaria possa racionalizar a água tanto no processo de produção da cerveja como também de comercialização, que nesse caso estão inseridas no mesmo local. Por isso, é importante que seja dividido em dois indicadores, para que o gestor saiba de onde está vindo a economia ou excesso de gasto de água. Sendo assim, o próximo indicador servirá apenas para a produção da cerveja.

4.3.1.2 Consumo Médio de água na área de produção

Para mensurar tal indicador será necessário que haja um medidor de vazão instalado especialmente nas saídas de água utilizadas no processo cervejeiro. De um modo geral a água consumida na planta da cervejaria artesanal no período de um mês, 80% da mesma é empregada no processo produtivo (produção da cerveja, limpeza e assepsia das panelas para produção do mosto cervejeiro, limpeza dos tanques de resfriamento, limpeza dos barris, resfriamento do produto). Sendo esses usos da água dividida no processo cervejeiro através de vários tipos de água, com tratamentos adequado para cada função desenvolvida, como por exemplo, temos:

- Água de fabricação – necessita de um bom tratamento já que esse tipo de água atua como ingrediente.
- Água de processo – é utilizada para lavar e esterilizar equipamentos, reatores, encanamentos, ou seja, toda superfície em que a cerveja entra em contato e pode ser usada para a pasteurização e refrigeração. Deve ser potável.
- Água de uso geral – como o próprio nome diz, esse tipo de água é utilizado para tarefas cotidianas, geralmente utilizada nos escritórios.
- Água de serviço – utiliza-se em caldeiras, portanto devem ser totalmente desmineralizadas.

Segundo um estudo do UNEP (1996) em média nas cervejarias as operações de limpeza e desinfecção correspondem a 44% do volume utilizado, o preparo do mosto à 20%, o resfriamento 11% e outros processos mais perdas cerca de 25%, valores esses que demonstram que são grandes as oportunidades de otimização do consumo de água no setor. Em uma produção em escala industrial, o consumo de água é de, aproximadamente, 6 litros para cada

litro de cerveja produzido e é dividido nos quatro tipos de água definidos anteriormente. Na produção utiliza-se cerca 1,7l para a produção de mosto, 0,8l para a fermentação e maturação e 0,4 hl por filtração (Priest; Stewart, 2006). Por fim, quanto menor for o consumo de água por litro de cerveja produzido melhor será a avaliação desse indicador.

4.3.1.3 Índice de Reuso

Para que esse indicador possa ser calculado seria necessário a instalação do medidor de vazão na cisterna ou caixa d'água do empreendimento. Para avaliá-lo quanto maior for o índice de reuso, melhor será avaliado.

No Brasil, a água das regiões áridas e semiáridas sempre foi um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. A região Nordeste é conhecida por suas secas cíclicas e prolongadas que afetam as atividades econômicas e o cotidiano das comunidades e por ser densamente povoada quando comparada às outras regiões do país. Outro fator limitante para o desenvolvimento desta região é a crise de governança da água, já que a distribuição geográfica e social faz com que a água não chegue de forma adequada e frequente a todos os nordestinos (Silva; Ferreira; Santos, 2019).

O uso de tecnologias apropriadas para o aproveitamento dessas fontes, como o reuso da água, constitui-se hoje juntamente com a melhoria da eficiência do uso desse recurso e o controle de sua demanda como estratégia básica para a solução do problema de escassez hídrica. A fim de reduzir o consumo e reaproveitar o efluente gerado no resfriamento, Medeiros (2017) sugere adotar sistemas de recirculação de água, investindo em caixas d'água ou cisternas para armazenamento do efluente, com tubulações e bomba para retornar para ser novamente utilizado no processo. Já, Feng et al. (2009) demonstra que um sistema integrado de água, que inclui a destinação da água residual de outras operações, pode proporcionar uma redução significativa no consumo de água limpa e, conseqüentemente, no efluente gerado, em cerca de 10%.

Para um planejamento racionalizado da utilização da água no processo de produção da cerveja, o balanço entre o volume captado e o volume reutilizado, na busca da redução do volume de água a ser captada para continuidade do sistema se traduz como sendo a situação

ideal; com a administração da água com melhor qualidade voltada aos usos que a requerem e a qualidade inferior aos usos menos exigentes (Stoeglehner et al., 2011).

4.3.1.4 Captação de Água Total

Esta medida servirá como um parâmetro para a eficiência do impacto que os outros indicadores terão sob consumo, será calculado através da média dos últimos doze meses de consumo para que o gestor possa avaliar, se essa média está diminuindo de acordo com o tempo, quanto menor for a captação melhor será avaliado o indicador.

A grande maioria das microcervejarias utilizam a captação de água do sistema público, portanto é preciso mensurar o impacto que essas empresas podem causar aos açudes locais. Hoje em dia, a determinação da quantidade de água anual total utilizada para as diversas formas de uso, consumo e poluição de água doce aplicadas na produção de bens e serviços relacionados com o consumo de uma população, serve de ferramenta para mensurar o impacto da produção de commodities (Hoekstra; Chapagain, 2007).

Sendo assim, esse indicador funciona como suporte para avaliação dos indicadores anteriores, sendo que quanto menor for a captação de água, melhor estão os resultados dos indicadores antecedentes. Pois, quanto maior for a eficiência da produção de cerveja, assim como quanto maior for o índice de reuso, menor será a utilização da água do sistema do local.

4.3.2. Variável Energia elétrica

No processo produtivo da cerveja artesanal, percebe-se que o consumo de energia elétrica é elevado, principalmente devido ao controle térmico realizado em várias etapas do processo. O setor cervejeiro brasileiro é amplo e abrange desde o agronegócio até o pequeno varejo. Com mais de 2,2 milhões de empregados e uma cadeia produtiva que envolve diversos setores, a indústria cervejeira é um dos principais pilares da economia brasileira.

No mercado de cervejas artesanais, que representa cerca de 2,5% a 2,7% da produção total, o alto custo com energia elétrica é um desafio para esse setor. André Salles, presidente executivo da CervBrasil listou, no ano de 2016, o elevado custo com energia elétrica como

sendo um dos principais desafios no processo de produção de cerveja, devido aos controles rigorosos de temperatura no processo de produção e manutenção da qualidade da cerveja.

As pequenas cervejarias apresentam um consumo de quase 18 litros de água e um consumo elétrico de 6,41 kWh, para cada litro de cerveja produzida. Enquanto as grandes cervejarias, mostram uma maior eficiência, e consomem 4,89 litros de água e um consumo elétrico de 0,55 kWh, para produzir um litro de cerveja (Brewers Association, 2017). Os principais usos de eletricidade numa cervejaria são: envase, instalações de refrigeração, planta de ar comprimido, planta de recuperação de CO₂, equipamentos de ar-condicionado, e outros usos podem se tornar significativos, como bombas, compressores, ventiladores e iluminação.

4.3.2.1 Consumo mensal de Energia Total

Ao avaliar esse indicador é gestor buscará reduzir ao máximo o consumo de quilowatt-hora (kWh) por litros de cerveja produzido. O consumo de energia elétrica da indústria se concentra principalmente na planta produtiva da cerveja, uma vez que consome cerca de 70% do total de quilowatt-hora (kWh) no período de 30 dias de produção. Quanto à eletricidade, uma cervejaria otimizada consome cerca de 8 a 12 kWh/l cerveja, dependendo do produto e processo utilizados, sendo que o mau uso de energia pode duplicar este valor (CNTL, 2003).

Não há um consenso dos valores de energia que uma cervejaria deva gastar, pois depende muito da sua planta e de seus equipamentos, mas os usos em excessos podem ser identificados. Sendo de grande importância a redução no consumo de recursos energéticos, pois está diretamente ligada à diminuição de custos, podendo ser revertidos em retorno financeiro para a empresa (CNTL, 2003).

4.3.2.2 Eficiência energética dos equipamentos

Um equipamento que está muito acima da necessidade é normalmente custoso para cervejaria, da mesma forma que um equipamento que trabalha sempre no seu máximo. Para avaliação desse indicador é necessário comparar como está sendo a evolução do consumo energético no empreendimento, assim é possível perceber oscilações e detectar como estão sendo feitas as manutenções e conservação de energia.

A eficiência energética é um componente importante da estratégia ambiental de uma empresa (Grossman, 2010, Jürgen, 2011). As soluções de fim de ciclo podem ser caras e ineficientes, enquanto a eficiência energética pode muitas vezes ser uma oportunidade barata para reduzir critérios e outras emissões poluentes. A eficiência energética pode ser uma estratégia eficaz para trabalhar no sentido do chamado “resultado triplo”, que se centra nos aspectos sociais, econômicos e ambientais de uma empresa.

De acordo com Schaltteger et al. (2012) verificar a eficiência dos processos auxiliares contribuem de forma significativa para consumo, tais como: Ineficiência dos refrigeradores no resfriamento do mosto, na fermentação e na maturação, caldeiras e compressores de ar. Enquanto os motores elétricos e equipamentos de refrigeração são responsáveis por 46% e 32% respectivamente, do consumo total dos equipamentos da fábrica.

4.3.2.3 Geração de Energia Elétrica

Esse indicador demonstrará quanto de energia está sendo consumida, após a instalação da fonte de energia renovável. Para isso será utilizado o medidor bidirecional que tem como função medir continuamente o consumo de energia elétrica, indicando o que é consumido e o que é injetado na rede elétrica pública. Para uma instalação solar é necessária a troca do medidor convencional por um bidimensional, sendo a concessionária de energia local a responsável por realizar a troca e instalação, mediante solicitação, onde tal solicitação passará por algumas etapas, e apenas após ser aprovado haverá a troca do medidor convencional para o bidirecional. Depois de instalada, a concessionária é quem fica responsável por sua operação e manutenção, incluindo os demais custos que isso possa envolver (Solis Energia, 2020). Esse indicador poderá servir para que os gestores acompanhem o nível de contribuição da geração de energia renovável para que à medida que a energia consumida for crescendo, possa haver um planejamento para melhoria do sistema de geração de energia renovável. Para avaliação desse indicador quanto mais próximo de 1 melhor será a avaliação dele, já que demonstrará que menos energia está sendo consumida através do abastecimento público.

O setor industrial foi responsável por 33% do consumo energético total do país, sendo 9,2% desse consumo referente à indústria de alimentos e bebidas, isso evidencia que este segmento industrial é o maior consumidor de energia do setor elétrico brasileiro (EPE, 2017). Nesse contexto, o cenário atual das energias renováveis no Brasil surge como uma importante

fonte aliada às práticas de ESG (Environment, Social and Governance) e na redução de custos com insumo de energia elétrica no processo de produção industrial (D'isep, 2021).

A redução no consumo de energia elétrica nas indústrias acaba por gerar economia energética viabilizando a redução de custos de produção (Mosko, 2010), tornando a introdução de energias renováveis na microcervejaria, como a fotovoltaica relevante para a execução da sustentabilidade e redução de custos. A instalação de painéis solares na microcervejaria permite a produção sustentável e renovável de energia elétrica a partir da luz solar. Isso pode reduzir a dependência de fontes convencionais de energia, diminuir a pegada de carbono e promover a sustentabilidade. Os painéis fotovoltaicos convertem a luz solar em eletricidade, alimentando os equipamentos e processos da microcervejaria.

4.3.3. Variável Resíduos Sólidos

De acordo com o SINDICERV (Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja), com base em cálculos realizados em 2022, anualmente, o Brasil fabrica na marca de 15,4 bilhões de litros de cerveja, ocupando o terceiro lugar na lista dos maiores fabricantes de cerveja no mundo (ESTADÃO, 2023). Toda essa produção de cerveja gera uma grande quantidade de resíduos sólidos que podem ser divididos entre o bagaço de malte, levedura de cerveja e trub (Cerveja e Malte, 2023).

Cada etapa do processo tem uma geração específica de resíduo, onde a água é praticamente onipresente. Dentre estes resíduos, há também o bagaço de malte obtido a partir da filtragem do mosto, os grãos residuais a partir da obtenção do próprio malte, o trub através da clarificação do mosto e filtragem do mesmo após a fermentação e a levedura que é retirada após o processo fermentativo (Dias, 2014; Romão, 2020). Normalmente, esses resíduos costumam ser ignorados. Entretanto, esses itens podem possuir composições consideráveis de macro e micronutrientes, permitindo que sejam usados para o fornecimento alternativo de nitrogênio e carboidratos, funcionando na substituição de fontes sintéticas nos bioprocessos em geral.

Anualmente o setor de processamento de alimentos e bebidas gera grandes quantidades de subprodutos comestíveis, como a dreche por exemplo, o que impacta no desperdício de

alimentos, no Brasil e no mundo. Portanto, o aproveitamento dessas matérias-primas pode resultar em inovação tecnológica e alimentícia (Fao, 2019). Além disso, o resíduo orgânico é rico em carboidratos e compostos fenólicos, sendo uma matéria-prima valiosa em diversos processos de fabricação, como na produção de xilitol (adoçante natural), ácido lático alimentício e compostos fenólicos, antioxidantes importantes em termo nutricional (CERVEJA e MALTE, 2023).

4.3.3.1 Geração de Resíduos sólidos total na Microcervejaria

Esse indicador busca avaliar como está sendo a geração de consumo na microcervejaria de modo geral, incluindo desde recepção da matéria-prima até embalagem do produto. Para avaliá-lo será considerado que quanto menor for a geração de resíduos melhor será o desempenho desse indicador.

A Lei 12.305/2010 - PNRS regulamenta a destinação final dos lixos produzidos proibindo seu descarte no meio ambiente, em lixões ou aterros sanitários e queimadas a céu aberto e incentivando à reciclagem e a compostagem. Por isso o reaproveitamento dos resíduos sólidos é uma das alternativas mais eficazes para as indústrias atualmente, tendo como consequência a diminuição e até mesmo a eliminação dos impactos ambientais que o descarte inadequado pode causar

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS define resíduos industriais como aqueles gerados nos processos produtivos e instalações industriais. Inclui-se também grande quantidade de material perigoso, que necessita de tratamento especial devido ao seu alto potencial de impacto ambiental e à saúde (MMA, 2012).

Em todo o processo da cervejaria são gerados resíduos recicláveis tais como papel, papelão, plástico, metal, alumínio, vidro, madeira, bagaço de malte, entre outros. O processo de fabricação de cerveja artesanal produz uma quantidade de resíduos sólidos, consideravelmente elevada, cerca de 300 gramas de sólido por litro de cerveja produzida. O bagaço de malte compõe 98,03% de todo resíduo sólido gerado na indústria. A composição do resíduo sólido de malte, também chamado de bagaço de malte, resultante da matéria-prima para a produção do mosto cervejeiro, é basicamente composta por celulose (16,8 - 20,6%),

hemiceluloses (18,4 - 28,4%), lignina (9,9 - 27,8%), proteínas (15,3 - 26,6%), extrativos (5,2 - 5,8%) e cinzas (2,7 - 4,6%) (Mussatto; Roberto, 2006). Já Pesquisadores da Universidade de Minho, em Portugal, fizeram um estudo sobre a reutilização do bagaço de malte e revelaram que representam 85% dos subprodutos provenientes da indústria cervejeira, ou seja, 100 litros de cerveja produzidas geram 20 kg de bagaço (CERVEJA e MALTE, 2023).

Em menor percentual, cerca de 0,67% do total residual gerado no processo de fabricação, a levedura gerada através da multiplicação da mesma durante o processo de fermentação fica depositada no fundo dos tanques de maturação, e é retirada e estocada para reutilização. O excedente de leveduras produzidas no processo de fermentação, atualmente na indústria, é novamente inserido em um novo processo de fabricação, uma vez que o levedo permite ser reutilizado de 6 a 7 vezes, sem perder potencial fermentativo.

Ao dar ênfase na produção de cerveja, além de todos os resíduos gerados, cerca de 85% é o bagaço de malte. Por não apresentar um grande valor agregado, o seu destino complementa a dieta de animais de produção, principalmente gado de leite (Faccenda et al., 2020). Sua composição é rica em nutrientes que além de complementarem a alimentação de animais, podem também aumentar o valor nutricional de produtos já existentes no mercado. Segundo Mussato et al. (2006), este subproduto é uma fonte barata de fibra, apresentando aproximadamente 70% bs (em base seca) de fibra e 20% bs de proteína, podendo proporcionar diversos benefícios se inserido na dieta humana. Assim como o indicador mencionado anteriormente, esse indicador é avaliado com relação inversa sendo que quanto menor o resultado do indicador melhor será sua avaliação.

4.3.3.2 Geração de Receita com Resíduos

A indústria cervejeira gera altos índices de resíduos, como bagaço de malte, leveduras e lúpulo (Gupta; Ghannam; Gallagher, 2010) e deve estar focada na reutilização destes resíduos gerados no processo de fabricação. Pode-se viabilizar a revenda destes resíduos para mercados secundários, eliminando a necessidade de disposição dos mesmos (Olajire, 2012). A utilização do resíduo de produção de cerveja para ração animal. Utilização e comercialização de

subprodutos gerados na produção. Pode-se viabilizar a revenda destes resíduos para mercados secundários, eliminando a necessidade de disposição dos mesmos (Olajire, 2012).

Já Gonçalves et al. (2014) sugere que a conversão desses resíduos para produtos mais nobres agregaria valor econômico, ajudaria a reduzir o custo de descarte dos resíduos. Na indústria estudada, os resíduos sólidos da cerveja são cedidos gratuitamente para uma granja de suínos da região. Segundo a gerência, a falta de lucratividade da indústria com esse resíduo é em vista da dificuldade de se conseguir um parceiro fixo comprometido com a coleta na indústria.

No entanto, a principal preocupação diante desse subproduto é o seu armazenamento adequado. Por ser obtido através da produção da cerveja, sendo mais exato, após a filtração. De acordo com Ascheri (2007) o bagaço de malte caracteriza-se por ter alto teor de umidade 86% por isso, para ser armazenado de maneira correta, sem que haja ações microbiológicas que possa influenciar na utilização do bagaço, a secagem é um método de conservação que previne ações que possam diminuir o teor de fibras e nutrientes. Para avaliação desse indicador será através de uma relação direta, sendo então quanto maior geração de receita com resíduos melhor.

4.3.3.3 Reciclagem dos Resíduos

Para isso é calculado quantos quilos foram enviados para reciclagem dividido por quantos quilos de resíduos recicláveis foram gerados, no caso é necessário separar os resíduos recicláveis dos orgânicos provenientes da produção da cerveja artesanal.

Mais da metade dos resíduos gerados na microcervejaria consiste em resíduo orgânico referente ao bagaço de malte, resíduo de leveduras, perdas de cereais úmidos, entre outros. No entanto em microcervejarias também gera resíduos recicláveis como plástico, papelão, vidro, papel. Esses resíduos são gerados tanto no processo de embalagem como em atividades secundárias a produção. Para isso é preciso que seja mensurado não apenas os resíduos orgânicos como também resíduos que possam ser reciclados ao invés de descartados.

4.3.4. Variável educação ambiental

Segundo Olajire (2020) Mudanças de processos, tecnológicas, de equipamentos e de gestão podem ajudar a reduzir o impacto de uma cervejaria, no entanto, as mudanças no comportamento e atitude dos funcionários podem ter um grande impacto. A equipe deve ser treinada para ter uma abordagem de sustentabilidade nas atividades do dia a dia. Uma prática para aprimorar esses assuntos pode ser programas com feedback regular sobre o comportamento dos funcionários, como sistemas de recompensas e benefícios para funcionários com atividades.

4.3.4.1 Treinamento dos Funcionários

As microcervejarias e produtores de cervejas artesanais enfrentam desafios, como as etapas produtivas que muitas vezes são realizadas por apenas um técnico, ou às vezes apenas pelo proprietário, com operações predominantemente manuais. A limitação de recursos de automação implica que a coleta de dados, quando feita, seja executada de forma manual e dificulta a otimização dos processos. Desta forma, o processo de monitoração da produção fica mais suscetível a erros humanos e perda de informações.

Por isso, em um aspecto mais amplo do desenvolvimento sustentável, Smil (2016) ressalta que é necessário a utilização racional e moderada de recursos e buscar formas de reduzir o consumo. Além disso, o autor destaca que a disponibilidade e extração de recursos naturais é uma forma indispensável para a manutenção e o avanço, e aponta algumas formas de reduzir o impacto desse processo. Para isso todos os funcionários devem ser ensinados a ter uma abordagem mais sustentável nas atividades diárias e estar ciente dos planos e objetivos de sustentabilidade, para isso é preciso criar normas para que a cervejaria tenha metas quanto aos indicadores mencionados acima, para que então possa treiná-los de acordo, assim como se possível implementar sistemas de recompensas para estimular esse.

Quadro 7- Indicadores de Sustentabilidade para Microcervejarias Artesanais a Luz da Produção Mais Limpa.

Variável	Indicador	Descrição / Equação	Fonte Base para
Água	Consumo médio mensal de Água Total	Esse indicador busca mensurar o consumo da cervejaria como um todo. Consumo de água (m ³) / produção de cerveja (Litros).	Mensurar através da conta de água ou hidrômetro e inventario da produção mensal
	Consumo Médio de água na área de produção	Esse indicador busca mensurar o consumo de água da cervejaria durante a produção. Consumo de água (m ³) na área de produção / produção de cerveja (Litros).	Mensurar através do hidrômetro e inventario da produção mensal
	Índice de reuso	Esse indicador mede quanto da água utilizada é reutilizada. Quantidade de água armazenada / quantidade de água consumida	Mensurar através do hidrômetro
	Captação de Água Total	Esse indicador mede quanto água é necessário para cervejaria. Média dos últimos três meses de consumo de água na microcervejaria	Mensurar através da conta de água ou hidrômetro
Energia	Consumo mensal de Energia Total	Esse indicador irá avaliar quanto de energia elétrica é consumida para cada litro de cerveja artesanal produzida. Consumo em quilowatt-hora (kWh) e divide pela produção de cerveja em Litros	Conta de Energia e inventario da produção mensal
	Eficiência Energética	Esse indicador busca mensurar conservação energética do estabelecimento. Consumo de energia mensal / Média do consumo energia nos últimos 12 meses	Conta de Energia
	Geração de Energia Elétrica	Esse indicador irá avaliar quanto da energia gerada está impactando no consumo da cervejaria. Energia gerada / pelo consumo energia mensal.	Conta Energia e Medidor Bi direcional

Resíduos sólidos	Geração de Resíduos sólidos total na Microcervejaria	Busca analisar o impacto da microcervejaria em relação a geração de resíduos sólidos, Pesos de todos os resíduos gerado (Kg) / litros produzidos de cerveja artesanal.	Inventario da produção mensal
	Geração de Receita com Resíduos	Esse indicador serviria para mensurar quanto a cervejaria estaria conseguido transformar uma despesa em receita, para Valor por quilograma de resíduo gerado pela cervejaria (R\$) / litros produzidos de cerveja artesanal.	Inventario da produção mensal
	Reciclagem dos Resíduos	Esse indicador irá calcular quanto dos resíduos gerados na microcervejaria tem sido reciclado Resíduos em kg gerados / resíduos em kg foram enviados para reciclagem ou reaproveitamento.	Inventario da produção mensal
Educação ambiental	Treinamento dos Funcionários	Esse indicador tem como objetivo demonstrar como a microcervejaria tem se adequado à sustentabilidade, e como essa visão sustentável tem impactado a microcervejaria. Esse indicador será obtido através da relação entre treinamentos e obtenção de resultados com relação aos indicadores expostos anteriormente	Inventario da produção mensal

Esses indicadores irão auxiliar os donos das cervejarias artesanais analisar a sustentabilidade da sua produção cervejeira, além de gerir a utilização de água, energia e resíduos. Isso permite analisar o desempenho, comparar com outras cervejarias e desenvolver planos e estratégias sustentáveis. Onde, uma revisão sistemática das operações e métricas permite uma compreensão sobre o desempenho da sustentabilidade. Tais indicadores e a criação de um guia para que as cervejarias locais possam participar de uma rede de influência. Os cervejeiros artesanais são caracterizados pela colaboração e ações coletivas entre as partes interessadas, portanto, as motivações para ações de sustentabilidade dessas empresas estão relacionadas e apoiadas por redes locais e relações das partes interessadas. A sua inserção situada e a influência dos pares podem ajudar em iniciativas e ações de sustentabilidade (Luederitz et al., 2021). Fazendo com que essas cervejarias desempenhem um papel importante na adoção de novas práticas, técnicas e iniciativas de sustentabilidade.

Após as primeiras etapas da pesquisa percebe-se que o mercado microcervejeiro ou das cervejas artesanais teve um desenvolvimento acelerado nos últimos dez anos, isso fez com que surgisse um interesse quanto ao assunto. Dentre os tópicos que têm atenção tanto do setor produtivo, como do setor acadêmico pode-se destacar o consumo de água e energia e a destinação dos resíduos de produção. Essas questões têm gerado uma grande quantidade de estudos sobre esses tópicos, sendo então uma conexão positiva entre o mercado e o meio acadêmico. Esse fator é muito importante, pois ao trabalhar em conjunto ambos podem acelerar esse processo de maturação do setor e auxiliar nesse momento inicial desse âmbito.

Dentre essas variáveis a água tem sua grande influência, pois conforme De Ávila et al (2022) a cerveja é composta por aproximadamente 95% de água, e por esse motivo, a qualidade dessa matéria-prima, assim como os demais ingredientes, influencia significativamente no estilo que será produzido. A água está presente em todos os processos, desde a fabricação, fermentação/maturação, filtração e higienização. Além disso, a água é empregada no processo de engarrafamento, na geração de vapor ou para sistemas de refrigeração, entre outras aplicações. Por isso, é importante controlar o consumo de água na produção da cerveja artesanal em pequenas cervejarias, diante desse fato são apresentados quatro indicadores que podem auxiliar no monitoramento do uso do recurso, servindo tanto como ferramenta para gerenciar eficiência no uso do recurso como também no monitoramento da sustentabilidade.

Durante a pesquisa, ao analisar tanto os trabalhos realizados no tópico, como a visão dos proprietários das microcervejarias foi possível perceber que ambos têm uma noção da importância da água, não apenas na qualidade para produção da cerveja, mas também em relação a conservação dela. Esse ponto é bastante positivo já que apesar de persistir no Brasil a ideia de abundância de água tratada disponível para o consumo, sabe-se que sua oferta não é uniforme entre as regiões brasileiras, apresentando contrastes em relação ao percentual de domicílios atendidos por rede de distribuição de água tratada. Ou seja, enquanto 87,5% dos domicílios da região Sudeste são atendidos por rede de distribuição, na região Nordeste observa-se um índice em torno de 58,7% (RODRIGUES; BATISTELA, 2013). No entanto, apenas implementar ações que almejam tal objetivo não é suficiente, é preciso monitorar quais os reais impactos que essas ações têm atingido.

Como demonstrado nesta pesquisa, muitos desses estudos foram desenvolvidos nos últimos cinco anos, quando no país houve um crescimento do setor gerando interesse de outras esferas. Em conversa com o proprietário da (Microcervejaria A), uma das microcervejarias visitadas durante a pesquisa, foi mencionado que ele acredita que o mercado nos próximos anos deve enfrentar uma maturação, pois nesse começo em grande parte das microcervejarias cresceram sem planejamento e mais de forma aventureira. Foi inclusive mencionado que a pandemia do Covid-19 acabou antecipando esse processo, já que durante esse período várias microcervejarias tiveram dificuldades e acabaram fechando as portas durante ou pós pandemia.

De acordo com essa visão do empreendedor a presente pesquisa se mostra importante como uma ferramenta de controle e gestão, além de adequar as empresas a uma visão mais sustentável que inclusive pode ser utilizada como forma de marketing verde. De acordo com Da Silva Cunha et al (2023) o crescente interesse da população em manter uma vida mais sustentável, a demanda por produtos ecologicamente corretos se intensificou, sendo assim o mercado atual se depara com consumidores mais conscientes e exigentes, que dão preferência à produtos que passam por processos produtivos comprometidos com a saúde e com o meio ambiente. Portanto, as empresas vêm investindo em pesquisas de inovação sobre práticas sustentáveis, além do desenvolvimento de matérias primas ecológicas, dando origem ao marketing verde que é um conjunto de estratégias de marketing utilizado pelas empresas para vender seus produtos e ao mesmo tempo apresentar as práticas ecologicamente corretas adotadas para esta finalidade.

4.4.1 Validação dos Indicadores

Como forma de validar os indicadores propostos foi realizado um grupo focal através da plataforma digital *Google Meet*. Essa reunião aconteceu no dia 23 de novembro de 2023 e contou com onze participantes, o pesquisador dessa tese, os três participantes responsáveis das cervejarias que foram visitadas durante a pesquisa, mais dois funcionários da Microcervejaria B e C. Além desses participantes foram incluídos outros cinco participantes que são do setor de cervejas artesanais, um funcionário de uma microcervejaria localizada no Rio de Janeiro- RJ, um proprietário de uma Microcervejaria em Natal-RN, um consultor que tem curso sobre mestre cervejeiro e auxilia na montagem de microcervejarias, e dois professores desse mesmo curso

que já foram proprietários de microcervejarias. Durante o grupo focal foram apresentados um indicador por vez, e discutidos sobre a importância e a viabilidade de inseri-lo na gestão das cervejarias, assim como na pesquisa foram apresentados os indicadores separados por suas variáveis, esse trabalho traz quatro variáveis água, energia, resíduos e educação, que podem auxiliar na tomada de decisão, durante o grupo focal foi mencionado que a implementação dos indicadores poderiam ser importante para auxiliar na percepção da efetividade de ações implementadas nas cervejarias

Porém, no início das apresentações foi mencionada uma questão que não teria sido discutida anteriormente em revisões, que seria a falta de profissionais em microcervejarias, pois muitas vezes o proprietário tem poucos funcionários que acabam acumulando funções entre a produção e atendimento aos clientes, como no caso das cervejarias que possuem pub, dificultando eles a aderirem possíveis melhorias gerenciais, apesar dessa dificuldade apontada na discussão foi apontada uma possível solução para essa dificuldade, já que a mensuração e acompanhamento não precisaria ser diário ou mensal, poderia ser trimestral ou semestral, até mesmo anual.

O primeiro indicador abordado foi consumo médio mensal de água total, sendo este mensurado através do consumo de água em litros dividido pela produção de cerveja também em litros. Esse indicador foi mencionado como importante e comentaram inclusive que esse costuma ser um dos principais indicadores em grandes cervejarias. A maioria dos participantes consideram viável a implementação deste indicador, apenas alguns mostraram que teriam dificuldades nessa mensuração, pois seu consumo seria em duas vias, água da fornecedora e em galões de água mineral, enquanto outros dois utilizavam poços artesianos que não possuíam hidrômetros para medir esse consumo da água.

Já em relação ao segundo indicador consumo Médio de água na área de produção que é mensurado pelo consumo de água apenas na produção por litros de cerveja produzidos apenas dois dos participantes do grupo focal teriam condições atualmente para mensurar tal indicador, isso porque para esses participantes a cervejaria não possuem pub e tem apenas a produção para aquele prédio. Enquanto, outros microcervejeiro, ou tinham fábrica e pub num mesmo prédio e apenas um hidrômetro ou também houve casos de o proprietário ter sua residência na parte de

cima da fábrica, fazendo com que necessitasse a separação desse consumo através da instalação de algum medidor de vazão na parte de acesso a água da produção.

Outro indicador discutido foi o índice de reuso que é medido através da divisão da quantidade armazenada de água pelo volume consumido. Para esse indicador a maioria dos participantes consideraram importante mensurá-lo já que segundo eles atualmente não teriam uma forma de analisar qual efeito estaria tendo seus sistemas de reuso. A maior parte dos participantes tem um sistema para armazenar a água utilizada no processo de resfriamento da cerveja, no entanto, atualmente não consegue saber a dimensão do impacto, como também se é necessário aumentar ou não o tamanho das cisternas, por exemplo. Outro fator que esse indicador poderia contribuir seria ao comparar cervejarias com e sem sistemas de reuso de água para que pudesse medir a relação desse indicador com os indicadores mencionados anteriormente.

Por fim, o último indicador (Captação de Água Total) teve certo pensamento avesso, pois os participantes consideraram desnecessário, esse indicador na verdade deveria ser utilizado mais como um parâmetro de comparação para que o microcervejeiro conseguisse enxergar a evolução no uso da água. Porém, como esse indicador não agradou os participantes do grupo focal, e sendo esses validadores dos indicadores, esse indicador foi invalidado e optativo sua utilização como parâmetro de evolução dessa variável.

Já em relação aos indicadores da variável energia, o primeiro discutido foi o consumo médio mensal de energia total que é mensurado através do Consumo quilowatt-hora (kWh) pela produção de cerveja em litros, para esse indicador foi mencionado um possível dificuldade já dita em um indicador da variável água, que seria questão da energia utilizada ser dividida entre fábrica e pub, fazendo com que dificulte essa medição já que no pub tem equipamentos como ar condicionados e refrigeradores que demandam um gasto de energia alto. No entanto, o indicador busca melhorar a eficiência da cervejaria como um todo, isso faz com que o indicador ainda seja válido, assim como também nem todas as microcervejarias possuem bar no mesmo prédio que a fábrica.

Já o segundo indicador da variável energia que seria eficiência energética dos equipamentos, todos participantes mencionaram a importância na escolha do equipamento, além disso foi mencionado também a importância de um planejamento do layout, exemplificado

com o caso da **Microcervejaria A** que teve um grande impacto na economia de energia, em torno de 30%, apenas com a mudança da posição da torre de resfriamento. Enquanto o supervisor técnico da **Microcervejaria C** descreveu como uma das tarefas mais importante o dimensionamento correto dos equipamentos para que a cervejaria funcione plenamente. Inclusive, o dimensionamento correto dos ares-condicionados e freezer para as que possuem pub em seu interior.

Por último, o indicador que discute a questão da geração de energia de forma independente através, normalmente de painéis solares, no entanto foi mencionado outras possibilidades até com geração através de gases quando a fábrica fica mais localizada próxima a área rural. Em relação a cogeração de energia apenas a (**Microcervejaria B e C**) possui um sistema com painéis solares, além do proprietário da microcervejaria do Rio de Janeiro-RJ e de Natal- RN. Já a **Microcervejaria A** apesar de ter tido um plano para implantação foi afetado durante a pandemia e atualmente não possui sistema de geração de energia. Outro fator que explica tal decisão seria o tamanho da mesma, já que ela produz menos de 3 mil litros mensais possuindo um menor poder para aquisição dos painéis solares.

Outro fato importante mencionado para aquisição de uma alternativa de geração de energia independente é o fato de a cerveja ter um processo delicado e que qualquer falha decorrente de uma possível interrupção da energia poderia impactar na produção da fábrica. O perfil de temperatura é um conjunto de valores de temperaturas que é traçado para um determinado tipo de cerveja, ele é pré-definido e estabelecido empiricamente. A intercessão mais usada em um processo fermentativo é o controle desse perfil, pois ele influenciará no comportamento dos produtos e subprodutos, podendo acarretar mudanças positivas e negativas para a cerveja, e o resultado vai depender do manuseio correto dessa variável (Andrés-Toro et al., 2004). Portanto, a estimativa do perfil de temperatura é muito importante e deve ser mais rigorosa para se obter um produto de qualidade. (Souza,Coriolano, Golçalves, Sousa, 2019).

Quando a temperatura é controlada, as reações químicas que acontecem em cada fase da fermentação da cerveja não prejudicam as análises sensoriais do produto. A temperatura ideal para cada etapa é aquela que se adequa a condições da levedura, pois uma temperatura abaixo da faixa mínima de trabalho da levedura pode deixá-la com pouca energia para trabalhar. Porém, uma temperatura muito alta favorece a produção de compostos indesejáveis que se torna

difíceis de serem retirados, sendo eles ésteres frutados em excesso, a produção de álcoois e off-flavours (quando se ultrapassa o limite estabelecido) (Kunze,1997).

A variável dos resíduos sólidos tem como primeiro indicador apresentado geração de resíduos que se mede através da criação de resíduos por litros de cerveja produzidos. Esse indicador gerou uma discussão no grupo focal se seriam necessários contabilizar apenas os resíduos orgânicos provenientes do final do processo de produção da cerveja artesanal, no entanto ao se discutir o assunto ficou claro no grupo que seria melhor mesmo contabilizar todos os resíduos, já que desde a moagem até a embalagem pode melhorar a eficiência da técnica sendo necessário medir o processo de produção como um todo.

Em relação a geração dos resíduos sólidos nas cervejarias três delas doam os resíduos do malte para alimentação de animais, normalmente suínos, e duas das cervejarias vendem esse bagaço do malte, diante da conversa no grupo e as entrevistas é possível afirmar que essa questão do descarte do bagaço em forma de venda ou doação tem maior dificuldade à medida que aumenta a produção. Por exemplo, a (Microcervejaria A) tem a menor produção entre as cervejarias, por isso acaba facilitando a venda, pois permite a armazenagem do resíduo e a posterior venda de acordo com a demanda dos produtores. No entanto, a demanda por esse resíduo para alimentação de animais ainda é baixa fazendo com que seja mais difícil para as outras duas microcervejarias que tem produção maior, fato que dificulta o armazenamento para venda. Enquanto as microcervejarias que possuem uma geração de resíduo maior em torno de mais de quatro mil quilos de bagaço do malte, faz com que ele necessite de parceiros maiores ou mais de um parceiro para que conseguisse vender tal resíduo de forma constante, isso faz com que tais empresas prefiram pela doação dos resíduos ou até mesmo o descarte.

Já em relação aos outros resíduos a situação mencionada acaba invertendo, pois para material reciclável quanto maior for volume, melhor para possibilidade de venda desse resíduo. Por isso, que as microcervejarias maiores conseguem realizar a venda dos seus recicláveis (plástico e alumínio), enquanto as menores por não produzir uma quantidade considerável acabam doando seus recicláveis para coletores de recicláveis locais.

Por fim, foi discutido no grupo focal se as cervejarias têm implementado uma visão sustentável nas suas produções, e como seus funcionários têm sido treinados. Para isso foi discutido o indicador treinamento dos Funcionários que é mensurado através da quantidade de

treinamento realizados por melhoria dos indicadores, esse indicador acabou por ser mal compreendido, tanto diante das entrevistas como no próprio grupo focal, pois mesmo que as cervejarias tenha em seu quadro de funcionários engenheiros, mestres e doutores, e que esses tenham sobre questões da sustentabilidade é preciso que todos estejam alinhados sob mesmo propósito. Outra questão, é que os treinamentos costumam ser relacionados a assuntos específicos sobre a produção da cerveja.

Entretanto, é importante frisar que em microcervejarias de menor porte muitas vezes possuem apenas um funcionário ou em alguns casos apenas o proprietário e seus familiares que acumulam funções na cervejaria, como é o caso da (microcervejaria A). Já em outras cervejarias possuem mais funcionários, como é o caso das cervejarias B e C e até utilizam indicadores, porém apenas para avaliar qualidade da produção, não tendo nenhuma análise relacionada a sustentabilidade ou os indicadores propostos nesta pesquisa.

No entanto, foi discutido durante o grupo focal a necessidade de aliança tanto na parte dos microcervejeiro, como também em relação aos produtores de animais por exemplo para que houvesse uma melhor colaboração entre esses dois setores. Como exemplificação poderia haver uma associação que ficaria responsável em recolher os resíduos que em maior quantidade poderiam ser vendidos para maiores players do setor da criação de porcos, ou até mesmo venda a uma outra associação de produtores de animais que juntos teriam uma demanda maior suprimindo a oferta da associação dos cervejeiros.

Ao analisar as microcervejarias participantes da pesquisa é possível perceber que teriam que ser feitos alguns ajustes nos indicadores ou nas próprias fábricas para que pudessem ser implementados os dez indicadores, porém alguns indicadores como consumo médio mensal de água total; índice de reuso; média captação de água; consumo médio mensal de energia total, geração média de resíduos, Treinamento dos Funcionários poderiam ser mensurados em todas três cervejarias. Já, os indicadores Geração de Receita com Resíduos; Geração de Energia Elétrica e Consumo Médio de água na área de produção dependeria de alguns ajustes para serem mensurados.

Por exemplo, para mensurar o indicador consumo médio de água seria necessário a instalação de um hidrômetro na captação da água de produção onde teria melhor resultado para saber quantos litros de água são gastos na produção. Outro indicador que pode ter dificuldade

para ser universal seria Geração de energia elétrica, pois esse dependeria que a microcervejaria possuísse um sistema de cogeração de energia como é caso da (Microcervejaria B), assim como geração receitas com resíduos dependeria que o bagaço do malte ou os resíduos recicláveis fossem comercializados como são os casos das cervejarias A e B.

Por fim, os participantes do grupo focal analisaram os indicadores propostos como positivos com auxiliares na gestão das microcervejarias, e para auxiliar na percepção de quanto a cervejaria vem buscando na melhoria da eficiência no uso dos recursos, sendo assim mais sustentável com meio ambiente. As ressalvas quanto a viabilidade para implantação dos indicadores não se demonstra como impeditivas, já que existem soluções que não são tão onerosas.

4.4.2 Aplicação dos indicadores nas Microcervejarias A, B e C

Através de pesquisa em documentos fornecidos pelas três microcervejarias localizadas no Estado da Paraíba participantes da pesquisa foi possível aplicação dos indicadores, conforme o Quadro 8.

Quadro 8 - Resultados da Aplicação dos indicadores nas microcervejarias participantes

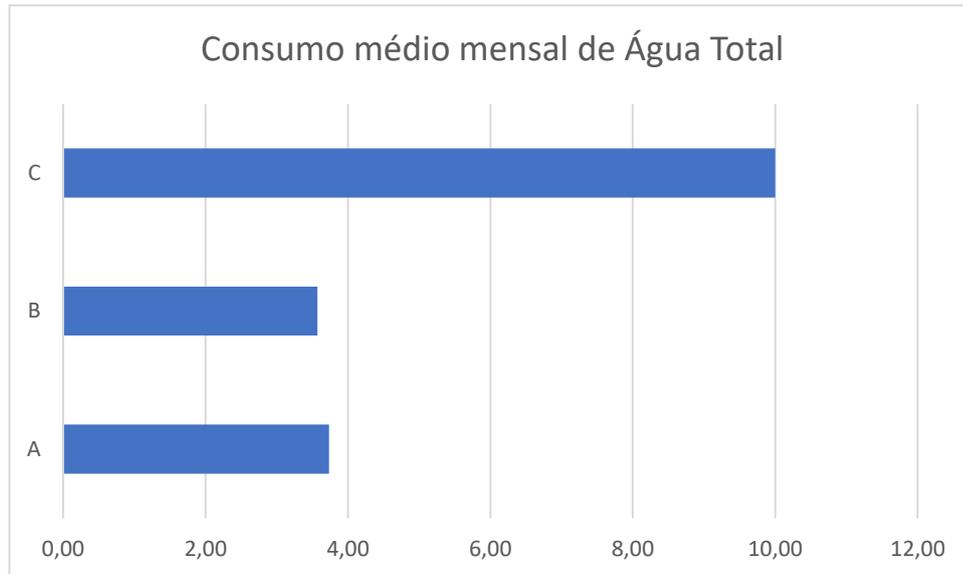
Variável	Indicador	A	B	C
Água	Consumo médio mensal de Água Total	3,73 litros água/cerveja	3,57 litros água/cerveja	10 litros água/cerveja
	Consumo Médio de água na área de produção	3,65 litros água/cerveja	-	-
	Índice de reuso	32,86%	-	-
	Captação de Água Total	2449 Litros	27118 Litros	-
Energia	Consumo mensal de Energia Total	1,77 Kwh	-	0,76 Kwh

	Eficiência Energética	1435 Kwh	-	3043 Kwh
	Geração de Energia Elétrica	-	100%	-
Resíduos da Produção	Geração de Resíduos sólidos total na Microcervejaria	0,33 kg/litro cerveja	0,67 kg/litro cerveja	0,20 kg/litro cerveja
	Geração de Receita com Resíduos	R\$ 175,00	-	-
	Reciclagem dos Resíduos	93,88%	88,75%	93,75%
Educação ambiental	Treinamento dos Funcionários	-	-	-

Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

O primeiro indicador, Quadro 8, consumo médio mensal de água total, foi calculado nas três microcervejarias, nesse quesito a cervejaria A e B tiveram os cálculos realizados através de dados obtidos através de contas de água e inventario dos custos mensais desses estabelecimentos.

Quadro 9 – Gráfico do indicador consumo Médio mensal de água total.



Fonte: elaborado pelo autor

A microcervejaria A teve um consumo médio de 3,73 litros de água para cada litro de cerveja produzido, enquanto a microcervejaria B teve um resultado bem próximo a esse consumo 3,57 litros de água por litro de cerveja produzido, na microcervejaria C não foi possível fazer esse cálculo, pois a água utilizada é advinda de poço artesiano. Sendo assim, não há um equipamento que faça essa mensuração, esse resultado apresentado se deu através de uma medição realizada 2 anos atrás. No entanto, há uma diferença grande em relação as outras cervejarias, porém acreditasse que ao observar as melhorias feitas nos últimos anos, esse resultado deva estar próximo dos outros empreendimentos atualmente. No entanto, para que pudesse confirmar essa teoria seria necessário a instalação de um hidrômetro na saída da água do poço para que pudesse ser mensurado os indicadores da variável água.

Esse mesmo problema foi enfrentado no segundo indicador, consumo médio de água na área de produção, já que as microcervejarias possuíam apenas um hidrômetro central que medi tanto a água utilizada para produção como para pub. Apenas, a microcervejaria A conseguiu ter esse indicador calculado, isso porque essa microcervejaria utiliza água de garrafões minerais que abastecem uma torre de água que é utilizada para produção, essa cervejaria teve como resultado 3,65 litros de água por litro de cerveja, esse resultado melhor comparado ao consumo de água total possa está relacionado ao fato da utilização de garrafões

de água gerando um menor desperdício, porém em uma maior escala essa forma de produção seria prejudicial para produção de maiores volumes de cerveja, Quadro 8.

Assim, como é necessário o resultado do consumo de água na área de produção, apenas a microcervejaria A teve como calcular o indicador três que trata sobre a porcentagem do reuso de água, esse estabelecimento teve como resultado que 32,86% da água utilizada na produção é reutilizada, no entanto é preciso acrescentar que parte da água se tornará cerveja, sendo assim a porcentagem poderá ser maior, Quadro 8.

O último indicador da variável água mensura a média dos últimos 12 meses em relação a captação de água, conforme Quadro 8, para avaliar melhor esse indicador seria necessário a aplicação desse indicador por um tempo maior para que pudesse ser observado a curva de evolução desse indicador, assim demonstrando o quanto a relação do consumo de água tem evoluído ou não. Como resultado a microcervejaria A teve como média uma captação de 2449 litros, nesse caso somando o consumo dos garrafões e da água de fornecimento da CAGEPA. Já a microcervejaria B teve como consumo médio 27118 litros por mês, enquanto não foi possível calcular o indicador na microcervejaria C.

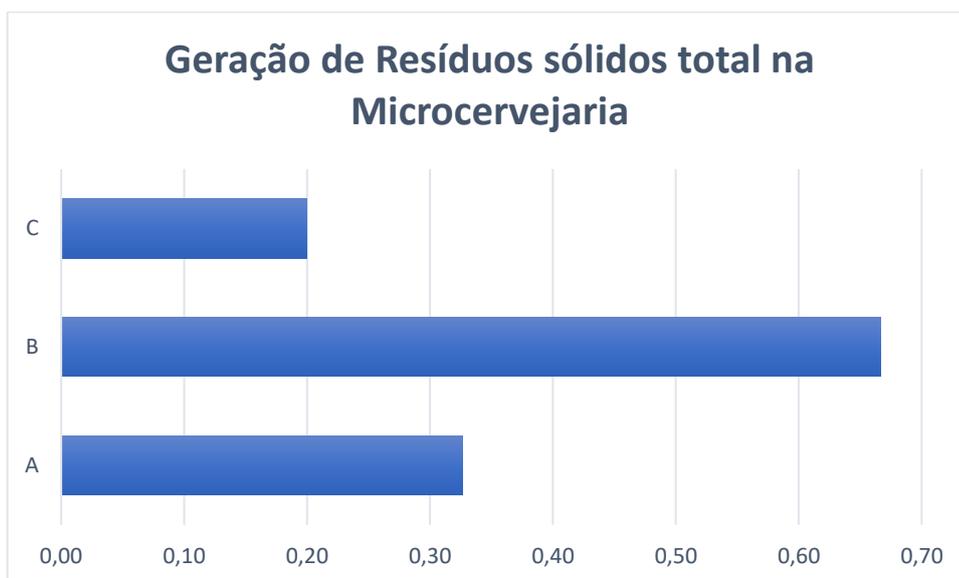
Com relação a variável energia, os dois primeiros indicadores foram mensurados apenas as microcervejarias A e C, isso se deve ao fato que por ter uma geração própria de energia a microcervejaria B não faz o acompanhamento do consumo de energia, pois os painéis fotovoltaicos instalados na fábrica geram 100% da necessidade do empreendimento. Sendo assim, o primeiro indicador que verifica o consumo pela produção de cerveja teve como resultado 1,77 Kwh cada litro de cerveja produzido na cervejaria A, (Quadro 8.) enquanto a cervejaria C teve como resultado 0,76 Kwh a cada litro produzido, essa diferença pode ter relação com a instalação de painéis fotovoltaicos que auxiliam na etapa de fervura fazendo com que o consumo seja menor na microcervejaria C.

O segundo indicador busca demonstra como tem sido a evolução do consumo de energia com passar do tempo, esse indicador auxilia na avaliação da eficiência energética, se está sendo feitas melhorias e manutenções, e ajudam a identificar oscilações no consumo de energia. Assim como o indicador da variável água de captação total, esse indicador teria que ser avaliado ao longo de um longo período para que pudesse ser analisada a curva de evolução. No entanto, para essa pesquisa as microcervejarias obtiveram respectivamente como resultado

1435 e 3043 kWh como média dos últimos meses, para as microcervejaria A e C. Diferentemente dos indicadores anteriores, esse indicador teve apenas resultado para microcervejaria B, pois essa foi a única que possui geração de energia elétrica própria, sendo o resultado de 100% de geração de energia (Quadro 8).

NO Quadro 8, em relação a variável de resíduos sólidos as três cervejarias obtiveram resultados para produção total de resíduos em relação a produção de cerveja, a primeira empresa teve como resultado 0,33 kg de resíduo a cada litro produzido, já a cervejaria B teve uma produção de resíduos acima com 0,67 kg a cada litro de cerveja produzido, por último a microcervejaria C teve como resultado menor produção de resíduos 0,20kg para cada litro produzido.

Quadro 10 – Gráfico do indicador Geração de Resíduos sólidos total na microcervejaria.



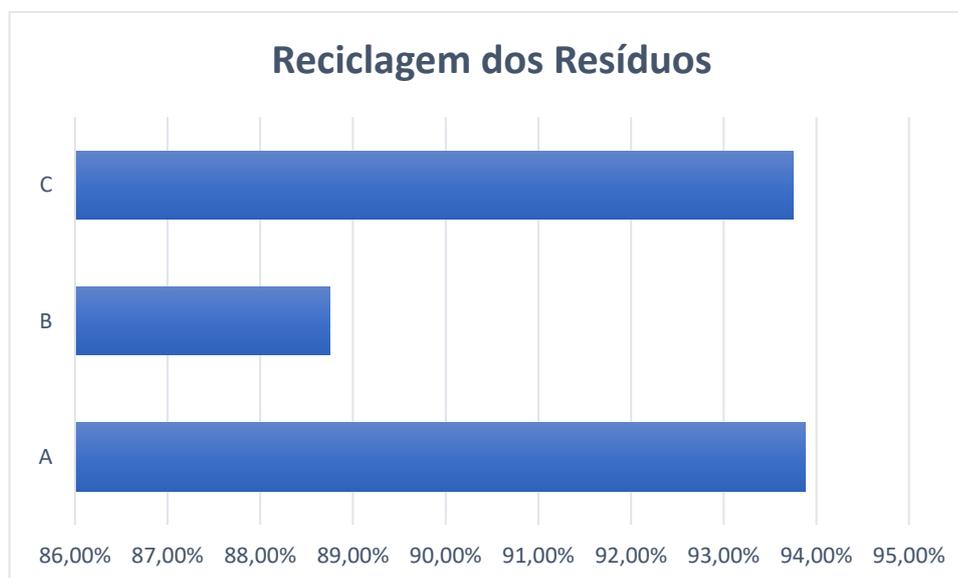
Fonte: Elaborado pelo autor

Atualmente, apenas a microcervejaria A gera receita com a venda dos resíduos sólidos da produção de cerveja, gerando 175 reais por mês, por exemplo as outras cervejarias estão deixando de faturar, por exemplo a microcervejaria B poderia gerar mais 4 mil reais por mês vendendo seus resíduos, já microcervejaria C mais 500 reais por mês.

O último indicador dessa variável, demonstra o quanto dos resíduos produzidos na cervejaria tem sido reaproveitado ou reciclado, e nesse quesito as três cervejarias tem um

resultado satisfatórios quando índices bem elevados, a cervejaria A possui um índice de 93,88% de resíduos reaproveitados ou reciclados, já cervejaria B tem 88,75% e a C 93,75%, Quadro 8. Nota-se que esses empreendimentos buscam destinar seus resíduos de maneira eficiente e sustentável.

Quadro 11 – Gráfico do indicador reciclagem dos resíduos.



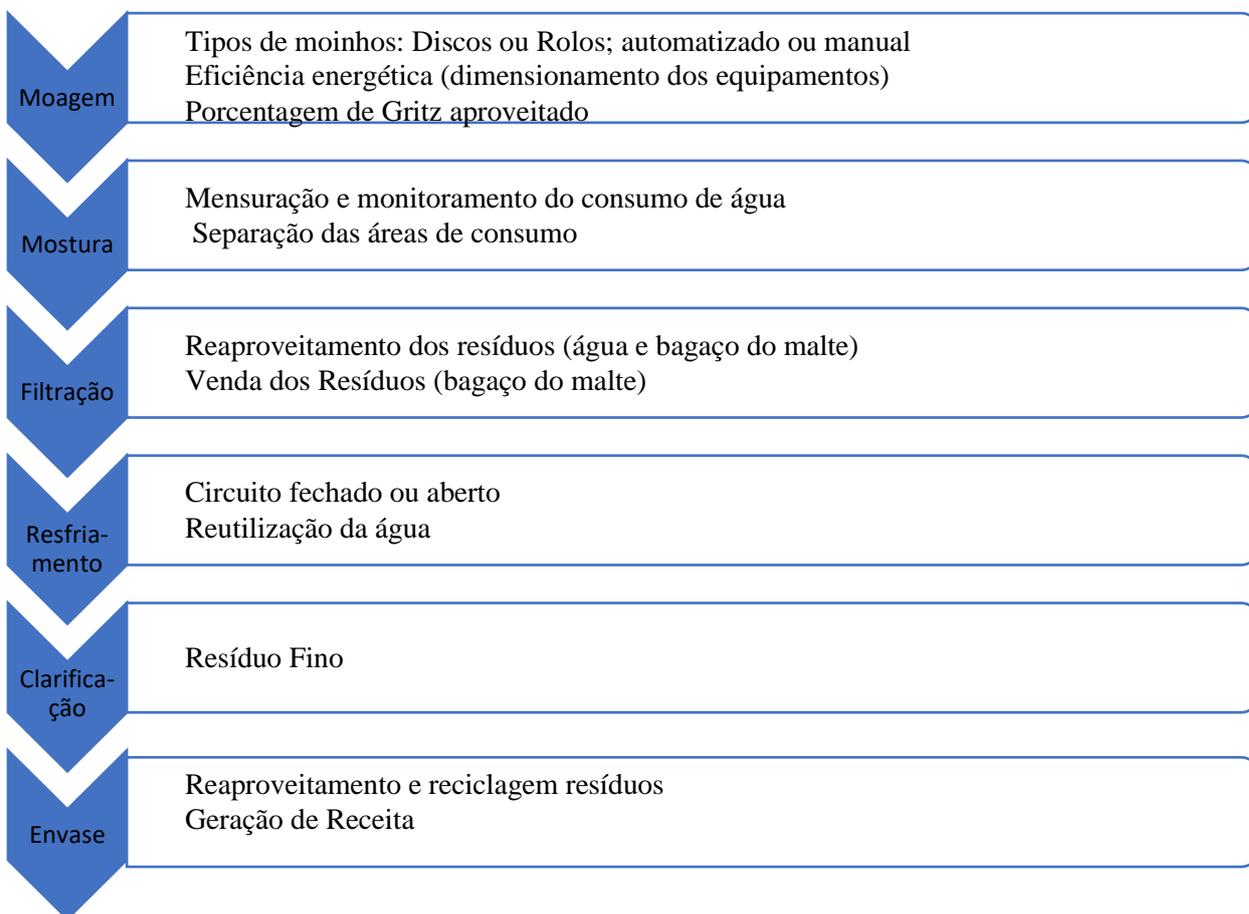
Fonte: elaborado pelo autor

Por fim, não foi possível mensurar o último indicador em nenhuma das três microcervejarias, pois para calcular esse indicador é necessário que o empreendimento monitore os indicadores propostos e pratique treinamentos visados a sustentabilidade com seus colaboradores.

4.3 Fluxograma de implementação de processamento de cerveja artesanal com base na Produção Mais Limpa

Nesse tópico foi observado quais são as ações necessárias para uma melhoria na produção da cerveja artesanal a luz da Produção Mais Limpa, esse fluxograma verificado na Figura 15 traz ações necessárias ou resultados de cada etapa da produção de cerveja artesanal.

Figura 15 - Fluxograma de implementação de processamento de cerveja artesanal com base na Produção Mais Limpa



Fonte: Autores (2024)

A primeira etapa da produção da cerveja artesanal é a moagem, que pode ser feita em moinhos de disco ou de rolo, sendo esses em maquinário adquiridos ou em moinhos feitos artesanalmente, tais equipamentos costumam gerar bastante poeiras de grãos, que acabam por gerar desperdícios. Portanto, esse é primeiro ponto de atenção da produção que pode ser melhorado em relação aos resíduos. Tais resíduos ocorrem devido a grãos que não foram adequadamente moídos e possam ser descartados. De acordo, com observação realizada e pesquisas foi constatado que a utilização de moinho com rolos costuma ter menos desperdício. Nessa etapa é possível que tenha a entrada de energia ou não, isso porque alguns moinhos disponíveis no mercado são automatizados, enquanto outros utilizam manivelas manuais. Quando o equipamento da microcervejaria for automatizado é necessário que seja calculado a

capacidade necessária de moagem, para que o maquinário não seja utilizado excessivamente, aumentando assim consumo de energia do empreendimento.

Em relação a segunda etapa que é quando começa a utilização da água, nesse ponto é necessário que o empreendimento esteja adaptado para que possa mensurar seu consumo de água desde a captação até a reutilização. Para isso, se faz necessário primeiramente a separação do consumo de água na fábrica e no pub, pois como foi possível perceber muitas cervejarias artesanais tem seus pubs na fábrica ou nas proximidades. Então é preciso que sejam monitorados separadamente os consumos de água para que possa haver uma melhor gestão desse recurso. Sendo assim, é necessário a instalação de hidrômetros no ponto de captação de água da fábrica, no pub, e nas caixas d'água e cisternas, quando for o caso.

Na etapa seguinte, a filtração terá como resíduos tanto a água, como o bagaço de malte. Para essa etapa é necessário que haja um reaproveitamento desses recursos, o bagaço do malte deve ser armazenado para que possa fazer a secagem, essa secagem é necessária para que possa extrair o produto que será reaproveitado de diversas formas, porém é utilizada costumeiramente como ração animal para suínos e equinos. Essa secagem normalmente não é realizada pela cervejaria, mas pelos parceiros para os quais são doados ou vendidos os resíduos. Já a água pode ser enviada para cisternas, onde são utilizadas como água cinza em banheiros. Nessa etapa é possível transformar o desperdício dos resíduos em receita, através da possibilidade da venda do bagaço do malte, tal fator auxilia o empreendimento com geração de receita, assim como a sustentabilidade, pois ao reaproveitar os resíduos diminui a quantidade de resíduos a serem descartados na produção da cerveja.

Na etapa do resfriamento pode ser utilizado dois tipos de circuito, aberto e fechado. No aberto a água resfriada que passa pelos tubos é descartada ou reaproveitada, quando reaproveitada é enviada para cisternas ou caixas d'água para que possa ser utilizada novamente, já que não há qualquer tipo de contaminação da água. Já no circuito fechado a água retorna para tanque de armazenamento, onde será resfriada novamente e assim por diante. É recomendado que seja instalado um circuito fechado ou que se for aberto seja implementado um sistema para reaproveitamento dessa água. Depois do resfriamento, a cerveja é enviada para os tanques de fermentação e maturação, nesses tanques é preciso manter uma certa temperatura que irá variar de acordo com tipo de cerveja que está sendo preparado. Para a questão da energia em uma

microcervejaria é importante que o empreendimento tenha sua própria geração de energia, dentre uma das razões se tem a etapa da fermentação que exige uma constante na temperatura dos tanques, essa geração própria traz uma segurança energética em relação a quedas de energia que poderá contaminar a batelada, gerando custos e transtornos para microcervejaria, além desse fator a geração própria de energia traz uma redução significativa em relação ao custo econômico e ambiental da cervejaria.

Por fim, se tem as etapas da clarificação e envase, a primeira tem além do consumo energético, um adicional de resíduo que pode ser misturado ao resíduo da filtração e ser comercializado. Já no envase, pode haver geração de resíduos recicláveis como plástico, papelão, vidro. Nesse quesito esses resíduos devem ser separados e assim como no caso dos resíduos orgânicos, esses pode ser comercializado, fazendo com que haja um ganho econômico e ambiental.

5. CONCLUSÕES

Com relação ao primeiro objetivo da pesquisa de analisar a relação entre as microcervejarias e a sustentabilidade a luz da Produção Mais Limpa através de uma revisão sistemática de literatura. Diante dos estudos e informações obtidas nesse trabalho é possível perceber que os estudos relacionados à sustentabilidade na cadeia de produção de cervejas

artesanais ainda são muito recentes, onde grande parte dos estudos se congregam nos últimos anos.

Já em relação ao segundo objetivo, a partir do diagnóstico nas microcervejarias foi identificado as etapas de produção da cerveja e os resíduos gerados. No processo de produção as três microcervejarias se diferenciam na forma de uso da água, onde uma utiliza garrações de 20 litros, outra extrai água de um poço e a outra utiliza a água da fornecedora pública. A *microcervejaria A* produz 750 litros de cerveja/mês, gera 300 kg de resíduos úmidos, consome cerca de 2.400 litros de água e gasta mais de R\$ 1.500,00 de energia elétrica; A *microcervejaria B* produz em média 13,5 mil litros de cerveja ao mês, com uso de 27 mil litros de água e aproximadamente 5,5 mil Kg de bagaço de malte; A *microcervejaria C* produz 4 mil litros de cerveja, utiliza 11,5 litros de água por litro de cerveja produzido e gera 600 kg de bagaço. Os resíduos sólidos têm sido reaproveitados de maneira geral em todas as três microcervejarias. Duas microcervejarias utilizam de energia fotovoltaicas e os três empreendimentos possuem sistema para reutilização de água, principalmente advinda do processo de resfriamento.

Com relação aos próximos objetivos foram propostos onze indicadores subdividido em quatro variáveis, dentre essas variáveis, tem-se a água, energia, resíduos sólidos e educação. Por fim, foi criado um fluxograma do processo ótimo, com as melhores formas para que os indicadores pudessem ser mensurados em sua plenitude. Esse fluxograma busca facilitar a implementação dessa ferramenta para micros cervejeiros em seus estabelecimentos. Esse fluxograma demonstra quais medidas poderiam ser tomadas para auxiliar em um processo de produção voltado a sustentabilidade, assim como formas de facilitar a implementação do sistema para mensurar os indicadores que auxiliarão na gestão do estabelecimento.

Pesquisas futuras podem se concentrar em avaliar o impacto específico de cada prática sustentável proposta neste estudo na redução do impacto ambiental da produção de cerveja artesanal. Além disso, estudos longitudinais podem ser realizados para acompanhar o desempenho ambiental das microcervejarias ao longo do tempo e identificar tendências de melhoria ou desafios persistentes.

6. REFERÊNCIA

ABNT – Associação Brasileira De Normas Técnicas. (2009) Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. NBR ISO 14.044. Rio de Janeiro: ABNT. 17 p

Adams, William James. "Markets: Beer in Germany and the United States." *The Journal of Economic Perspectives* 20, no. 1 (Winter 2006): 189-205.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Disponível em: Acesso em: <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php>>30 jan 2021.

ALIYU, S.; BALA, M. Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications. *African Journal of Biotechnology*, v. 103, n. 3, p. 324-331, 2011.

ANTUNES, A. The 30 Best Craft Beers Available In Brazil. *Forbes*, 18 Feb 2015.

AQUARONE, E.; LIMA, U. A; BORZANI, W. *Biocologia Industrial*. Ed. EDGARD BLUCHER Ltda. São Paulo, Vol. 4, 2001.

Araújo, A., & Milanez, B. (2024). Do desenvolvimento sustentável à neutralidade climática: a evolução do discurso ambiental hegemônico 1970–2020: From sustainable development to climate neutrality: the evolution of the hegemonic environmental discourse and its changes 1970-2020. *Élisée-Revista de Geografia da UEG*, 13(01), e1312405-e1312405.

Armada, C. A. S. (2016). Governança global e justiça ambiental face aos desafios da mudança climática planetária.

ARVANITOYANNIS, Ioannis S. ISO 14040: life cycle assessment (LCA)–principles and guidelines. **Waste management for the food industries**, p. 97-132, 2008.

Ascheri, D. P. R., Guissoni, R. P., & Moura, W. S. (2007). Isotermas e calor isostérico de adsorção de água de farinhas pré-gelatinizadas de bagaço de jabuticaba/arroz. Relatório Final de Projeto de Pesquisa, UEG, Anápolis, GO. Available in: http://www.prp.ueg.br/06v1/ctd/dstq/2007/ds_03052007_02.pdf. Accessed on, 21(09), 09.

BAHL, Harish C.; GUPTA, Jatinder ND; ELZINGA, Kenneth G. A framework for a sustainable craft beer supply chain. *International Journal of Wine Business Research*, v. 33, n. 3, p. 394-410, 2021.

BANCO DE DESENVOLVIMENTO DO ESPÍRITO SANTO S/A(BANDES). *Indústria Cervejeira no Brasil: padrão de competição e evolução / Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo/Vitória: BANDES, 2004*

BARBIERI, Carlos. *Gestão ambiental empresarial*. 2007.

Behre, K.-E. (1983). *Ernährung und Umwelt der wikingerzeitlichen Siedlung Haithabu: die Ergebnisse der Untersuchungen der Pflanzenreste*. Neumünster: Karl Wachholtz.

BITENCOURT, Fernanda Souza. *Reaproveitamento de levedura no processo produtivo de cerveja artesanal: comparação do decaimento do teor alcoólico*. 2018.

BOGDAN, Robert ; BIKLEN, Carol (2003) - *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora

BONATO, Samuel Vinícius. Método para gestão de resíduos na cadeia cervejeira do Rio Grande do Sul. 2016.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Lei nº. 8.918 de 14 de julho de 1994. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, autoriza a criação da Comissão Internacional de Bebidas e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 05 set. 1997.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, SECRETARIA NACIONAL DA DEFESA AGROPECUÁRIA. Portaria nº. 371/74. Diário oficial da União. Brasília, DF, set 1997.

Brewers Association. Energy usage, GHG reduction, efficiency and load management manual. **Brewers Association**, 2017.

BRIGGS, D. E.; BOULTON, C. A.; BROOKES, P. A.; STEVENS, R. Brewing Science and Practice. Flórida: CRC Press LLC and Woodhead Publishing Limited, 2004. 863p

Brochier, M. A., & Carvalho, S. (2009). Aspectos ambientais, produtivos e econômicos do aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros em sistema de confinamento. *Ciência e Agrotecnologia*, 33, 1392-1399.

CARDOSO, LUANA et al. Logística reversa: uma análise comparativa dos gastos entre a reutilização e descarte de embalagens em uma microcervejaria. In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 2016.

Carlson, R., & Wehbring, R. (2011). *Microbrewing the Bioeconomy: Innovation and Changing Scale in Industrial Production*. EUA: Biodesic LLC.

Carrillo, E., Varela, P., & Fiszman, S. (2012). Effects of food package information and sensory characteristics on the perception of healthiness and the acceptability of enriched biscuits. *Food Research International*, 48(1), 209-216.

CARVALHO, L. G. Dossiê Técnico: Produção de Cerveja. Rio de Janeiro, 2007.

Cavalcante, L. M., Machado, L. C. G. T., & Lima, A. M. M. D. (2013). Avaliação do desempenho ambiental e racionalização do consumo de água no segmento industrial de produção de bebidas. *Revista Ambiente & Água*, 8, 191-202.

CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO . Disponível em <<http://www.ciesp.com.br/acoes/producao-mais-limpa-pl/>> Acesso em: 27 abr. 2021.

Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL). Manual Metodologia de Implantação do Programa de Produção mais Limpa. Curso de Formação de Consultores em Produção mais Limpa, Fortaleza, jan. 2003.

Cervesia – Soluções em tecnologia cervejeira e gestão de processos. A cerveja e sua história.

CHAVES, R. L. P. Reinventing a business model: how contract breweries became a permanent form of organizing. 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado Executivo em Gestão Empresarial da

Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas da Fundação Getúlio Vargas – FGV/EBAPE) – Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2016.

COELHO, ARLINDA CONCEIÇÃO DIAS. **Avaliação da aplicação da metodologia de produção mais limpa UNIDO/UNEP no setor de saneamento—estudo de caso: EMBASA SA.** 2004. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo)—Departamento de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador.

COIMBRA, Ana Rita; MELO, Filipa; AGOSTINHO, Paul. Cerveja e saúde. 2011.

CUCOLO, Murilo Cezar et al. Produção mais limpa como estratégia de marketing verde no desenvolvimento sustentável da indústria artesanal de cervejas. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 12, n. 10, p. 625-638, 2021.

DA SILVA ANDRADE, Ana Carolina Júlio. MICRO CERVEJARIA GOURMET. 2020.

da Silva Faria, T., de Bittencourt Brasil, F., Sampaio, F. J., & da Fonte Ramos, C. (2008). Maternal malnutrition during lactation alters the folliculogenesis and gonadotropins and estrogen isoforms ovarian receptors in the offspring at puberty. *Journal of endocrinology*, 198(3), 625-634.

DA SILVA SÁ, Francisco Vanies et al. Crescimento de mudas de pepino sob restrição hídrica e doses de esterco bovino. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 13, n. 4, p. 3568, 2019.

DA SILVA, Rodolfo Benedito et al. Aplicação da produção mais limpa no processo de clarificação do caldo de cana para produção de açúcar. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, n. 1, p. 59-59, 2009.

Dallacort, G. (2013). Curso de formação operador cervejeiro – brassagem (3. ed.). Lages: Ambev.

DANBREW, U. N.. Cleaner Production Assessment Water and Wastewater. Uganda Breweries Ltd. 2007.

DANBREW, U. N.. Cleaner Production Assessment Water and Wastewater. Uganda Breweries Ltd. 2007.

DE FREITAS BARREIRA, Isabela Barbosa; MONTEIRO, Luciane Pimentel Costa; SIMÕES, Rita de Cassia Colman. Cervejaria industrial versus artesanal: um estudo comparativo sobre o gerenciamento da água e resíduos de acordo com a P+ L: Industrial versus craft brewery: a comparative study on water and waste management according to CP method. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 11, p. 73358-73377, 2022.

DE KEUKELERIE, D. Fundamentals of beer and hop chemistry. *Química Nova*, n. 23, p. 108-112, 2000.

DE MORI, Cláudia; MINELLA, Euclides. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada. **Embrapa Trigo-Documentos (INFOTECA-E)**, 2012.

De Sousa, Marcela Lúcia Paulino; Furtado, Gil Dutra; De Araújo Costa, Dimíttri. Contexto Histórico-cultural Do Termo “Desenvolvimento Sustentável” E Suas Implicações Na Responsabilidade Social Das Empresas. Contexto, V. 10, P. 03, 2017.

DE SOUZA, Renato Santos. Evolução e condicionantes da gestão ambiental nas empresas. **Revista eletrônica de administração**, v. 8, n. 6, 2002.

Doorman, G. (1955). De middeleeuwse Brouwerij en de Gruit, 's-Gravenhage: Nijhoff

DRAGONE, Giuliano et al. Revisão: produção de cerveja: microrganismos deteriorantes e métodos de detecção. 2007.

ELZINGA, Kenneth G.; TREMBLAY, Carol Horton; TREMBLAY, Victor J. Craft beer in the United States: History, numbers, and geography. **Journal of Wine Economics**, v. 10, n. 3, p. 242-274, 2015.

EMMEL SILVA, Andre Luiz; RIBAS MORAES, Jorge Andre; MACHADO, Enio Leandro. Proposal for cleaner production oriented practices ecodesign and reverse logistics. **Engenharia Sanitaria E Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 29-46, 2015.

Fernandes, José Luiz Et Al. Um Estudo Da Produção Mais Limpa Na Gestão Ambiental. Revista Augustus, V. 20, N. 39, P. 52-64, 2015.

FERRARI, Vanessa et al. O mercado de cervejas no Brasil. 2008.

FILHO, W. G. V. Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia. Volume 1. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2016.

FILLAUDEAU, Luc; BLANPAIN-AVET, Pascal; DAUFIN, Georges. Water, wastewater and waste management in brewing industries. Journal of cleaner production, v. 14, n. 5, p. 463-471, 2006.

Gadotti, Moacir. Educar Para A Sustentabilidade: Uma Contribuição À Década Da Educação Para O Desenvolvimento Sustentável. 2008.

Gardiner, B. (2011, March 22). Beverage industry works to cap its water use. *New York Times*. Acesso: http://www.nytimes.com/2011/03/22/business/energy-environment/22iht-rbog-beverage-22.html?_r=3&src=busln&pagewanted=all

GEORGE, Cherian. Make Mine a Microbrew – The Story of Change in the Life Cycle of the American Beer Industry. Disponível em: . Pesquisado em: 09 de abril, 2011

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. Métodos de pesquisa. Plageder, 2009.

GIANNETTI, Biagio F.; ALMEIDA, Cecília MVB. **Ecologia industrial: conceitos, ferramentas e aplicações**. Editora Blucher, 2006

GIANNETTI, Biagio F.; ALMEIDA, Cecília. M. V. B. Ecologia Industrial: conceitos, ferramentas e aplicações. 1.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006

Gil, A. C. (2002). Como elaborar projetos de pesquisa. Editora Atlas SA.

GRENPEACE. Uma Estratégia Para Uma América Latina livre de Substâncias Tóxicas: Produção Mais Limpa. Disponível em: http://www.acpo.org.br/biblioteca/08_residuos/Lixo%20Zero%20ProduA%CC%81%E2%80%9Eo%20Limpa/producao_limpa_greenpeace.pdf Acesso em: 31 Mar. 2021

Gupta, M., Abu-Ghannam, N., & Gallagher, E. (2010). Cevada para fabricação de cerveja: Alterações características durante a maltagem, fabricação de cerveja e aplicações de seus subprodutos. *Revisões abrangentes em ciência alimentar e segurança alimentar*, 9 (3), 318-328.

HIERONYMUS, Stan. *Brewing Local: American-Grown Beer*. Boulder: Brewers Publications, 2016

Hoekstra, AY, & Chapagain, AK (2007). As pegadas hídricas do Marrocos e da Holanda: Uso global de água como resultado do consumo doméstico de commodities agrícolas. *Ecological Economics*, 64 (1), 143-151.

HORNSEY, I. S. A. *History of beer and brewing*, RSC (RSC Paperbacks): The Royal Society of Chemistry, p. 75-82. 2003.

INDIGO. Os 3 pilares da sustentabilidade: econômico, social e ambiental. 2020. Disponível em: <https://www.indigoag.com.br/pt-br/blog/os-3-pilares-da-sustentabilidade>. Acesso em: 30 maio 2022.

INSTITUTO ESTRE DE RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL. Caderno conceitual do Programa de Oficinas pedagógicas. Cadê o lixo que estava aqui. In: DOURADO, Juscelino; BELIZÁRIO, Fernanda (org.). *Reflexão e práticas em educação ambiental: discutindo o consumo e a geração de resíduos*. Oficina de Textos. São Paulo, Brasil, 2012. p. 47-68.

JORGE, E.P.M. *Processamento de cerveja sem álcool*. 2004. Monografia de conclusão de curso (Graduação) – Pontifícia Universidade Católica, Goiânia, 2004

JOSENDE PAZ, F.;MAHLMANN KIPPER, L.Sustainability in organizations: advantages and challenges. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, v. 11, n. 2,p.85–102, 2016

JUNIOR, Amaro AD; VIEIRA, Antonia G.; FERREIRA, Taciano P. Processo de produção de cerveja. **Revista Processos Químicos**, v. 3, n. 6, p. 61-71, 2009.

JUNIOR, Antonio Aparecido Mendes; DE BARROS, Zacarias Xavier. Utilização Racional De Água Em Cervejaria Brasileira. **Energia Na Agricultura**, v. 35, n. 2, p. 287-294, 2020.

Kiperstok, A., Costa, D. P., Andrade, J. C. S., Agra Filho, S. S., & Figueroa, E. (2002). Inovação como requisito do desenvolvimento sustentável.

Kipertsok, A. et al (Org.), 2002, *Prevenção da Poluição*, SENAI/DN, Brasília.

KOB, Edgar. Como a cerveja se tornou bebida brasileira: a história da indústria de cerveja no Brasil desde o início até 1930.In:Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro. Rio de Janeiro, v. 161, n. 409, p. 29-58, 2000.

Köppen, W.; Geiger, R. 1928. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. n.p.

Koroneos C, Roumbas G, Gabari Z, Papagiannidou E, Moussiopoulos N (2005) Life cycle assessment of beer production in Greece. *J Clean Prod* 13(4):433–439

KROHN, Lilian Verena Hoenigsberg. **Beber, fazer, vender: formação do mercado de cerveja artesanal no Brasil**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LAYRARGUES, Philippe Pomier. *Políticas de Gestão e Educação Ambiental para Resíduos Sólidos na Economia de Mercado: a Obsolescência Planejada e os limites da Sustentabilidade*

no Capitalismo¹. **Ensaio premiado com Menção Honrosa no XIII Concurso Internacional ‘Pensar a Contracorrente**, 2016.

LIMA, L. L. A.; MELO FILHO, A. B. *Técnico em alimentos: Tecnologia de Bebidas*, 2011.

LIMBERGER, Silvia Cristina et al. *Estudo geoeconômico do setor cervejeiro no Brasil: estruturas oligopólicas e empresas marginais*. 2016.

LIMBERGER, Silvia Cristina. *O setor cervejeiro no Brasil: gênese e evolução*. **CaderNAU**, v. 6, n. 1, 2013

LIMBERGER, Silvia Cristina; ÁVILA, César Augusto. **VANTAGENS COMPETITIVAS DO OLIGOPÓLIO CERVEJEIRO E A PERMANÊNCIA DE MICROCERVEJARIAS NO BRASIL. Formação (Online)**, v. 25, n. 44, 2018.

LOPES, Paulo Renato Matos; MORALES, Eduardo Marin; MONTAGNOLLI, Renato Nallin. *Cerveja brasileira: do campo ao copo*. *Contexto*, v. 31, n. 10, p. 1-4, 2017.

Luederitz, C., Caniglia, G., Colbert, B., & Burch, S. (2021). *Como as pequenas empresas buscam a sustentabilidade? O papel da agência coletiva para integrar a criação de estratégias planejadas e emergentes*. *Estratégia de negócios e meio ambiente*, 30 (7), 3376-3393.

MAMIGONIAN, Armen. *Estudos de Geografia Econômica e de Pensamento Geográfico*. Livre Docência: FFLCH-USP, 2004

MARCUSSO, Eduardo Fernandes; MÜLLER, Carlos Vitor. *Anuário da cerveja no Brasil 2018: Crescimento e inovação*. **Recuperado de [http://www. agricultura. gov. br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoes-DIPOV/anuario-da-cerveja-no-brasil-2018/view](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoes-DIPOV/anuario-da-cerveja-no-brasil-2018/view)**, 2019.

MARQUES, Marcelo Filipe Carvalho. *Agenda 2030: objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU: desafios ao desenvolvimento tecnológico e à inovação empresarial*. 2020. Tese de Doutorado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

- MARSARIOLI, Maurício. **Identificação e avaliação de geração de resíduos em processo de produção de cerveja em microcervejaria e proposição de reutilização**. 2019. Dissertação de Mestrado.
- MATHIAS, T. R. S.; MELLO, PPM de; SERVULO, E. F. C. Caracterização de resíduos cervejeiros. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Química**. 2014. p. 1-8.
- MEGA, Jéssica Francieli; NEVES, Etney; ANDRADE, CJ de. A produção de cerveja no Brasil. *Revista Citino*, v. 1, n. 1, p. 34-42, 2011.
- MEZZADRI, A.J. Pesquisa aponta quem mais bebe cerveja artesanal no Brasil. *Forbes*.2018. Disponível em: < <https://forbes.uol.com.br/negocios/2018/05/pesquisa-aponta-quem-mais-bebe-cerveja-artesanal-no-brasil> >. Acesso em: 1 de out. 2019.
- Mierzwa, J. C., & Hespanhol, I. (2005). *Água na indústria: uso racional e reúso*. Oficina de Textos.
- Milan, G. S., & Grazziotin, D. (2012). Um estudo sobre a aplicação da Produção mais Limpa (P+ L). *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, (1), 127-127.
- Morado, R. (2011). *Larousse de cerveja*. São Paulo: Larousse do Brasil.
- MORADO, R., *Larousse de Cerveja*, São Paulo: E. Alaúde Editorial, 2017
- MORGAN, Dyfed Rhys; STYLES, David; LANE, Eifiona Thomas. Thirsty work: Assessing the environmental footprint of craft beer. *Sustainable Production and Consumption*, v. 27, p. 242-253, 2021.
- Mussatto, S. I., Dragone, G., & Roberto, I. C. (2006). Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of cereal science*, 43(1), 1-14.
- NASCIMENTO, F. P. D., & Sousa, F. L. (2016). Classificação da Pesquisa. Natureza, método ou abordagem metodológica, objetivos e procedimentos. *Metodologia da Pesquisa Científica: teoria e prática—como elaborar TCC*. Brasília: Thesaurus.
- NELSON, Jon P. Estimating the price elasticity of beer: Meta-analysis of data with heterogeneity, dependence, and publication bias. **Journal of health economics**, v. 33, p. 180-187, 2014.
- NESS, Barry. Beyond the pale (ale): An exploration of the sustainability priorities and innovative measures in the craft beer sector. **Sustainability**, v. 10, n. 11, p. 4108, 2018.
- NEVES, Ana Carolina et al. *Riscos e danos ambientais: Aspectos Práticos dos Instrumentos de Prevenção e Reparação*. Editora Foco, 2022.
- NORDHEIM, E.; BARRASSO, G. Sustainable development indicators of the European aluminium industry. *Journal of Cleaner Production*. v. 15, p. 275 – 279, 2007.
- OLAJIRE, A. A. The brewing industry and environmental challenges. *J. Cleaner Prod.*, p. 1-21, 2012.

- PALMER, J.J. How to Brew: Everything You Need to Know to Brew Beer Right the First, Brewers Publications, 2006.
- PARENTE, Antonio Hélder; SILVA, Elcio Alves de Barros. Redução de efluentes líquidos na indústria alimentícia. *Revista Química & Tecnologia*, v. 1, p. 58-67, 2002.
- PEREIRA, A. M.; LIMA, D. A. L.. Os impactos e as oportunidades de negócios: estudos de casos. In: IV Encontro Nacional da Anppas, Brasília, 2008. Anais... Brasília: IV Encontro Nacional da Anppas, 2008.
- PERSYN, Damiaan; SWINNEN, Johan FM; VANORMELINGEN, Stijn. Belgian beers: Where history meets globalization. **Available at SSRN 1752842**, 2010.
- PETERSON, Scott D. et al. Material and energy flow analysis of craft brewing: A case study at a California microbrewery. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 6, p. 1028520, 2022.
- POLITI, E.; VILHENA, A. Reduzindo, reutilizando, reciclando: a indústria ecoeficiente. São Paulo: CEMPRE, SENAI, 2005.
- Priest, F. G., & Stewart, G. G. (2006). *Handbook of brewing*. (No Title).
- Rabin, D., and C. Forget (eds.), (1998). *The Dictionary of Beer and Brewing* (2nd edn.). Chicago: Fitzroy Dearborn Publishers.
- RAMUKHWATHO, F.; SEETAL, A.; PIENAAR, H. Water and Wastewater Management in the Malt Brewing Industry. Edição 2. *Natsurv-1*. 2016. 30p.
- RODRIGUES, M. A.; MORAIS, Jorge Sá; CASTRO, João Paulo. O lúpulo: da cultura ao extrato. Técnica cultural tradicional. **Livro de atas das Jornadas do Lúpulo e da Cerveja: novas oportunidades de negócio**, p. 1-10, 2015.
- Rodrigues, S. A., & Batistela, G. C. (2013). UMA REVISÃO SOBRE A DISPONIBILIDADE HÍDRICA BRASILEIRA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA?. *Geoambiente on-line*, (21).
- Rosburg, A., & Grebitus, C. (2021). Sustainable development in the craft brewing industry: A case study of Iowa brewers. *Business strategy and the environment*, 30(7), 2966-2979.
- SANTOS, M. S. dos. *Cervejas e refrigerantes*. São Paulo : CETESB, 2005.
- Schaltegger, S., Lüdeke-Freund, F., & Hansen, EG (2012). Casos de negócios para sustentabilidade: o papel da inovação do modelo de negócios para a sustentabilidade corporativa. *Revista internacional de inovação e desenvolvimento sustentável* , 6 (2), 95-119.
- Severo, E.A., De Guimarães, J.C.F., & Dorion, E.C.H. (2018). Cleaner production, social responsibility and ecoinovação: generations' perception for a sustainable future. *Journal of Cleaner Production*, 186, 91-103.

- SILVA, P.H.A.; FARIA, F.C. Avaliação da intensidade de amargor e do seu princípio ativo em cervejas de diferentes características e marcas comerciais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, n. 28, p. 902-906, 2008.
- SIMPSON, A., PRIEST, S., STEWART, D., JEWELL, R., RANDOLPH, M., CHENG, Y., ... & MUQTADIR, A. (1993). MA MATOS FERNANDES, AJS CARDOSO, JFC TRIGO & JMMC MARQUES (Portugal). *Computers and Geotechnics*, 15, 249-250.
- SIRET, T. Life Cycle Assessment of a Basic Lager Beer (LCA). *International Journal of LCA*, v. 6, p. 293-298, 2001.
- SPERANDIO, G. et al. Increasing the value of spent grain from craft microbreweries for energy purposes. *Chemical Engineering Transactions*, v. 58, p. 487-492, 2017.
- Stack, M. (2000). 'Local and Regional Breweries in America's Brewing Industry, 1865 to 1920'. *Business History Review*, 74, autumn: 435-63.
- Stoeglehner, G., Niemetz, N., & Kettl, KH (2011). Dimensões espaciais de sistemas de energia sustentáveis: novas visões para planejamento espacial e energético integrado. *Energia, Sustentabilidade e Sociedade*, 1, 1-9.
- Stubbs, B. (2003). 'Captain Cook's Beer: The Antiscorbutic Use of Malt and Beer in Late 18th Century Sea Voyages'. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 12: 129-37.
- SUZIGAN, Wilson. *Indústria Brasileira: origem e desenvolvimento*: São Paulo: Hucitec, 2000.
- Swinnen, J. (2009). 'The Growth of Agricultural Protection in Europe in the 19th and 20th Centuries'. *The World Economy*, 32/11: 1499-537
- Swinnen, J. F. (Ed.). (2011). *The economics of beer*. OUP Oxford.
- Telles, R. (2001). A efetividade da matriz de amarração de Mazzon nas pesquisas em Administração. *Revista de Administração da Universidade de São Paulo*, 36(4).
- Tremblay, V., and C. Tremblay (2005). *The U.S. Brewing Industry: Data and Economic Analysis*. Cambridge, MA: MIT Press.
- TROMMER, M. W. Brasilien - Biermarkt mit Potenzial. *Brauwelt*, São Paulo, v. 22, n. 25-26, p. 797-799, 2011.
- TROMMER, M. W.. Avaliação do ciclo de vida no processo de produção da cerveja. 2014. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.
- TROMMER, M. W.. Avaliação do ciclo de vida no processo de produção da cerveja. 2014. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

Unger, R. (2001). A History of Brewing in Holland, 900-1900, Economy, Technology, and the State. Leiden and Boston: Brill Academic Publishers.

Unger, R. -(2004). Beer in the Middle Ages and the Renaissance. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.

VALLE, Raul Silva Telles do; DERANI, Cristiane. Sociedade civil e gestão ambiental no Brasil: uma análise da implementação do direito à participação em nossa legislação. 2002.

VERGARA, Sylvia Constant. Começando a definir a metodologia. Projetos e relatórios de pesquisa em administração, v. 3, p. 46-53, 2000.

Von Blanckenburg, C. (2001). Die Hanse und ihr Bier: Brauwesen und Bierhandel im hansischen Verkehrsgebiet. Dissertation. Cologne: Böhlau Verlag

WHITE, Chris; ZAINASHEFF, Jamil. **Yeast: the practical guide to beer fermentation**. Brewers Publications, 2010.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e método. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YONG, Jun Yow et al. Cleaner energy for cleaner production: modelling, simulation, optimisation and waste management. **Journal of Cleaner Production**, v. 111, p. 1-16, 2016.

ZUPPARDO, Bianca. Uso da goma Oenogum para a estabilização coloidal e de espuma em cerveja. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2010.

APÊNDICE

Checklist

Localidade:

Estimativa de produção mensal:

Consumo médio de água:

Consumo Médio de Energia:

Principais embalagens utilizadas:

Água

- Forma para obter a água utilizada no processo de produção
 - Fornecedor de água Poço artesiano outro
- Há alguma forma de mensuração do consumo de água
 - Sim Não
- Consumo médio mensal da cervejaria: _____
- Controle sobre vazão da água:
 - Sim Não
- Existe alguma cisterna para armazenagem de água:
 - Sim Não
- Existe algum processo para reutilização da água no processo de resfriamento
 - Sim Não

Energia

- Existe um Sistema de Cogeração de Energia? (exemplo painéis fotovoltaicos)
—
 - Sim Não
- São realizadas manutenções visando melhoria do consumo dos equipamentos:
 - Sim Não
- Na compra dos equipamentos a questão da economia de energia foi levada em conta:
 - Sim Não
- Consumo de energia é mensurado:

Sim Não

Resíduos sólidos

- Quantos kg de bagaço do malte são gerados: _____
- Qual destinação desses resíduos:
 Doação Venda Descarte
- Há separação de outros resíduos que não sejam orgânicos (como por exemplo embalagens plásticos, papel)
 Sim Não
- Qual destinação se a resposta for sim. Sim, venda para reciclagem
Doação Venda Descarte

Educação

- A cervejaria possui alguma visão de produção mais sustentável:
 Sim Não
- Os funcionários já receberam algum treinamento quanto a necessidade da eficiência no uso de recursos:
 Sim Não
- A cervejaria faz uso de indicadores possa ajudar na gestão da empresa:
 Sim Não
- A cervejaria faz uso de indicadores de sustentabilidade na gestão da empresa:

Sim Não