

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

SÁVIO SILVA DUARTE

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E PRODUÇÃO MAIS LIMPA: ESTUDO DE CASO
EM UMA MICROCERVEJARIA NA REGIÃO DO SUDOESTE DO PARANÁ**

FRANCISCO BELTRÃO

2023

SÁVIO SILVA DUARTE

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E PRODUÇÃO MAIS LIMPA: ESTUDO DE CASO
EM UMA MICROCERVEJARIA NA REGIÃO DO SUDOESTE DO PARANÁ**

**ENVIRONMENTAL DIAGNOSIS AND CLEANER PRODUCTION: A CASE STUDY
IN A MICROBREWERY IN THE SOUTHWEST REGION OF PARANÁ**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof.^a Me. Marlise Schoenhals

FRANCISCO BELTRÃO

2023



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

SÁVIO SILVA DUARTE

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E PRODUÇÃO MAIS LIMPA: ESTUDO DE CASO
EM UMA MICROCERVEJARIA NA REGIÃO DO SUDOESTE DO PARANÁ**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Ambiental da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientador(a): Prof.^a Me. Marlise Schoenhals

Data de aprovação: 21 de Junho de 2023

Marlise Schoenhals

Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ellen Porto Pinto

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ana Paula de Oliveira Schmitz

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

FRANCISCO BELTRÃO

2023

Dedico este trabalho à minha família, pelos
momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer à Professora Marlise pela sua paciência, orientação e apoio ao longo de todo o processo. Sua dedicação e conhecimento foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também à banca avaliadora por dedicar seu tempo e expertise na análise e avaliação deste trabalho. Seus insights e sugestões foram valiosos para aprimorar a qualidade da pesquisa.

Aos amigos da Turma do funil, quero expressar minha gratidão por todo o suporte e momentos compartilhados ao longo dessa jornada acadêmica. Vocês conseguiram deixar essa experiência ainda mais especial, engraçada e inesquecível.

Um agradecimento especial aos amigos Israel, Vinícius e Priscila pela parceria nessa empreitada. Sua colaboração e amizade foram essenciais para todos os objetivos que alcancei até aqui.

Agradeço as pequenas Catarina e Gabriela por trazerem luz em momentos de escuridão, sou grato por todos os momentos, risadas, amor, aprendizados e apoio nesse tempo, principalmente durante este estudo.

Agradeço a Microcervejaria, local de estudo por abrir as portas para este trabalho, a todos os colaboradores e gestores que me auxiliaram nesse período, através de informações, inúmeros aprendizados e a gentileza de me receberem tão bem.

Por último, mas certamente não menos importante, agradeço à minha família pelo amor, apoio e compreensão ao longo dessa jornada. Vocês são meu porto seguro e fonte de inspiração. Peço desculpas pelos momentos de ausência nesse período.

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos que fizeram parte direta ou indiretamente da realização deste trabalho de conclusão de curso. Vocês fazem parte desta conquista e sou imensamente grato por todo o apoio e encorajamento ao longo do caminho.

RESUMO

A poluição oriunda da indústria é uma problemática ambiental relevante, impactando ecologicamente o solo, a água e o ar, que são essenciais para todas as formas de vida no planeta. Um ramo da indústria que vem crescendo no Brasil, são as microcervejarias, que podem gerar quantidades elevadas de resíduos e utilizar recursos naturais em excesso. Esses resíduos, subprodutos e efluentes gerados se não reaproveitados ou tratados corretamente podem degradar o meio em que são descartados. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar um diagnóstico ambiental, acerca dos processos produtivos de uma microcervejaria no sudoeste do Paraná, avaliando e propondo medidas de Produção mais limpa (P+L) na microcervejaria. Foi realizado um estudo exploratório, de natureza qualitativa, delineado por pesquisa bibliográfica e estudo de caso, contemplando visitas in loco, revisões de literatura e análise documental para a coleta de dados da microcervejaria. Foi possível realizar um diagnóstico ambiental dos processos e serviços da microcervejaria, sendo possível assim propor medidas de produção mais limpa. Além disso, 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.

Palavras-chave: gestão ambiental; produção de cerveja; sustentabilidade.

ABSTRACT

Pollution from industry is a relevant environmental problem, ecologically impacting the soil, water and air, which are essential for all forms of life on the planet. A branch of industry that has been growing in Brazil are microbreweries, which can generate high amounts of waste and use natural resources in excess. These residues, by-products and effluents generated, if not reused or treated correctly, can degrade the environment in which they are discarded. In this way, the objective of this work was to carry out an environmental diagnosis, about the productive processes of a microbrewery in the southwest of Paraná, evaluating and proposing measures of Cleaner Production (P+L) in the microbrewery. An exploratory study of a qualitative nature was carried out, outlined by bibliographical research and case study, contemplating on-site visits, literature reviews and documental analysis for the collection of data from the microbrewery. It was possible to carry out an environmental diagnosis of the processes and services of the microbrewery, thus making it possible to propose cleaner production measures. In addition, several opportunities for improvement were observed, in which the microbrewery can use the indicated P+L measures to contribute to the improvement of the environmental performance of its processes.

Keywords: environmental management; beer production; sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo PDCA.....	19
Figura 2 – Níveis de aplicação da metodologia de Produção mais limpa.....	22
Figura 3 – Metodologia do Programa de Produção mais limpa.....	23
Figura 4 – Total de estabelecimentos registrados.....	24
Figura 5 – Processo básico de fabricação de cerveja.....	25
Figura 6 – População Urbana na Região do Sudoeste do Paraná.....	29
Figura 7 – Fluxograma dos processos produtivos da microcervejaria.....	30
Figura 8 – Etapas de metodologia do programa de produção mais limpa.....	34
Figura 9 – Fluxograma de geração de resíduo sólido atividades secundárias..	41
Figura 10 – Fluxograma de geração de resíduo sólido do processo.....	41
Figura 11 – Coletores de resíduos sólidos na microcervejaria.....	44

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Check-list de verificação das visitas a microcervejaria.....	31
Quadro 2 – Check-list de verificação das visitas a microcervejaria.....	36
Tabela 1 – Entradas e saídas na microcervejaria.....	38
Quadro 2 – Resultado da análise gravimétrica.....	43
Quadro 3 – Práticas sustentáveis na microcervejaria.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

P+L	Produção mais limpa
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
CNTL	Centro Nacional de Tecnologias Limpas
AVCB	Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
pH	Potencial Hidrogeniônico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVO	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	Desenvolvimento Sustentável.....	16
3.2	Gestão Ambiental Empresarial.....	17
3.3	Diagnóstico Ambiental.....	19
3.4	Produção Mais Limpa	20
3.5	Etapas para Implementação da Produção mais limpa	22
3.6	Processo de Fabricação de Cerveja	24
3.7	Aspectos na Produção de Cerveja.....	26
3.7.1	Matérias-primas.....	26
3.7.2	Água	26
3.7.3	Energia elétrica.....	27
3.8	Impactos na Produção de Cerveja	27
3.8.1	Resíduos Sólidos.....	27
3.8.2	Efluentes Líquidos	28
3.8.3	Emissões atmosféricas.....	28
4	MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1	Caracterização do local de estudo	29
4.2	Tipo de pesquisa	30
4.3	Metodologia de coleta de dados.....	31
4.4	Diagnóstico ambiental	32

4.5	Análise, levantamento e proposta de medidas de P+L	34
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1	PRODUÇÃO DE CERVEJA.....	37
5.1	Entradas e saídas	38
5.2	Diagnóstico Ambiental.....	40
5.2.1	Água e efluentes líquidos	40
5.2.2	Energia Elétrica	41
5.2.3	Resíduos sólidos	41
5.2.4	Emissões atmosféricas.....	45
5.3	Produção mais limpa	46
6	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial na metade do século XVIII, trouxe uma nova maneira de fabricar produtos. A capacidade de produção da humanidade aumentou significativamente, ultrapassando as necessidades básicas de sobrevivência em muitas regiões do mundo. Esse avanço é resultado do progresso tecnológico, do desenvolvimento econômico e do aumento da eficiência na produção (TREVISAN, 2010). Esse progresso tecnológico nos processos produtivos industriais acaba por ocasionar a exploração imprudente dos recursos naturais e impactar diretamente o meio ambiente e a sociedade. A velocidade de regeneração natural foi ultrapassada pela velocidade de extração das matérias primas (WATANABE, 2011).

Perante esta problemática e diversos desastres ambientais ocorridos, a gestão ambiental passou a ser amplamente utilizada e discutida pela sociedade, levando a produção mais sustentável até o meio industrial que é o setor onde se tem os maiores impactos ambientais. Como ponto de atenção e na tentativa de reverter esse quadro, a indústria passou a avaliar não somente os impactos de sua produção, mas também todo o ciclo de vida dos seus produtos, ou seja, desde a compra da matéria prima até o descarte final (LIMA, 2017).

Nas últimas décadas, as causas ambientais ligadas ao consumo consciente percorreram por todas às áreas das atividades humanas, tendo um foco nas indústrias de alimentos e bebidas, pois suprem necessidades básicas sociais e de alimentação do ser humano (MORADO, 2017). Neste sentido, no Brasil a produção industrial de cerveja corresponde a 13,3 bilhões de litros de cerveja por ano, sendo o terceiro maior mercado mundial em consumo e produção, ficando atrás somente da China e dos Estados Unidos (SINDICERV, 2018). Essa atividade demanda de recursos naturais, como a água que é um ingrediente importantíssimo em sua produção, constituindo cerca de 90% da cerveja (MORADO, 2017).

Uma ferramenta importante na gestão ambiental que pode ser aplicada no setor industrial cervejeiro é a chamada Produção mais limpa (P+L), que consiste em uma série de estratégias, ações, condutas ambientais, econômicas e técnicas, que podem reduzir e evitar o lançamento de poluentes, por meio de ações preventivas (CETESB, 2005).

O diagnóstico ambiental atrelado a ferramenta P+L, se torna um poderoso meio de levantar as evasões ambientais da organização, podendo caracterizar inicialmente suas carências ambientais, mas a decisão da aplicação da ferramenta P+L, está ligada diretamente a relação de custo-benefício. Um dos objetivos da P+L é justamente a redução significativa a longo prazo dos custos, através da atuação direta de eficiência dos processos produtivos, redução do uso de matérias primas, diminuição da geração de resíduos e emissões contaminantes, o que se torna algo mais atrativo para as organizações (MELLO, 2002).

A microcervejaria que foi objeto de análise deste estudo, está localizada no sudoeste do Paraná, em atividade há mais de 10 anos e tendo seu maior mercado consumidor na região Sudoeste do Paraná, sua região de origem.

Este trabalho buscou realizar um diagnóstico ambiental nos processos produtivos de uma microcervejaria no sudoeste do Paraná. Para tanto, os processos, serviços e atividades foram caracterizados, a fim de obter um diagnóstico ambiental das condições ambientais atuais. Aliada a esse diagnóstico ambiental, através de observações e análises do processo, foram propostas medidas de P+L para a microcervejaria a fim de serem significativas para a organização e capazes de reduzir os impactos ambientais negativos sobre o meio ambiente.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Realizar um diagnóstico ambiental e propor medidas de Produção mais limpa em uma microcervejaria na região do Sudoeste do Paraná.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os processos, atividades e serviços da microcervejaria.
- Identificar e quantificar os insumos, matérias-primas e resíduos gerados na microcervejaria.
- Propor medidas de P+L para a organização de modo a contribuir para o conhecimento e na otimização do desempenho ambiental.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Desenvolvimento Sustentável

O ponto inicial do desenvolvimento sustentável aconteceu na Conferência das Nações Unidas do Meio Ambiente Humano na cidade de Estocolmo no ano de 1972, onde se teve o alerta para os impactos negativos do desenvolvimento no meio ambiente e na sociedade (GUIMARÃES, 2009). Nesta conferência, foram pautados temas como a poluição da água e do solo oriundos da industrialização e do crescimento demográfico atrelado ao uso exacerbado de recursos naturais, além de um tema que já preocupava a comunidade científica: a poluição atmosférica (RIBEIRO, 2001).

No ano de 1987, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) apresentou o relatório chamado Nosso Futuro Comum, que trouxe a definição de desenvolvimento sustentável, sendo um processo que transforma o uso de matérias primas, o desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional em algo que una a presente e a geração futura, atendendo às necessidades de todos (DIAS, 2010). O Relatório de modo geral, propõe o conceito de Desenvolvimento Sustentável como sendo aquele que atende às necessidades dos presentes, mas sem comprometer às necessidades das futuras gerações (CMMAD, 1988).

Ambientalistas, chefes de estados e autoridades de várias partes do mundo a décadas vinham lutando por um desenvolvimento sustentável e um meio ambiente equilibrado, mas a ideia só se popularizou nas conferências do Rio de Janeiro, em 1992, a Rio 92, ao qual definia desenvolvimento sustentável como um modelo econômico pautado no equilíbrio ecológico e menos consumista e a de Johannesburgo (Rio+10) em 2002, dando uma novo sentido para o Desenvolvimento Sustentável, deixando a frase “pensar globalmente e agir localmente” como uma nova diretriz a ser seguida (VAZ, 2009).

Desde então o debate sobre o desenvolvimento sustentável se faz presente em todas as áreas da sociedade, tendo a presença relevante do empresariado que estão mais conscientes e mostrando através de resultados que o investimento em sustentabilidade é viável de todas as formas. Alguns avanços são excelentes conquistas para o meio ambiente, como o Selo Verde e a ISO 14000, que

asseguram a conservação e a proteção ambiental pelas organizações (INSTITUTO ETHOS, 2004)

O desenvolvimento sustentável está ligado diretamente às mudanças nas perspectivas ambientais vindas das organizações, sendo a primeira delas e a mais importante como a percepção de que as atividades industriais podem gerar impactos ao meio ambiente (LIMA, 2017). Adotando os fundamentos do desenvolvimento sustentável, entende-se que a organização está cuidando da sua própria sobrevivência, pois pode auxiliar na melhoria contínua e na qualidade dos processos (ALMEIDA, 2002).

Atualmente o debate sobre o desenvolvimento sustentável continua em alta, o que mostra uma evolução de uma sociedade mais ecológica. Atrelado a esse debate cada vez mais atual, temos as organizações que em paralelo tem se preocupado cada vez mais com a necessidades ambientais de seus clientes e do mercado que demanda por produtos sustentáveis, tendo como base o respeito ao meio ambiente e estratégias que condizem com o desenvolvimento sustentável (LIMA, 2017).

Apesar do desenvolvimento sustentável ser um caminho plausível para se chegar em uma sociedade sustentável que não compromete o futuro das próximas gerações, o desafio de sua implementação ainda é gigantesco. Diversos empecilhos estão relacionados a essa efetivação, como o consumismo exacerbado, a degradação ambiental e a fragmentação do meio ambiente. Diante disso, cabe a sociedade como um todo utilizar-se do conceito de desenvolvimento sustentável, aprimorando a cada dia mais as estruturas das ciências e das legislações vigentes, propagando assim o conhecimento ambiental e fazendo com que esses empecilhos sejam os menos degradantes possíveis (MENEGUZZO, 2009).

3.2 Gestão Ambiental Empresarial

Um sistema de gestão é definido como um agrupamento de elementos que estão ligados em uma organização, com o intuito de determinar objetivos, políticas internas e métodos para alcançar metas. Dito isso, o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) tem como objetivo principal, o gerenciamento dos aspectos e impactos ambientais (ABNT, 2015).

O SGA é um ciclo constante onde se planeja, revisa e implementa o melhoramento de processos e atividades de uma organização, com o intuito de realizar suas obrigações ambientais legais (FONSECA, 2005).

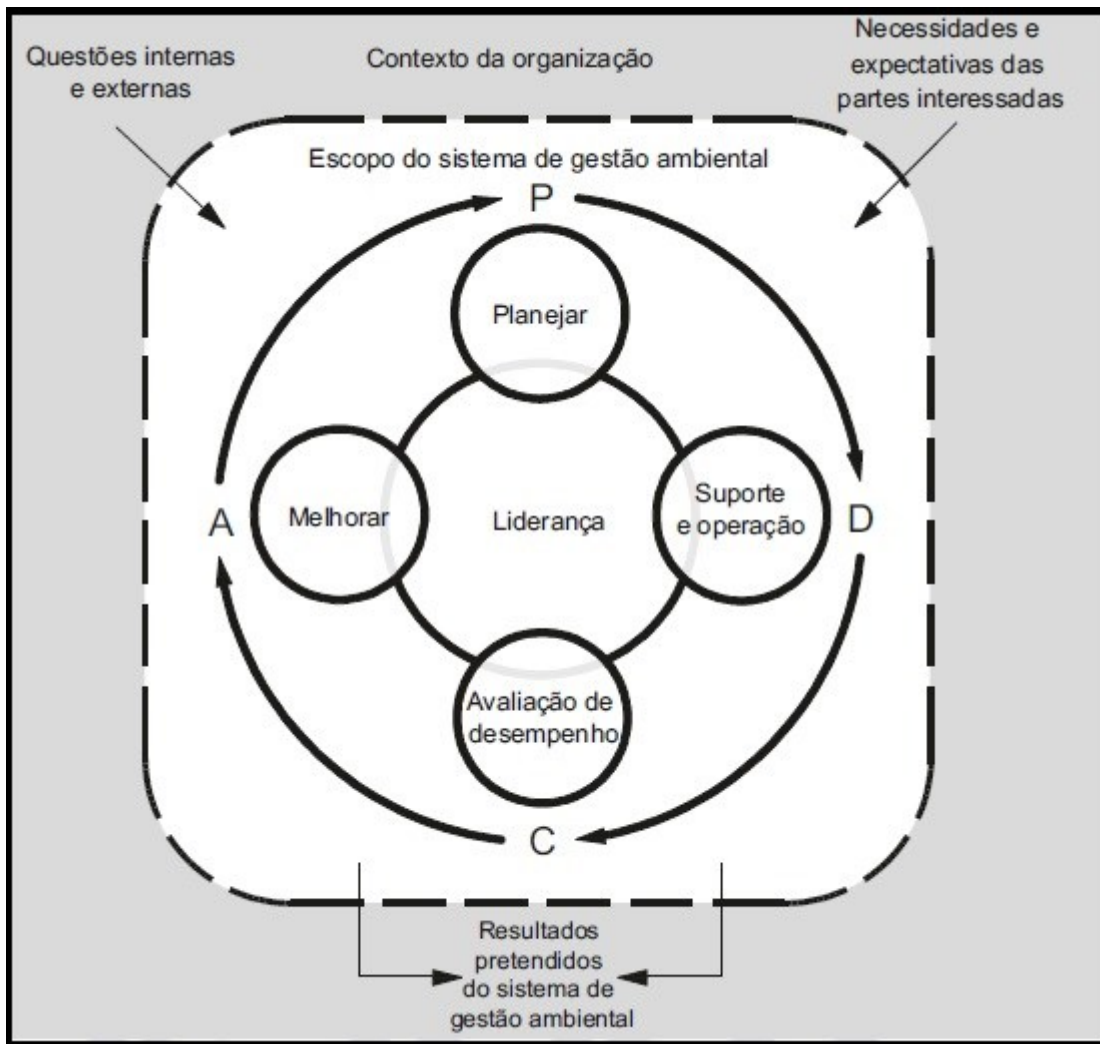
O bom resultado de um SGA implementado depende do envolvimento de toda a cadeia de produção de uma organização, começando por seus gestores. O empreendimento pode aumentar seu nível de prevenção e oportunidades de mitigação acerca dos impactos ambientais oriundos de suas atividades e ainda alavancar os impactos ambientais que beneficiam a organização, ou seja, aqueles que levam o nome da organização a patamares competitivos e estratégicos de melhoria (ABNT, 2015).

Como esse sistema está ligado diretamente à sustentabilidade da organização, se torna natural que ele siga os pilares da sustentabilidade. Os três pilares são: o social, econômico e ambiental, para que uma organização possa atuar de modo sustentável, é imprescindível que adote esses três pilares em sua gestão e que eles interajam entre si (DAMM, 2018).

Os empreendimentos que conseguem absorver e atrelar os pilares do desenvolvimento sustentável às suas operações, podem ser identificadas como organizações sustentáveis (HART, 2004).

A quantidade de detalhes e complexidade de um SGA acabam variando de acordo com a organização e seu contexto, desde seu escopo até seus requisitos legais. Uma ferramenta que pode auxiliar na melhoria da gestão ambiental de uma organização é o chamado *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), que consiste em um ciclo que acaba fornecendo um processo iterativo para se alcançar a melhoria contínua de seus processos. Conforme ilustrado na Figura 1, o PDCA busca um gerenciamento mais eficiente e claro, onde pode ser brevemente descrito como, *Plan: planejar, Do: fazer, Check: checar e Act: agir* (ABNT, 2015).

Figura 1 – Ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de ABNT (2015)

3.3 Diagnóstico Ambiental

Conceitua-se diagnóstico como o processo do pensamento humano que muitas vezes não está suscetível a simplificações, ao qual pode ser usado para discernimento, munido de hipóteses, possibilidades e dados (MANSUR, 2010). Já o diagnóstico ambiental pode ser entendido como as características de qualidade ambiental de uma área ou objeto com o intuito de exibir para avaliação, os possíveis danos nos ambientes biológicos, econômicos e físicos (BAIMA, 2018).

Para realizar esse estudo, é possível contar com uma ferramenta muito utilizada no levantamento de dados, o chamado Diagnóstico Ambiental. De acordo com Naime (2005), essa ferramenta da gestão ambiental tem a função de proceder a uma radiografia da empresa referente aos aspectos ambiental ou a ele relacionados, como exemplo temos o tratamento de efluentes, a gestão de resíduos

sólidos e o controle de emissões atmosféricas. Sendo assim, o diagnóstico ambiental tem como objetivo a avaliação do desempenho ambiental de um empreendimento, evidenciando os pontos positivos e os pontos a melhorar, permitindo que os membros da organização internalizem os preceitos ambientais, tornando a gestão ambiental uma estratégia empresarial. Através de ações ambientais, a empresa poderá fortalecer sua imagem frente à sociedade, ao Poder Público e, principalmente, aos seus clientes.

O diagnóstico Ambiental do processo produtivo é formado pela definição do fluxograma do processo, avaliação das entradas e saídas e pela avaliação dos aspectos e impactos ambientais da organização. O fluxograma do processo deve incluir a descrição da instalação, bem como a indicação das entradas e saídas dos insumos e matérias-primas. A avaliação das entradas e saídas deve ser determinada através de critérios estabelecidos, levando em consideração o senso comum. Isso significa verificar o número de entradas e garantir um número adequado de saídas, pré-determinando, dessa forma, a eficiência do sistema. Além disso, é necessário avaliar e tabular todos os aspectos e impactos observados pelo avaliador, a fim de compreender os efeitos e consequências da organização (CNTL, 2003).

3.4 Produção Mais Limpa

O conceito de Produção mais limpa (P+L) foi criado em 1989, pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), para definir a execução de maneira contínua de estratégias ambientais que servissem como modo preventivo ou redutivo de impactos ao meio ambiente e a sociedade (DIAS, 2006). De modo geral o P+L adota procedimentos como a conservação de matérias primas e energia, redução dos impactos negativos do ciclo de vida e a incorporação das preocupações ambientais nos processos das organizações (CATAPAN, 2010)

Segundo Silva (2016), a indústria brasileira nota a produção mais limpa depois da década de noventa, logo depois da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio 92. Mas as origens da metodologia P+L é uma pouco mais antiga, a Conferência de Estocolmo, em 1972 trouxe consigo propósitos que mais tarde seriam base para criação da P+L, como lançar menos poluição no ambiente, menor geração de resíduos e menor consumo de recursos naturais.

A P+L pode ser entendida como a aplicação de estratégias técnicas, ambientais e econômicas em conjunto com os processos produtivos e o produto como um todo, tendo a finalidade de elevar a eficiência operacional e ambiental. Desta forma, pode-se minimizar a geração de resíduos e emissões geradas e diminuir o consumo de matéria prima através do melhoramento no uso (CNTL, 2003).

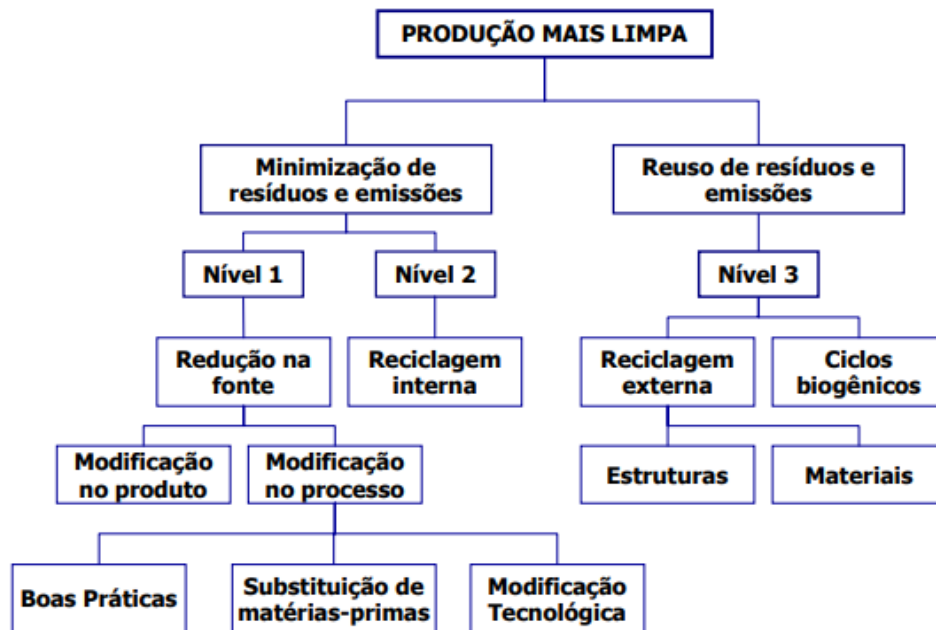
Essas estratégias podem ser utilizadas também nos processos, serviços e produtos, podendo incluir pontos vitais que auxiliam na gestão ambiental, sendo eles o aumento de eficiência do uso de recursos renováveis, redução da geração de resíduos, efluentes e emissões e o reuso de recursos (CETESB, 2005).

Ao contrário da abordagem tradicional conhecida como tecnologia fim de tubo, que se concentra exclusivamente no tratamento dos resíduos gerados no final dos processos, a Produção Mais Limpa adota uma perspectiva mais avançada. Ela não se limita apenas a tratar os resíduos ou emissões, mas procura compreender como esses resíduos são gerados e de onde surgem as emissões. Dessa forma, a Produção Mais Limpa não se restringe a tratar apenas os sintomas dos impactos ambientais, mas busca identificar e abordar as causas fundamentais dos problemas (CNTL, 2003).

Vale lembrar que a Produção mais limpa consiste em um processo de todo o grupo, ou seja, toda a organização deve estar alinhada, pois são mudanças organizacionais, técnicas, operacionais e principalmente culturais, que precisam de uma atenção especial para a incorporação no dia a dia (CETESB, 2005). Ainda sobre o fator cultural, a aplicação da P+L possui outra barreira que é a falta de recursos, sendo está um empecilho significativo no sucesso da implementação da P+L. Na maioria dos casos não são valores financeiros significativos, mas estando ligado diretamente ao comportamento e o nível de educação dos envolvidos nas organizações, ou seja, o capital intelectual dos gestores e colaboradores tem grande papel no sucesso da P+L (FIGUEIREDO, 2004).

As aplicações da ferramenta P+L podem ser realizadas em diversos níveis de acordo com a estratégia de aplicação, como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Níveis de aplicação da metodologia de Produção mais limpa



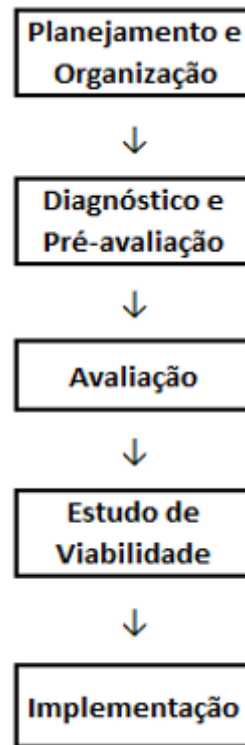
Fonte: Adaptado de CNTL (2003)

A minimização de resíduos e emissões o nível 1 consiste em evitar a geração, buscando a não geração dos resíduos ou emissões sendo capaz até de modificar o processo e as matérias primas do produto para tal. O nível 2 orienta se o resíduo gerado não pode ser evitado, ele pode ser reutilizado no processo, podendo e o nível 3 onde são as medidas de reciclagem dos resíduos gerados (CNTL, 2003).

3.5 Etapas para Implementação da Produção mais limpa

O Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS (CNTL) traz as etapas de aplicação da ferramenta de Produção mais limpa, conforme Figura 3, tendo como base a caracterização de 5 fases para a implementação da P+L.

Figura 3 – Metodologia do programa de produção mais limpa



Fonte: Adaptado de CNTL (2003)

Segundo o CNTL (2003) as fases de implementação são: a sensibilização, estudo da cadeia produtiva, estudo da geração dos resíduos, avaliação das oportunidades e a elaboração do plano de produção mais limpa.

A etapa 1 tem o intuito de sensibilizar a gerência da organização sobre os benefícios de sua aplicação, obtendo a participação e o comprometimento de todos, formação da equipe que conduzirá o projeto e salientar as dificuldades e barreiras a serem superadas.

A etapa 2, diagnosticar e pré-avaliar o processo, estabelecendo do foco para a fase de avaliação, com o objetivo de conhecer o processo produtivo suprindo os dados para comparação de modo a se comparar resultados posteriores.

Na etapa 3, avaliar as causas de geração, ou seja, originar um balanço material que permita identificar possíveis perdas e gerar oportunidades de produção mais limpa, seja elas substituição de matérias primas ou até reuso e reciclagem.

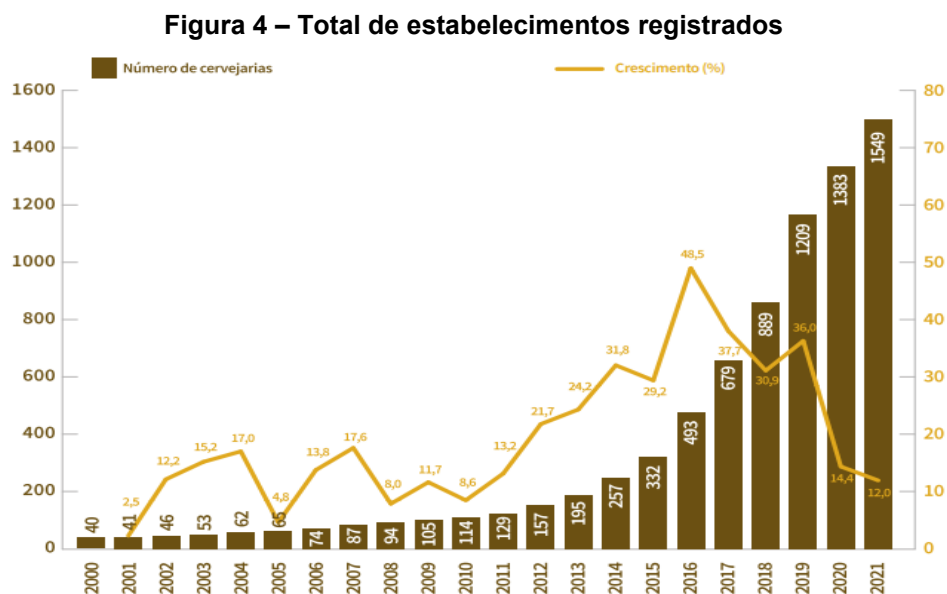
No caso da etapa 4, onde ocorre a viabilidade econômica das próximas ações, dando prioridade para as ações de maior viabilidade tanto econômica quanto ambiental, selecionar essas ações e estabelecer os resultados esperados de cada item.

A etapa 5 é onde ocorre a implementação, mas antes disso deve ser elaborado o plano de implementação caracterizando um processo de melhoria contínua com a produção mais limpa.

3.6 Processo de Fabricação de Cerveja

O Decreto Federal nº 9902 de 2019, apresenta a cerveja como uma bebida que pode ser obtida através da fermentação alcoólica do chamado mosto cervejeiro que vem da fervura de cereais, água potável, junto com ações de levedura e adições de lúpulos (BRASIL, 2019).

A produção de cerveja é um costume muito antigo, nos últimos séculos a cerveja se tornou uma bebida extremamente relevante para a sociedade. Com a globalização e a crescente evolução do cenário cervejeiro nacional o mundo tem voltado seus olhos para o mercado brasileiro (FREITAS, 2015). Em 2021, o número de cervejarias ativas no Brasil teve uma alta de 12%, subindo de 1.383 para 1.549 estabelecimentos, sendo registrados 200 novos estabelecimentos e 34 cancelamentos de registro (MAPA, 2022). Esse número crescente vem um pouco abaixo do esperado, visto que a pandemia do Corona Virus (COVID-19) seguiu a economia e indiretamente afetando o consumo de cerveja, como mostra a Figura 4 de crescimento dos estabelecimentos registrados no Brasil desde 2000.

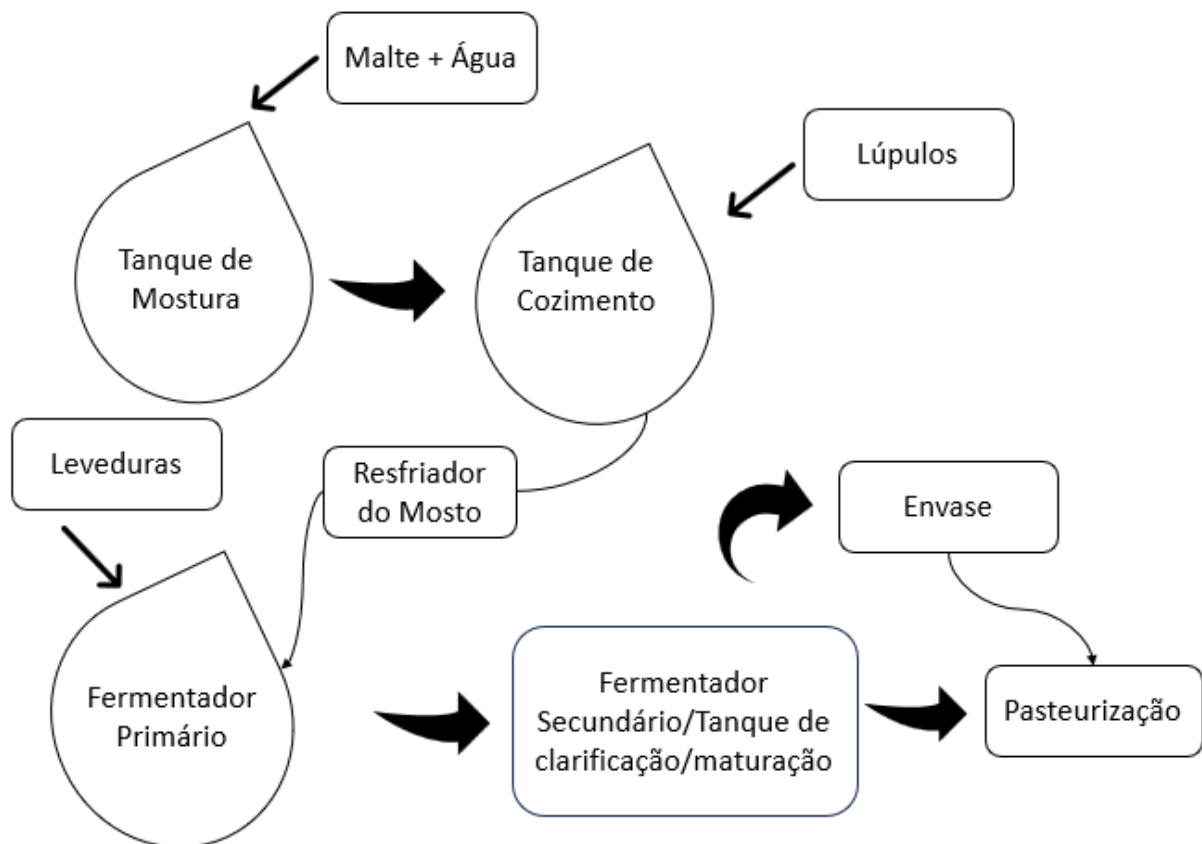


Fonte: Adaptado de MAPA (2022)

Segundo Ettlinger (2014) microcervejarias são pequenos empreendimentos que podem chegar em até 60 mil barris por ano, em alguns casos o adjetivo de microcervejaria está associado à cerveja artesanal e de boa qualidade.

A receita básica para a fabricação da cerveja, conforme a Figura 5, baseia-se no seguinte processo: a cevada maltada é moída e colocada em infusão a quente com água; filtra-se a mistura, ferve-se de novo com lúpulo e novamente filtra-se. Acrescenta-se, então, a levedura e deixa-se fermentar. Depois, essa bebida fermentada fica em repouso por algum período para maturação e, em seguida, retiram-se as leveduras, tornando a cerveja pronta para consumo. Embora aparentemente simples, a produção de cerveja requer muito conhecimento e prática, pois envolve várias e complexas reações químicas e bioquímicas que devem ocorrer sob controle rigoroso de temperatura, tempo, pressão e pH, entre outros fatores (MORADO, 2017)

Figura 5 – Processo básico de fabricação de cerveja



Fonte: Adaptado de Ettlinger (2014)

3.7 Aspectos na Produção de Cerveja

Referente ao consumo e geração, o ramo cervejeiro é responsável por uso de uma grande quantidade de água e de geração de resíduos. Devido a inúmeros processos de limpeza, fermentação e outros processos industriais, a geração de resíduos se torna algo considerável (CETESB, 2005).

3.7.1 Matérias-primas

O grão de cevada é semelhante ao grão do trigo, ele é a principal fonte de amido na produção de cerveja. Na composição da cerveja ele é a principal fonte de amido, sendo sua estrutura modificada durante o processo de maltagem e produção de mosto, onde esse amido será transformado em açúcares que o fermento transformará em álcool e gás carbônico. Em média se utilizam cerca de 150 g de malte de cevada para cada litro de cerveja, ou seja, a cada 100 litros de cerveja produzidos se usa 15 kg de malte, gerando assim uma grande quantidade de resíduo orgânico (MORADO, 2017).

A planta trepadeira chamada de Lúpulo é uma das matérias primas mais importantes no processo de produção de cerveja, atribuindo o sabor amargo e aroma (MEGA, 2011). O lúpulo é usado em pequenas quantidades, podendo ser necessários de 40 a 500 gramas a cada 100 litros de cerveja (MORADO, 2017). Sua quantidade depende muito do tipo de cerveja que será produzida (CETESB, 2005).

A geração de resíduo de levedura úmida, pode ficar entre 1,5% e 3,0% do volume de cerveja produzido, assim podendo chegar à 420 milhões de kg por ano no Brasil. Esse número expressivo se deve a capacidade de reprodução acelerada, ao qual podem chegar de 3 a 5 vezes sua massa original (BRIGGS, 2004).

3.7.2 Água

O consumo de água por parte da indústria cervejeira é o grande vilão no aspecto ambiental. Pode ser estimado de modo bastante genérico que para cada litro de cerveja produzido se gaste de 4 a 7 litros de água, contemplando o resfriamento, lavagens, matéria prima, geração de vapor, pasteurização e outros processos. Quanto menor a planta da organização, maior tende a ser o consumo relativo de água (CETESB, 2005).

As cervejarias são grandes consumidoras de água, onde grande parte desse uso pode ser atrelado as etapas de fermentação e higienização. Devido a busca de

um melhor rendimento desse recurso, a indústria tem buscado práticas mais sustentáveis no seu uso (PEDRO; LIMA, 2008)

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.

3.7.3 Energia elétrica

Para se produzir em uma cervejaria é necessário energia de várias formas, podendo ser obtida através de gás natural, GLP e elétrica (ENGARRAFADOR, 2017). 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).

3.8 Impactos na Produção de Cerveja

Os impactos ambientais necessitam urgentemente serem gerenciados e tratados, como uma forma de desenvolvimento sustentável organizacional e qualidade social, pois não é mais possível falar sobre questões empresariais e não citar a parte ambiental, principalmente quando se trata de decisões para o futuro (DIAS, 2004).

3.8.1 Resíduos Sólidos

Segundo a Lei nº 12305 de agosto de 2010, a chamada Política Nacional de Resíduos Sólidos, resíduo sólido é o material, objeto ou substância que resultou de atividade humana e cuja destinação está a suceder em estado sólido. Eles podem ser classificados em Classe I – Perigosos que podem implicar em periculosidade a saúde ou ao meio ambiente e Classe II – não perigosos que tem potencial de impacto menor que o anterior (BRASIL, 2010).

Na indústria cervejeira, a geração de resíduos sólidos se dá principalmente pelas etapas de filtragem, envase e na preparação do mosto (CETESB, 2005). Para uma planta com capacidade de produção de 17 milhões de litro por mês, calcula-se

que tenha geração de 14 kg de bagaço de malte a cada 100 litros, 2 a 4 kg de mosto para 100 litros e 0,2 a 0,4% de micropartículas sólidas a cada 100 litros produzidos (UNEP, 1996).

3.8.2 Efluentes Líquidos

Segundo a Resolução nº430 de 2011 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), efluente é o termo que se usa para caracterizar despejos líquidos, esses líquidos são provenientes de atividades humanas ou processos. Esses efluentes sejam eles de qualquer fonte poluidora, somente poderão ser lançados em algum corpo receptor mediante devido tratamento e que os parâmetros e padrões obedeçam às condições de exigências das leis e resoluções (BRASIL, 2011).

Por conta da necessidade característica do setor de constante limpeza e desinfecção, o ramo cervejeiro gera quantidades consideráveis de efluentes (CETESB, 2005). Referente aos volumes, estima-se que cerca de 300 a 600 litros sejam gerados de efluentes a cada 100 litros de cerveja produzidos (UNEP, 1996).

3.8.3 Emissões atmosféricas

Segundo a Resolução nº382 de 2007 do Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente), emissão consiste no lançamento na atmosfera de qualquer tipo de matéria sólido, líquida e gasosa. Sendo em sua maioria das vezes em forma de material particulado que são material sólido ou líquido em mistura gasosa que pode se manter neste estado dependendo da temperatura do meio filtrante, seu tamanho pode variar de 20 a 0,5 micrometros, sendo inaláveis e estão ligadas diretamente a doenças respiratórias (BRASIL, 2007).

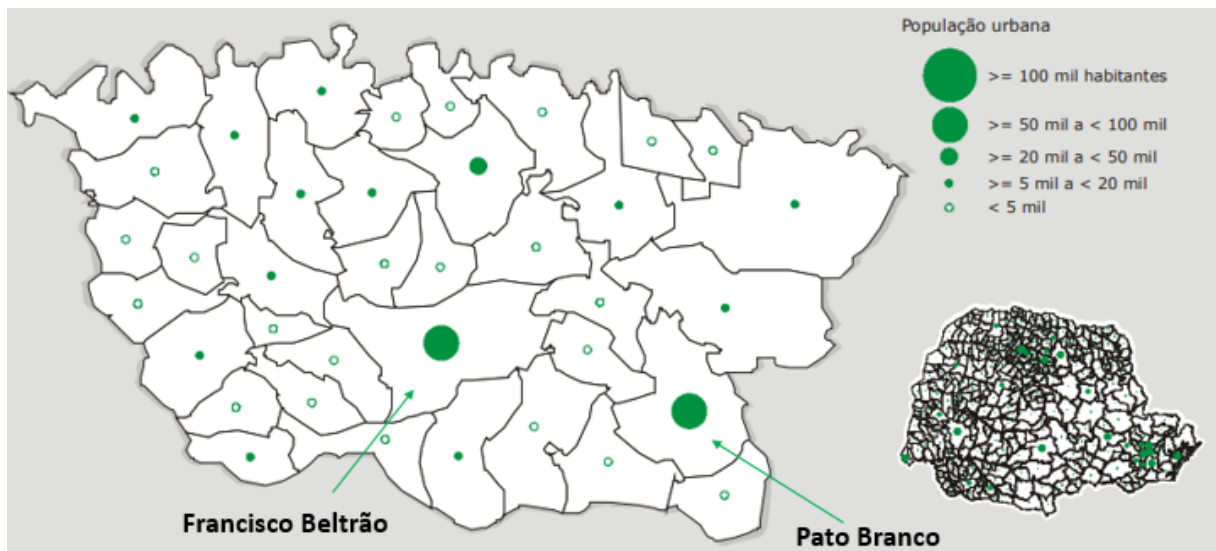
As emissões atmosféricas geradas por uma cervejaria em média são os gases de combustão (CO₂, CO, NO_x, SO_x e Hidrocarbonetos), material particulado, emissões de CO₂, emissões de poeira e odor, onde no tratamento convencional se tem o uso de filtros nas saídas das chaminés (MORADO, 2017).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização do local de estudo

A organização escolhida se trata de uma microcervejaria situada na região do sudoeste do Paraná, no interior do estado, onde suas principais cidades são Francisco Beltrão e Pato Branco como ilustra a Figura 6. A região possui um clima Subtropical com temperaturas médias de 14,0 e 26,1°C (IAPAR, 2020).

Figura 6 – População Urbana na Região do Sudoeste do Paraná



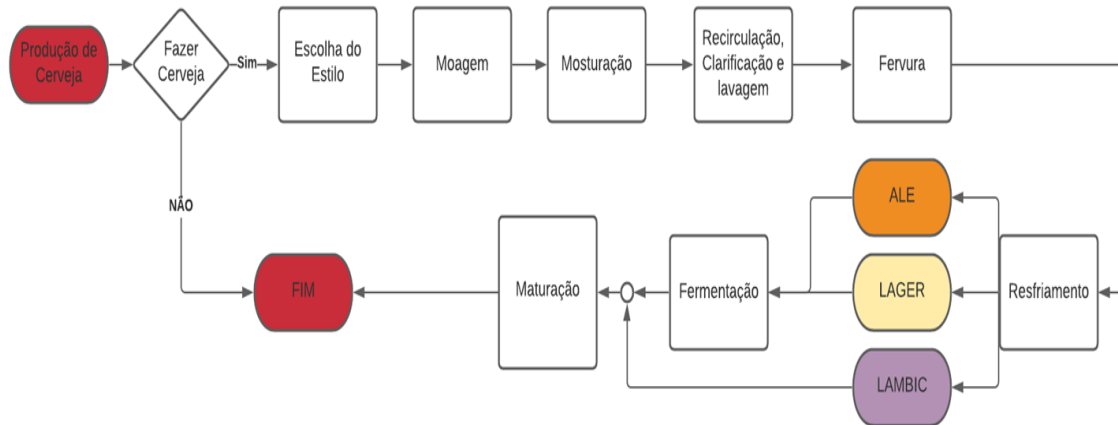
Fonte: Adaptado de IBGE (2010)

A microcervejaria é de capital fechado, iniciando suas atividades 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. A maior parte de sua receita financeira é oriunda da região sudoeste em que está localizada sua fábrica e seu *pub* (bar de origem inglesa, em que a principal bebida servida é a cerveja), onde é comercializada boa parte de sua produção.

A organização conta com 9 funcionários, se dividindo entre funções administrativas, *marketing*, produção, envase e distribuição. A fábrica possui 11 tanques de cerveja, três câmaras frias para depósito, veículos, equipamentos de envase e uma série de equipamentos específicos para a produção de cerveja. Não há setor responsável pela gestão ambiental na organização, quando necessário esse tipo de serviço é terceirizado. A produção de cerveja é realizada conforme

demanda, como mostra a Figura 7. Havendo necessidade de produção, o estilo é escolhido com base nas matérias-primas disponíveis em estoque e na estação do ano, produzindo cervejas mais fortes e encorpadas em estações frias e cervejas mais leves no verão.

Figura 7 – Fluxograma dos processos produtivos da microcervejaria



Fonte: Autor (2022)

4.2 Tipo de pesquisa

A pesquisa foi delineada como exploratória através do estudo de caso em uma microcervejaria, conforme Gil (2010).

Essa pesquisa exploratória considera diversos aspectos relacionados ao objeto de estudo, envolvendo levantamento bibliográfico e análise de exemplos que facilitem o entendimento (GIL, 1996). Optou-se por realizar um referencial teórico e, para a apresentação e análise dos dados foram seguidas as fases propostas no delineamento do estudo de caso. As fases, as quais foram seguidas na pesquisa em questão: a) delimitação da unidade caso; b) coleta de dados; c) análise e interpretação de dados; d) redação do relatório (GIL, 1996).

Além de sua coleta de dados por levantamento bibliográfico, foram realizadas visitas técnicas *in loco*, com o intuito de verificar os processos e a rotina da organização, fazer o levantamento de entradas e saídas da microcervejaria de modo geral e conhecer a estrutura organizacional da empresa. Nessas visitas foram realizadas conversas individuais com os colaboradores e a gerência a fim de conhecer a situação ambiental da organização e da cultura ambiental dos colaboradores. Também foram realizados registros fotográficos com aparelho celular

da Organização nas áreas permitidas, a fim de evidenciar o estudo. Em todas as visitas a microcervejaria foi utilizado um *check-list* para guiar e organizar o andamento e o roteiro das visitas, conforme o Quadro 1.

A fim de quantificar e verificar a tipologia dos resíduos sólidos da microcervejaria realizou-se uma análise gravimétrica conforme o método de Monteiro (2021), que consiste na separação e pesagem de todos os resíduos sólidos durante determinado espaço de tempo.

Por fim foi realizado uma análise dos documentos disponibilizados pela organização como contas de energia, água, recibos, documentos e laudos ambientais, a fim de se coletar dados acerca de entradas e saídas, aspectos quantitativos, uso de matérias primas e recursos naturais.

Quadro 1 – Check-list de verificação das visitas a microcervejaria

Item de análise	Local	Registro	Constatação
Análise gravimétrica	Fábrica/Escritório		
Contas de água	Escritório		
Contas de energia elétrica	Escritório		
Conhecer o processo	Fábrica		
Documentos ambientais	Escritório		
Fotografias	Fábrica		
Matéria prima	Fábrica		
Recibos	Escritório		

Fonte: Autor (2023)

Dentre os documentos ambientais possíveis de análise estão: Licença ambiental, outorga de água, cadastro do MAPA, manifesto de resíduos, PGRS (Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos), anuência ambiental, AVCB (Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros), autorizações ambientais etc.

4.3 Metodologia de coleta de dados

Simultaneamente a coleta de dados *in loco* foram realizadas análises qualitativas em um levantamento detalhado bibliográfico, a fim de definição dos

conceitos utilizados para elaboração deste trabalho, sendo consultados artigos, teses, dissertações, obras literárias, *sites*, leis e instruções normativas que possibilitaram apresentar os processos produtivos de cervejas, os resíduos gerados nos processos, produção mais limpa, diagnóstico ambiental, sustentabilidade empresarial, entre outros temas pertinentes a essa pesquisa.. Neste estudo, foram realizados, inicialmente registros fotográficos das áreas permitidas pela organização, análise do *layout* da organização, conversas não estruturadas com o proprietário e os colaboradores bem como consulta a dados do consumo de energia elétrica, água, recibos e registros ambientais.

Nas visitas *in loco*, foram realizadas observações, verificando sobre as entradas e saídas, processos produtivos de cerveja, a gestão ambiental da microcervejaria, possíveis perdas de insumos e mercadorias, acondicionamento de matéria prima etc. Na ferramenta de Produção mais limpa foi aplicada a observação formal tendo como base para aplicação, os manuais de produção mais limpa da CETESB (2005) e SENAI/CNTL (2003).

Os dados de entrada e saída foram disponibilizados pelo proprietário através de documentos pertinentes à pesquisa referentes a destinação dos resíduos, consumo energéticos, consumo de água e outras informações relevantes sobre os processos da microcervejaria, onde foram analisados e compilados em gráficos e tabelas para sugestão de melhorias. Esta análise documental tem o objetivo de quantificar todas as entradas e saídas disponibilizadas pela organização para a pesquisa, tendo foco em quantificar todos os aspectos utilizados nos processos e realizar a pré-identificação de variáveis como perdas, excessos, erros e desvios de matérias primas na organização, análise da situação ambiental da empresa consultando licença ambiental, outorgas de água, termo de ajuste de condutas, monitoramentos de transportes de resíduos, análise de registros e trabalhos acadêmicos realizados na organização, a fim de verificação da conformidade ambiental atual.

4.4 Diagnóstico ambiental

O diagnóstico ambiental foi realizado através de pesquisa documental e visitas *in loco*. Com os dados, o diagnóstico ambiental será realizado a fim de avaliar

o desempenho ambiental da microcervejaria, levantando as conformidades e não conformidades que precisam de atenção, bem como oportunidades de melhorias.

A etapa de 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 (CNTL, 2003).

Para o diagnóstico das entradas, foram analisadas 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. As análises de entradas foram realizadas com os dados coletados em dois meses, devido ao processo de produção da cerveja analisada, sendo o primeiro mês de fabricação inicial e o segundo de finalização e envase da cerveja.

Para o diagnóstico das saídas, foram identificados os resíduos gerados e sua classificação segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004) que considera os riscos ao meio ambiente e a saúde pública, em seguida para se calcular as perdas no processo, serão examinadas por meio do diagnóstico dos insumos de entrada e de saída. Os dados coletados foram registrados e tabulados por meio da ferramenta de tabela, tendo os dados será realizado um estudo de viabilidade econômica na região acerca dos resíduos sólidos a fim de geração de receita com a venda. Para os efluentes líquidos serão realizadas coletas das medidas do hidrômetro da organização. Durante as visitas *in loco*, foram coletados registros para verificação se esses dados já são tabulados pelos colaboradores. Referente ao diagnóstico de emissões atmosféricas, foram consultados se os veículos da organização estão regulares com a Inspeção Ambiental Veicular, objetivando a medição dos níveis de CO, CO₂ e HC de veículos cujos limites são liberados pelo fabricante. Também foram realizadas observações visuais na caldeira da organização e consultas ao proprietário se ela já foi analisada em termos de materiais particulados, devido a não existência dessas análises, foram consultadas referências bibliográficas sobre o tema para se ter uma estimativa das emissões e propostas de controle.

O diagnóstico ambiental da organização alvo de estudo, considerou os aspectos e conformidades ambientais, verificando toda a parte ambientalmente legal da organização e sua gestão ambiental interna.

4.5 Análise, levantamento e proposta de medidas de P+L

Em paralelo às etapas anteriores e juntamente com os dados obtidos foram estudadas as etapas da metodologia propostas pelo Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS (2003). Para este trabalho, foram desenvolvidas três do total de cinco fases, o planejamento e organização, o diagnóstico e pré-avaliação, avaliação e o estudo de viabilidade, como mostra a Figura 8.

Figura 8 – Etapas de metodologia do programa de produção mais limpa



Fonte: Adaptado de CNTL (2003)

Diagnóstico e pré-avaliação: Esta etapa contemplou o desenvolvimento do fluxograma metodológico do processo da microcervejaria, através das visitas *in loco* e uso da ferramenta para geração de fluxogramas, contendo a descrição de toda a organização, entradas e saídas dos insumos e matérias primas do processo. Em seguida foi avaliado de maneira assistemática se as quantidades de entradas resultam em uma quantidade de saídas de acordo com o nível de produção ou se existem perdas consideráveis no processo. Se estabelecidas ineficiências no processo, foi realizada a pré-avaliação dos processos que foram o foco de uso da metodologia.

Avaliação: Com os dados coletados foi realizado um diagnóstico com base na literatura de produção de cerveja que permita quantificar e caracterização a média de uso das matérias primas e verificar as falhas e perdas que anteriormente eram desconhecidos. Em seguida foi conduzida uma avaliação das causas das perdas e falhas identificadas, tornando possível identificar oportunidades de P+L nos processos. Depois de identificadas e conhecidas as fontes e causas dos resíduos e emissões, a produção mais limpa entrará na sua fase de criação, utilizando o fluxograma e o balanço de material foram escolhidas as operações, materiais, resíduos e emissões que serão prioridade na geração de oportunidades de melhorias. Após a geração de oportunidades de melhorias, foram selecionadas e priorizadas com base nas questões econômicas, técnicas e ambientais, com o objetivo de serem submetidas para o estudo de viabilidade

Estudo de Viabilidade: Nesta etapa as melhorias puderam ser avaliadas em três níveis, de viabilidade técnica, econômica e ambiental.

Na avaliação técnica foram analisados os investimentos maiores como manutenções, números de empregados, treinamentos requeridos, entre outros, ou seja, mudanças que podem alterar o fluxo de trabalho da organização.

A avaliação econômica é ao parâmetro-chave na determinação de uma implementação de melhoria ou não, nesta etapa foi avaliado o custo de cada implementação para a organização.

Na avaliação ambiental foram determinados os impactos negativos e positivos de cada opção de melhoria para o meio ambiente. Nesta etapa, a avaliação será classificada em três níveis, sendo elas a avaliação simples buscando reduzir a toxicidade e quantidade de resíduos, avaliação profunda onde se analisa o possível efeito de uma nova entrada ou saída e a avaliação do ciclo de vida do produto englobando toda a cadeia de produção. Por fim foram selecionadas as oportunidades que são viáveis para a organização com base nesse estudo e repassadas a organização. Nesta etapa foi realizado um relatório com todas as oportunidades levantadas e encaminhadas para a microcervejaria.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estão apresentados neste capítulo os resultados obtidos junto a microcervejaria quanto ao processo produtivo e os seus impactos ambientais. Os dados foram coletados nas visitas à microcervejaria e analisados de acordo com a revisão bibliográfica sobre a Indústria cervejeira e a P+L.

Para auxílio nas visitas *in loco* e para facilitar a gestão de verificação dos itens analisados, elaborou-se um *Check-list* de verificação como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 – *Check-list* de verificação das visitas a microcervejaria

Item de análise	Local	Registro	Constatação
Análise gravimétrica	Fábrica/Escritório	20/03/2023	Realizado
Contas de água	Escritório	-	Não permitido
Contas de energia elétrica	Escritório	-	Não permitido
Conhecer o processo	Fábrica	13/03/2023	Realizado
Documentos ambientais	Escritório	06/03/2023	Realizado
Fotografias	Fábrica	13/03/2023	Realizado parcialmente
Matéria prima	Fábrica	13/03/2023	Realizado
Recibos	Escritório	06/03/2023	Realizado

Fonte: Autor (2023).

Referente a documentação ambiental válida e vigente da microcervejaria, foram analisados somente o PGRS que se encontra em formulação e a dispensa de licença ambiental (DLAE), visto que a microcervejaria não se enquadra como uma empresa com área construída superior a 7000 m².

Todos os itens de análise descritos no *check-list* foram previamente estipulados e inicialmente permitidos pela gestão da microcervejaria, mas após o início das análises por razões de confidencialidade, ou seja, que os dados poderiam conter informações sensíveis, o proprietário solicitou que alguns dados como as contas de água, energia elétrica e o material fotográfico em quase sua totalidade fossem suprimidos. Os demais itens foram analisados conforme cronograma inicial.

5.1 Produção de Cerveja

Em relação ao processo de produção de cerveja na microcervejaria, a operação começa com a chegada da matéria-prima ao qual é armazenada na sala de malte, no caso os maltes, já as leveduras e lúpulos são armazenadas em câmara fria pela necessidade de serem refrigerados, mantendo assim sua qualidade e prolongando sua validade. Depois do armazenamento vem a escolha da cerveja a ser produzida. A escolha é realizada da seguinte forma: verifica-se todo o estoque de produtos disponíveis, são analisados os pedidos e demandas de produtos e a estação do ano, para os meses mais frios do ano, de junho a setembro, são feitas uma porcentagem maior de cervejas mais fortes em estilo e grau alcoólico, para os meses mais quentes, de dezembro a março, são produzidas um número maior de cervejas mais leves e refrescantes. Isso ocorre devido à demanda sazonal e ao consumo preferencial de bebidas que ajudam a combater o calor. A produção de cerveja é influenciada por fatores como a localização geográfica, as motivações regionais e as tendências do mercado. Portanto, pode haver variações nas escolhas de cerveja de acordo com a região e as preferências culturais (ESCM, 2022)

Depois do estilo de cerveja escolhido para ser produzido, separasse os ingredientes para a sua produção, em seguida iniciasse a moagem, processo ao qual tem o objetivo de possibilitar a rápida extração e conversão dos componentes dos cereais, após moído obtém-se uma farinha, que é misturada com água e colocada em aquecimento na temperatura de 75°C a 80°C no período médio entre duas e quatro horas dependendo do estilo da cerveja e a receita, esta etapa se chama brasagem. Durante três horas é realizada a filtração do mosto, realizada para retirada de todos os componentes insolúveis da mistura, o material sólido filtrado é encaminhado em forma de doação para criação animal acrescido de outros componentes como leveduras, depósitos proteicos e resíduos de cereais, sendo uma fonte rica de nutrientes para a alimentação animal (UFRGS, 2022)

Com o mosto obtido, é adicionado lúpulo a mistura para dar sabor a cerveja, após a adição a mistura é colocada em processo de aquecimento por duas horas, processo esse que esteriliza a mistura e estimula a liberação de componentes voláteis desagradáveis. Após esse processo a mistura é colocada em estado de resfriamento com temperaturas que podem chegar a 8°C, com a bebida resfriada iniciasse a fermentação, onde a levedura é adicionada transformando assim o

açúcar em álcool e dióxido de Carbono, este processo pode demorar de três a oito dias dependendo do estilo da receita da cerveja produzida. Para acelerar esse processo a microcervejaria utiliza da adição do gás oxigênio para estimular as leveduras na fermentação.

Após a fermentação, a cerveja é refiltrada para que se retire o resto de levedura e possíveis outros componentes sólidos que podem estar presentes, a cerveja é levemente aquecida para eliminar os componentes voláteis fora o álcool. Em seguida é realizada um novo resfriamento de 0°C a 2°C para estabilizar e fixar melhor as propriedades da bebida. Já estabilizada, a cerveja é refiltrada para eliminação de possíveis partículas em suspensão, a seguir a bebida é armazenada em tanques de onde vai ser envasada em garrafas, latas e barris conforme a demanda. Se a cerveja for envasada em latas e garrafas ela é pasteurizada. A pasteurização é realizada através de trocadores de calor, elevando a temperatura da cerveja a 60°C, por tempo determinado, em seguida se reduz a temperatura, provocando o resfriamento do produto (PICCINI, 2002). Esse choque térmico, garante a maior durabilidade do produto elevando o prazo de validade.

5.1 Entradas e saídas

Com o objetivo de verificar e quantificar os insumos no processo de produção de cerveja, a fim de registrar os desperdícios de matérias-primas, insumos e produtos em uma microcervejaria, foram coletados dados de entradas e saídas, conforme mostrado na Tabela 1. Esses dados foram obtidos por meio de análises de recibos, receitas e pesagens fornecidas pela microcervejaria ao longo de duas semanas, durante o processo de produção de 5 mil litros de cerveja do estilo Pilsen. As entradas se referem aos insumos que ingressam na microcervejaria, enquanto as saídas correspondem aos insumos utilizados no processo.

Tabela 1 – Entradas e saídas na microcervejaria

Insumos	Entradas (kg)	Saídas (kg)	Percentual utilizado (%)
Levedura	3	1	33%
Malte	1.400	1.272	90,80%
Lúpulo	40	40	100%
Oxigênio	10	10	100%
Latas (473 mL)	42	38,2	91%
Garrafas (600 mL)	1.282	1.194	93,10%
Produtos (Higienização)	25	24	96%

Fonte: Autor (2023)

Com os dados obtidos, nota-se ao primeiro olhar uma quantidade significativa de perdas para um processo industrial padronizado. Após a quantificação e conversas com a área de produção sobre os dados obtidos, nem todos os dados são referentes a perdas. A quantidade de levedura utilizada no processo (3 kg) conforme a receita, é estimulada a se multiplicar na microcervejaria, diminuindo assim os custos e a quantidade original que seriam de leveduras originais na produção (BORTOLI, 2013). Outra falsa perda são os produtos para higienização que acabam sendo divididos com o *pub* que fica localizado ao lado microcervejaria.

As perdas referentes as latas e garrafas são significativas, chegando a 9% nas latas e 6,9% nas garrafas. Essa quantidade pode ser explicada por falhas no processo de envase e armazenamento, onde as latas amassadas, mal envasadas e as garrafas de vidro danificadas são descartadas pelo controle de qualidade da microcervejaria. Cerca de 9,2% do malte que seria utilizado no processo de produção foi danificado ainda na sala de armazenamento do malte devido falha na higienização, ao qual acarretou a umidificação de parte do estoque disponível para a receita.

5.2 Diagnóstico Ambiental

5.2.1 Água e efluentes líquidos

A captação de água da microcervejaria é proveniente da rede pública, ou seja, o empreendimento não possui outorga de direito de uso de recursos hídricos, que consiste em um instrumento para gerenciar o uso dos recursos hídricos permitindo o controle quantitativo e qualitativo dos usos de água, permitindo maior justiça e equilíbrio desses recursos (CRUZ, 2021). Por não possuir outorga de água, o empreendimento acaba tendo que adquirir da rede pública toda a água utilizada em seus processos que chega a representar cerca de 90% do volume final de seus produtos. Em sua licença Ambiental válida consta o uso de 200 L / h, ou seja, cerca de 0,20 m³/h de funcionamento, sendo uma média de 148,8 m³ no mês.

A água utilizada nos processos da cervejaria passa por filtros antes de chegar na tubulação da fábrica, esses filtros são cuidadosamente inspecionados para que não haja contaminação de seus produtos.

Ao analisar os processos de higienização da microcervejaria, nota-se que não existe um padrão pré definido para a mesma, a fábrica é higienizada todos os dias mas a quantidade de água claramente não é racionalizada, percebeu-se torneiras abertas sem uso, vazamentos d'água em alguns pontos, uso exarcebado e a lavagens dos barris é realizada por demandas o que inviabiliza a higienização de todos os barris em uma única lavagem, facilitando assim o consumo não consciente deste recurso.

Os efluentes líquidos gerados no processo industrial e do esgoto sanitário da microcervejaria são encaminhados para a rede pública, ou seja, não é tratado pelo empreendimento. Em muitos casos, especialmente em áreas urbanas, as microcervejarias são obrigadas a se conectar à rede de esgoto público e encaminhar seus efluentes para tratamento nas estações de tratamento de esgoto municipal. Nesse caso, a microcervejaria não é responsável pelo tratamento direto dos efluentes, mas deve seguir as regulamentações locais para garantir que seus resíduos sejam removidos e tratados pelas autoridades competentes (COSTA, 2016). Segundo sua licença ambiental válida, essa vazão de lançamento que é encaminhada para a rede coletora pode chegar até 0,11 m³/h.

Grande parte dos efluentes gerados são provenientes da higienização da microcervejaria, onde são utilizados álcool 90%, ácido peracético, detergente líquido, hipoclorito de sódio, entre outros. Em seu processo produtivo é gerado efluente com uma grande mudança de temperatura, variando de 15 a 90°C provenientes dos aquecimentos e resfriamentos da cerveja.

Outro efluente gerado no processo é a água da caldeira, que possui elementos e propriedades com danos significativos para a caldeira, tubulação e o meio ambiente, podendo conter íons corrosivos, baixo pH, presença de O₂, Fe²⁺ e Mg²⁺ (FIMACO, 2020).

Devido a tubulação não ser apropriada para receber o efluente em temperaturas elevadas e uma carga de produtos ácidos oriundo da higienização, podem ocorrer vazamentos, enfraquecimento e até rompimentos das tubulações entre a rede coletora e a microcervejaria, resultando em falhas nos processos de lançamento na rede coletora. Segundo a NBR 13 (2018) as tubulações de vapor de água devem ser mantidos em boas condições operacionais, de acordo com um plano de manutenção que deve ser elaborado pelo próprio estabelecimento.

5.2.2 Energia Elétrica

Quanto a energia elétrica utilizada na microcervejaria, seus maiores usos estão ligados ao envase, instalações de refrigeração, ar comprimido, equipamentos de ar condicionado, compressor, ventilador e iluminação.

Uma cervejaria otimizada e instalada consome cerca de 8 a 12 kWh por litro de cerveja produzido, dependendo do produto e processo utilizados, podendo chegar a triplicar esse valor com o mau uso da energia em seus processos (CETESB, 2005).

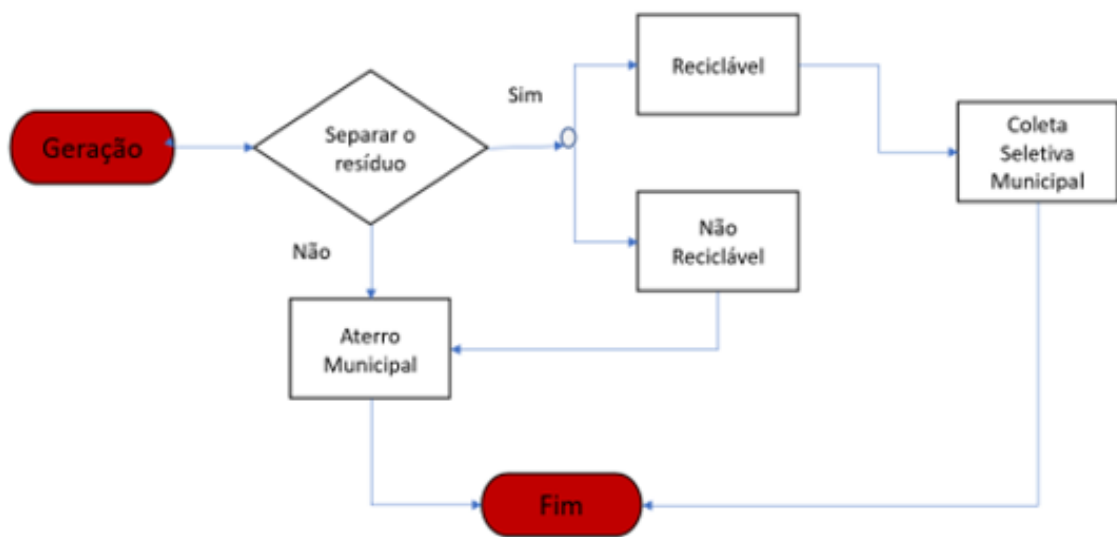
A redução no consumo de energia elétrica nas indústrias acaba por gerar economia energética viabilizando a redução de custos de produção (MOSKO, 2010), tornando a introdução de energias renováveis na microcervejaria, como a fotovoltaica relevante para a execução da sustentabilidade e redução de custos.

5.2.3 Resíduos sólidos

Após a identificação das atividades geradoras de resíduos, elaborou-se dois fluxogramas de geração, um para a processo produtivo (Figura 9) e outro para as

atividades secundárias no empreendimento como serviços de escritório e afins (Figura 10). Com o auxílio dos fluxogramas realizou-se o levantamento da quantidade de cada etapa geradora de resíduos durante a produção de cerveja. Para a quantificação considerou-se seguir o fluxo de produção da cerveja de maior visibilidade e produção em volumes da cervejaria, a cerveja do estilo Pilsen, cuja produção contempla todo os meses do ano e tem um fluxo constante de produção.

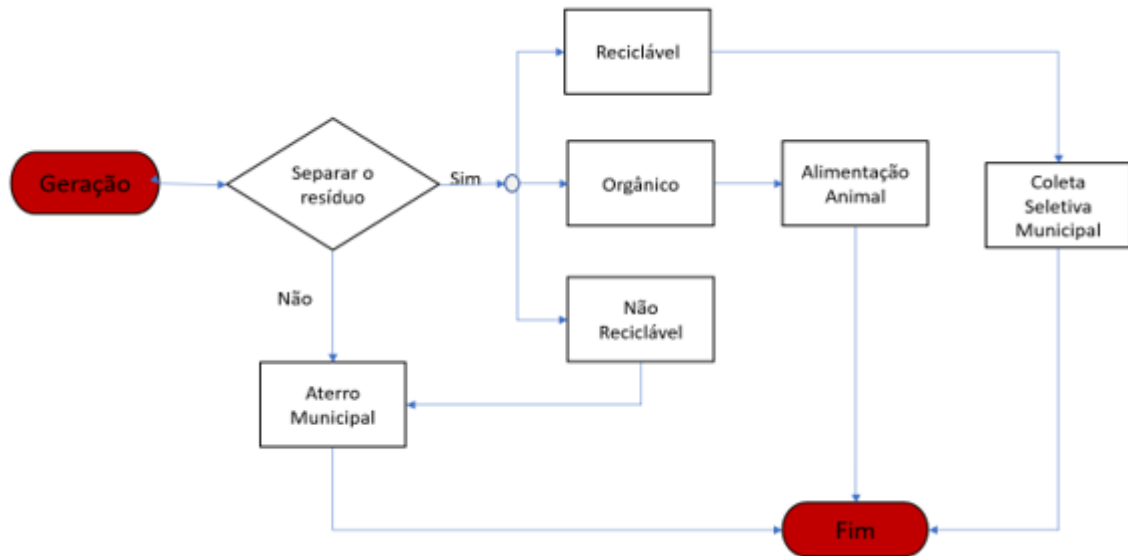
Figura 9 – Fluxograma de geração de resíduo sólido das atividades secundárias



Fonte: Autor (2023)

Para as atividades secundárias de produção (serviços administrativos, banheiros, cozinha e pátio) acabam sendo gerados em sua grande porcentagem do volume os resíduos recicláveis, como papel, papelão e plástico. Os resíduos não recicláveis gerados em pequenas quantidades são provenientes dos banheiros da organização.

Figura 10 – Fluxograma de geração de resíduo sólido do processo produtivo



Fonte: Autor (2023)

O resíduo orgânico gerado no processo acaba sendo direcionado para fora do fluxo normal dos resíduos, como a reciclagem ou o aterro municipal como no caso dos resíduos não recicláveis.

Para o levantamento da quantidade de resíduos gerada, identificou-se os pontos de absorção dos resíduos produzidos dentro do empreendimento, sendo eles: coletoras, áreas de descarte, caçambas e locais de armazenamento temporário. Após a identificação dos pontos, realizou-se uma análise gravimétrica dos resíduos, que segundo a NBR 10.007 (2004), consiste na determinação dos constituintes e de suas porcentagens de peso e volume em uma amostra de resíduos sólidos, podendo essa ser em estados físicos, químicos e biológicos.

Para a análise gravimétrica realizou-se a separação de todos os resíduos gerados ao longo do dia durante a semana de produção inicial da cerveja Pilsen e uma semana durante o envase da mesma cerveja. Foram estipulados duas semanas de acompanhamento na geração, pois seriam as etapas que geram resíduos.

Após o final de cada dia de expediente e com todos os resíduos gerados ao longo do dia separados e etiquetados por área que foram coletados, realizou-se a separação dos resíduos no pátio do empreendimento em cima de lonas plásticas para evitar contaminação, a segregação dos resíduos foi

realizada de acordo com a NBR 10.004 (2024) - resíduos classe I (Perigosos) e resíduos classe II (Não perigosos) podendo ser resíduos classe II A (Não inertes) e resíduos classe II B (Inertes). Na classe I, separou-se os resíduos perigosos como embalagens de produtos químicos, pilhas e dentro da classe II foram separados: papel, metal, plástico, vidro e orgânico. Logo após a segregação, juntou-se os resíduos por tipo, realizou-se a pesagem e balança de mão dos resíduos e anotou-se seus respectivos pesos. As pesagens dos resíduos foram realizadas nas áreas de produção que envolve todo o processo de fabricação de cerveja e área indireta que seriam áreas de serviços indiretos, como escritório, pátio, cozinha, câmara fria e banheiro. Na Tabela 2 a seguir encontra-se os dados de quantificação e a porcentagem de cada resíduo.

Tabela 2 – Resultado da análise gravimétrica

Classe	Subclasse	Tipo de Resíduo	Peso (kg)	Percentual (%)
Classe I (Perigosos)	-	Pilhas alcalinas	0,052	0,01%
		Embalagens de produtos químicos	6,21	1,65%
Classe II (Não Perigosos)	Classe II A (Não inertes)	Papel/Papelão	19,4	5,17%
		Plástico	15	3%
		Metal	4	1,06%
		Vidro	82,73	22,03%
	Orgânico	230,49	61,40%	
	Classe II B (Inertes)	Sucatas de ferro	21,55	5,73%
Total	-	-	379,43	1

Fonte: Autor (2023)

Com a análise dos dados é possível constatar que mais da metade dos resíduos gerados na microcervejaria consiste em resíduo orgânico referente ao

bagaço de malte, resíduo de leveduras, percas de cereais úmidos, entre outros. O vidro ocupa a segunda posição em geração no processo sendo proveniente da danificação das garrafas no envase e no armazenamento. Após o término da análise percebe-se uma má segregação entre os recicláveis e o resíduo não reciclável, mesmo com coletores possuindo identificação adequada como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Coletores de resíduos sólidos na microcervejaria



Fonte: Autor (2023)

5.2.4 Emissões atmosféricas

As emissões atmosféricas de uma microcervejaria são do tipo: emissões de gases de combustão, emissões de CO₂, emissão de poeira e odor (CETESB, 2005). A microcervejaria utiliza de caldeira para aquecimento em seu processo produtivo, onde a água entra na caldeira e é aquecida, em seguida a água aquecida é encaminhada para os radiadores, trocando energia, ou seja, sua energia em forma de calor diminui enquanto a dos radiadores aumenta.

As emissões atmosférica provenientes da queima na caldeira não são monitoradas, podendo conter material particulado (mp) de 2,5 a 10 micrômetros acima do permitido pelos órgãos ambientais, ocasionando na contaminação

atmosférica entorno de seu meio. Uma oportunidade de recuperar o vapor emitido durante a fervura do mosto para pré-aquecer operações seguintes e assim reduzindo as emissões atmosféricas, principalmente as de mp 2,5 e 10 (CETESB, 2005).

5.3 Produção mais limpa

Após o diagnóstico Ambiental da organização levantou-se práticas sustentáveis que podem ser de grande valia para a microcervejaria, práticas essas ligadas diretamente aos três pilares da sustentabilidade: Ambiental, Econômico e Social, como é apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Práticas sustentáveis na microcervejaria

Práticas sustentáveis	Benéficos	Retorno
Compostagem do bagaço de malte.	Transformação do resíduo orgânico poluidor, cujo substrato adquirido pode ser comercializado.	Econômico e Ambiental
Divulgação de relatórios de ações ambientais.	Apresentar os indicadores ambientais e as ações ambientais da microcervejaria	Ambiental e Social
Utilização do resíduo de produção de cerveja para ração animal.	Utilização e comercialização de subprodutos gerados na produção.	Ambiental, Econômico e Social
Reutilização de embalagens retornáveis como garrafas.	Diminuir a compra de embalagens e reutilizar recursos.	Ambiental, Econômico e Social
Definir metas de consumo de água e energia elétrica.	Evitar o desperdício desnecessário de matérias primas primordiais para o processo.	Ambiental e Econômico

Segregação adequada de resíduos recicláveis	Possibilitar a futura venda dos mesmos para empresas terceiras.	Ambiental e Econômico
Estabelecer metas de gestão de recursos como água e energia.	Aumento da capacidade produtiva e eficiência energética.	Ambiental e Social
Instalação de painéis fotovoltaicos na microcervejaria	Possibilitar o consumo consciente de energia elétrica e economia de recursos financeiros.	Ambiental, Econômico e Social
Tratamento de efluentes gerados no processo.	Reduzir a manutenção da tubulação de lançamento dos efluentes e da caldeira. Tratar de maneira efetiva um agente poluidor dos recursos hídricos.	Ambiental e Social
Difundir a educação ambiental para os colaboradores da microcervejaria.	Diminuir e racionalizar os recursos, insumos e matérias primas utilizados no processo, além de contribuir para o conhecimento ambiental.	Ambiental, Econômico e Social

Fonte: Autor (2023)

O processo de compostagem do bagaço de malte pode produzir um adubo rico em nutrientes, podendo ser usado na agricultura e jardinagem, esse resíduo pode ser usado na fabricação de farinha para alimentos e também na ração animal, promovendo a redução dos resíduos enviados para aterro, aplicando a sustentabilidade, promove a economia e o aproveitamento dos resíduos da microcervejaria.

A divulgação de relatórios de ações ambientais pode envolver o compartilhamento das informações sobre as atividades e impactos ambientais da

microcervejaria descrevendo as medidas adotadas para minimizar o impacto, promover a sustentabilidade, além de aumentar a conscientização.

A segregação adequada de resíduos recicláveis e sua reutilização são práticas importantes na gestão de resíduos. Isso envolve separar materiais recicláveis dos não recicláveis, facilitando o processo de reciclagem, essas práticas também podem ser geradoras de renda para a microcervejaria, através da venda para empresas terceiras.

Estabelecer metas de gestão e consumo dos recursos, como água e energia, envolve definir objetivos para otimizar o uso visando reduzir o consumo e minimizar o impacto ambiental. O estabelecimento de metas contribui para a sustentabilidade, redução de custos e responsabilidade ambiental da organização.

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. Outra instalação que pode promover a P+L na microcervejaria é o tratamento de efluentes que pode remover os poluentes e substâncias nocivas de águas residuais antes do descarte. Protegendo assim o meio ambiente e prevenindo a contaminação da água.

De todas medidas de P+L levantadas com esse estudo, a principal e mais fácil de ser aplicada seria a de difundir a educação ambiental entre os colaboradores da microcervejaria, promovendo assim a conscientização sobre práticas sustentáveis e a importância da preservação do meio ambiente. Isso inclui informações sobre economia de recursos, gestão de resíduos e uso consciente de energia. Através dessa educação, busca-se desenvolver uma cultura organizacional voltada para a sustentabilidade, incentivando comportamentos responsáveis em relação ao meio ambiente. Isso contribui para a imagem positiva da microcervejaria e para ações efetivas em prol da sustentabilidade ambiental.

Apesar das práticas levantadas apresentarem diversos benefícios para a organização, todas demandam de um certo custo para sua implementação, mesmo que sejam mínimos. Os custos podem envolver mão de obra para estruturas, produtos, treinamentos terceirizados, custos iniciais, entre outros.

6 CONCLUSÃO

Através da caracterização dos processos, atividades e serviços da microcervejaria, foi possível obter um amplo conhecimento sobre o funcionamento da organização, identificando suas particularidades e oportunidades de melhorias. 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. Com base nesses resultados, foram propostas medidas de Produção mais Limpa (P+L) que visam otimizar o desempenho ambiental da microcervejaria. Essas medidas, se implementadas, podem contribuir para a redução dos impactos ambientais, a economia de recursos e a melhoria da eficiência operacional.

Em resumo, a caracterização dos processos, a identificação dos insumos e resíduos, e a proposição de medidas de P+L representam uma abordagem abrangente e positiva para aprimorar o desempenho ambiental da microcervejaria, promovendo a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental da organização.

Durante o estudo, foram encontrados desafios, como a falta de dados ambientais e a produção sazonal, que afetaram a obtenção de informações precisas sobre a geração de resíduos. Para lidar com essas dificuldades, foram adotadas estratégias, como focar na produção de um estilo de cerveja constante ao longo do ano e estimar o consumo médio de insumos com base em documentação.

Os resultados obtidos e as conclusões apresentadas podem servir como base para futuros estudos e aplicações práticas das medidas de P+L na organização. Espera-se que este trabalho estimule a discussão e o aprofundamento do conhecimento nas medidas de P+L, abrindo novas perspectivas e oportunidades.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13:2018 **Caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001:2015. **Sistemas de gestão ambiental** — Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

BAIMA, L. B. **Diagnóstico Ambiental e de Processo da Lavra de Rocha Ornamental com Vistas a Aplicação de Técnicas de Produção mais limpa**. Artigo Acadêmico – Dissertação de Mestrado para o Título de Mestre em Ciências Ambientais. Natal, 2018.

BORTOLI, D. A. S.; SANTOS, F.; STOCCO, N. M.; ORELLI, J. A.; TOM, A.; NEME, F. F.; NASCIMENTO, D. D.; **Multiplicação de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) cervejeiras utilizando meios de cultura a base de açúcar mascavo**. Bioenergia em revista: diálogos, jul. 2013.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Decreto 9.902, de 8 de julho de 2019. **A padronização, a classificação, o registro, a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de bebidas**. Diário Oficial da União, Poder Executivo. Brasília: jul. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - **CONAMA. Resolução Nº 430 de 13/05/2011 (Federal)** - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. 2011. Disponível em: <https://www legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acesso em: 20 de nov. de 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - **CONAMA. Resolução Nº 382 de 26/12/2006 (Federal)** - Dispõe sobre os limites

máximos de emissões de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Disponível em: <http://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/Conama-382-Poluentes-atmosfericos.pdf>. Acesso em: 20 de nov. de 2022.

BRIGGS, Dennis E. et al. **Fabricação de cerveja: ciência e prática**. Editora Woodhead, 2004.

CATAPAN, D. C.; CATAPAN, A.; CATAPAN, E. A. **Produção mais limpa** – a terceira geração da gestão ambiental. Artigo Acadêmico – XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Outubro de 2010.

CERVIERI, J. O. **O setor de bebidas no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 40, p. 93-129, set. 2014.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Cervejas e Refrigerantes** – Série P+L. São Paulo, 2005.

CMMAD – Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CNTL - Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/INEP. **Implementação de programas de produção mais limpa**. Porto Alegre: SENAI, 2003.

COELHO, A. C. D. **Avaliação da aplicação da metodologia de produção mais limpa UNIDO/UNEP no setor de saneamento** – estudo de caso: EMBASA S.A. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

COSTA, P. A. **Gestão de efluentes industriais no processo de obtenção de substrato agrícola**: Estudo de caso. Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação Lato Sensu do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará – UFPA. Belém, 2016.

CRUZ, J. C. **Disponibilidade Hídrica para Outorga**: Avaliação de Aspectos Práticos e Conceituais. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental de IPH/UFRGS. 205p. Porto Alegre – RS, 2021.

DAMM, R.; SOUZA, R. P.; BERNINI, D. S. D. **Produção mais limpa através do desenvolvimento sustentável**: Um estudo de caso em um frigorífico. Artigo acadêmico – XXXVIII Encontro Internacional de Engenharia de Produção. out, 2018.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental**: Princípios e Práticas. 9. ed. São Paulo: Gaia, 2004.

DIAS, R. **Gestão Ambiental**: responsabilidade social e sustentabilidade. 1.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ENGARRAFADOR. M. **Cervejaria Verde**: Energia. Disponível em: <https://engarrafadormoderno.com.br/sustentabilidade/cervejaria-verde#:~:text=Para%20o%20processo%20de%20uma,e%20das%20outras%20energias%20convencionais>. Acesso em: 27 de dez. de 2022.

ESCM – Escola Superior de Cerveja e Malte. **Cervejas sazonais**: Nada como esperar por uma cerveja. Disponível em <https://cervejaemalte.com.br/blog/cervejas-sazonais/>. Acesso em: 10 de jun. de 2023.

ETTLINGER, S.; NACHEL, M. **Cerveja Para Leigos**. Brasil: Alta Books, 2014.

FIGUEIREDO, V. F. **Produção mais limpa nas pequenas e microempresas**: elementos inibidores. Artigo Acadêmico - XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Anais. ABEPRO, Florianópolis, 2004.

FIMACO. Caldeiras, 2020. **Conheça alguns métodos para realizar o tratamento de água para caldeiras**. Disponível em: <https://fimaco.com.br/conheca-alguns-metodos-para-realizar-o-tratamento-de-agua-para-caldeiras/>. Acesso em: 10 de jun. de 2023.

FONSECA, A. **Sistemas de Gestão Ambiental**. Slides de Aulas. Disciplina Gestão para Desenvolvimento Sustentável. Curso MBA em Gestão Ambiental. Universidade Luterana do Brasil, 2005.

FREITAS, A. G. **Relevância do Mercado Cervejeiro Brasileiro**: Avaliação e perspectivas e a busca de uma agenda de regulação. Pensamento & realidade, 2015.

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q. **Desafios na Construção de Indicadores de Sustentabilidade**. Ambiente & Sociedade, v. 12, n. 2, p. 307-323, jul./dez. 2009.

HART, M.; HART, S. L.; MILSTEIN, M. B. **Criando Valor Sustentável**. RAE Executivo, São Paulo, 2004.

IAPAR – Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná. **Dados meteorológicos Históricos e Atuais** – Resumo Climatológico. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Dados-Meteorologicos-Historicos-e-Atuais>. Acesso em: 21 de nov. de 2022.

INSTITUTO ETHOS. **Conceito de Sustentabilidade nasceu nos anos 80**. dez. 2004.

LIMA, D. A. P.; WALTER, F. **Produção mais limpa e sustentabilidade na indústria de cerveja**. Artigo acadêmico – XIX Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. Dezembro, 2017.

MANSUR, A. J. **Diálogo**. Revista Diagnóstico e Tratamento Vol.15, pág. 74-76, junho de 2010.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da cerveja 2021**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/DAS, 2022.

MEGA, J. F.; NEVES, E.; ANDRADE, C. J. de. **A Produção de Cerveja no Brasil**. Revista Citino, Mato Grosso: dez. 2011

MELLO, M. C. A.; NASCIMENTO, L. F. **Produção mais limpa: um impulso para a inovação e a obtenção de vantagens competitivas**. Artigo Acadêmico -Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba, 2002.

MENEGUZZO, I. S. **DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: desafios à sua implantação e a possibilidade de minimização dos problemas socioambientais**. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental - Revista do PPGEA/FURG-RS. ISSN 1517-1256, v. 22, janeiro a julho de 2009.

MORADO, A. **Larousse da Cerveja: A história e as curiosidades de uma das bebidas mais populares do mundo**. v1. Ed. São Paulo: Alaúde Editora Ltda, 2017.

MOSKO, J. M. **Eficiência energética na indústria:** elaboração e planejamento de programas de conservação de energia. Revista de Engenharia e Tecnologia. v. 2, n. 1, abr. 2010.

NAIME, R. **Contexto do Diagnóstico Ambiental.** Artigo Acadêmico – Portal Eco Debate. Março, 2005. Disponível em: [https:// www.ecodebate.com.br/2013/03/22/contexto-do-diagnostico-ambiental-artigo-de-roberto-naime/](https://www.ecodebate.com.br/2013/03/22/contexto-do-diagnostico-ambiental-artigo-de-roberto-naime/). Acesso em: de 20 nov. de 2022.

NEOTI, G. L. **Avaliação do processo produtivo de um restaurante sob a ótica da produção mais limpa.** Orientadora: Gilca Benedet .2015. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental, Univeridade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Criciúma, 2015. Disponível em: [http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/4159/1/Gabriela %20 Lima%20Neoti.pdf](http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/4159/1/Gabriela%20Lima%20Neoti.pdf). Acesso em: 27 de nov. 2022.

PAZ, F. J.; KIPPER, L. M. **Sustentabilidade nas organizações:** vantagens e desafios. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, 2016.

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.

PICCINI, A. R.; MORESCO, C.; MUNHOS, L. **Pasteurização.** UFRGS, 2002. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/prcerea/cerveja/pasteu.htm>. Acesso em: 10 de jun. de 2023.

PICCINI, A. R.; MORESCO, C.; MUNHOS, L. **Filtração.** UFRGS, 2002. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/prcerea/cerveja/filt1.htm>. Acesso em: 10 de jun. de 2023.

RIBEIRO, W. C. **A ordem ambiental internacional.** 1. Ed. São Paulo: Contexto, 2001.

SILVA, L. F.; Guevara, A. J., Saad, P. F.; Oliveira, P. S. G. **Análise das Externalidades na Produção de Serviços pela Perspectiva do Modelo de Produção mais Limpa.** Revista Ibero - Americana de Ciências Ambientais, v. 7, n. 1, 2016.

SINDICERV - Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja. **O setor em números: O mercado cervejeiro do Brasil em números.** 11 out. 2018. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/o-setor-em-numeros>. Acesso em: 18 de nov. de 2022.

TREVISAN, R. **Lixo interessante.** Nova Escola. São Paulo: abril, 2010.

UNEP/ IE - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME/ INDUSTRY AND ENVIRONMENT. **Environmental management in the brewing industry:** UNEP Technical Report Series nº33, UNEP, Paris, 1996.

VAZ, C. R.; FAGUNDES, A. B.; OLIVEIRA, I. L. **Diagnóstico inicial no setor produtivo de uma empresa de alumínio secundário pela ISSO 14001 e pelo conceito da produção mais limpa.** Artigo Acadêmico – Revista Gestão Industrial. Dezembro, 2009.

WATANABE, C. B. **Conservação Ambiental.** Curitiba: e-Tec Brasil, 2011.