



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**CARLOS ALBERTO DE JESUS FILHO**

**POTENCIAL TECNOLÓGICO DOS RESÍDUOS DE UMA INDÚSTRIA**  
**CERVEJEIRA PARA PRODUÇÃO DE ADUBO ORGÂNICO TIPO BOKASHI: UMA**  
**REVISÃO**

**FORTALEZA**

**2022**

CARLOS ALBERTO DE JESUS FILHO

**POTENCIAL TECNOLÓGICO DOS RESÍDUOS DE UMA INDÚSTRIA  
CERVEJEIRA PARA PRODUÇÃO DE ADUBO ORGÂNICO DO ESTILO BOKASHI:  
UMA REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França

Fortaleza

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

J56p Jesus Filho, Carlos Alberto de.  
Potencial Tecnológico dos Resíduos de uma indústria cervejeira para produção de adubo orgânico tipo Bokashi: uma revisão / Carlos Alberto de Jesus Filho. – 2022.  
38 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França.

1. Reaproveitamento. 2. Inovação. 3. Tecnologia. I. Título.

CDD 664

---

CARLOS ALBERTO DE JESUS FILHO

POTENCIAL TECNOLÓGICO DOS RESÍDUOS DE UMA INDÚSTRIA CERVEJEIRA  
PARA PRODUÇÃO DE ADUBO ORGÂNICO DO ESTILO BOKASHI: UMA REVISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovada em: 11/02/2022.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Andrea Cardoso de Aquino  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

M Sc. Rhonyele Maciel da Silva  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Carlos e Eduvirgens.

Ao meu irmão, Eric.

A minha avó e a minha tia, Maria José e Maria da Conceição.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Ítalo Waldimiro, pela excelente orientação e disposição comigo, sua ajuda e paciência foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

As participantes da banca examinadora Prof. Dra. Andrea e M Sc. Rhonyele pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos meus pais, Carlos e Eduvirgens, e ao meu irmão, Eric, por toda força e apoio dado a mim durante essa caminhada, fundamentais em minha vida pessoal e universitária. Amo vocês com todo o meu ser e muito obrigado por tudo!

Aos amigos de turma de graduação, Vanessa, Monalisa, Eliscia, Larissa, Matheus, Sádwa, Lucas, Samara, Érica, Idalecio, Anderson, Andreza, Nhaiara, se com vocês essa jornada da graduação já foi difícil, imagina sem. Sempre serei grato por todos os momentos compartilhados com vocês, a garra e esforço de vocês sempre me inspiraram e me deram força para não desistir em diversos momentos.

As minhas amigas da escola, Gabriela, Fernanda, Aline, Iasmim, Rafaella, Débora, Tatiane, Marina, estamos juntos como amigos há quase 10 anos e sou muito feliz por todas as nossas conquistas, vocês são mulheres incríveis e que sempre me apoiaram em todas as decisões, sempre que precisei de um ombro amigo vocês estavam lá, com toda certeza não sei o que seria minha vida sem vocês. Eternamente apaixonado por vocês.

Aos meus primos, Ianara e Luiz Paulo, por todas as conversas e momentos felizes que tivemos desde a minha fase infantil até minha fase adulta. Obrigado por sempre serem presentes na minha vida.

Aos meus colegas de trabalho, Filipe, Matheus, Alex, Isaac, Érika, Jullyana, Bruno e Rafael, chegaram recente em minha vida, mas já são peças fundamentais nela. É com eles que divido meus dias e sou extremamente feliz por ser assim. Pessoas e profissionais incríveis que me ajudam e me ensinam todos os dias e mostram a mim como serem profissionais de qualidade. Obrigado por tudo.

Obrigado a todas as pessoas que contribuíram para meu sucesso e para meu crescimento como pessoa. Sou o resultado da confiança e da força de cada um de vocês. (Augusto Branco).

## RESUMO

A indústria cervejeira é um dos maiores setores na economia brasileira, movimentando bilhões de reais por ano e emprega milhares de pessoas em toda a sua cadeia produtiva. A cerveja é uma bebida alcoólica bem difundida e aceita pelo público adulto e a sua produção gera uma grande quantidade de resíduos tanto sólidos como líquidos. Dentre os resíduos sólidos produzidos na fabricação de cerveja, podem ser citados o bagaço de malte, leveduras, lúpulo entre outros. Porém o bagaço de malte aos poucos está deixando de ser tratado como resíduo sendo utilizado como subproduto para produção de ração animal (bovinos e suínos). Já a levedura e o lúpulo ainda não possuem um reaproveitamento tecnológico adequado, sendo atualmente descartados pelas indústrias cervejeiras. Técnicas como compostagem se tornam uma solução econômica e sustentável para que ocorra o aproveitamento tecnológico adequado da levedura e do lúpulo descartado. Existe uma técnica de produção de adubo orgânico chamada Bokashi. Essa técnica utiliza a eficácia dos microrganismos em fermentar substratos como farelos para produção de um adubo orgânico com propriedades benéficas, dentre elas, aumento da produtividade, qualidade das plantas e à proteção contra pragas e doenças. Com isso, foi feito um levantamento bibliográfico para a avaliação do potencial tecnológico dos resíduos da indústria cervejeira para produção de adubo orgânico tipo Bokashi.

**Palavras-chave:** Reaproveitamento; Inovação; Tecnologia.

## **ABSTRACT**

The brewing industry is one of the largest sectors in the Brazilian economy, moving billions of reais a year and employing thousands of people throughout its production chain. Beer is a widespread alcoholic beverage accepted by the adult public and its production generates a large amount of both solid and liquid waste. Among the solid residues produced in the manufacture of beer, malt bagasse, yeasts, hops among others can be mentioned. However, malt bagasse is gradually being treated as waste and is being used as a by-product for the production of animal feed (cattle and swine). Yeast and hops still do not have adequate technological reuse, being currently discarded by the brewing industries. Techniques such as composting become an economical and sustainable solution for the appropriate technological use of the yeast and discarded hops. There is an organic fertilizer production technique called Bokashi. This technique uses the effectiveness of microorganisms in fermenting substrates such as bran to produce an organic fertilizer with beneficial properties, including increased productivity, plant quality and protection against pests and diseases. Thus, a bibliographic survey was carried out to evaluate the technological potential of waste from the brewing industry for the production of Bokashi-type organic fertilizer.

**Keywords:** Reuse; Innovation; Technology

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cerveja e algumas das matérias-primas de produção: malte e lúpulo .....	18
Figura 2 – Imagem de uma das primeiras cervejarias fundadas no Brasil: Antarctica .....	19
Figura 3 – Imagem de um dos primeiros rótulos da cerveja Antarctica .....	19
Figura 4 – Bagaço de Malte .....	21
Figura 5 – Ciclo de Compostagem .....	28
Figura 6 – Compostagem .....	28

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Tipos de Resíduos Gerados por uma cervejaria .....	23
Tabela 02 – Tipos de Efluentes encontrados na indústria cervejeira .....	24
Tabela 03 – Características dos efluentes encontrados em cervejaria .....	26

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Palavras-chave usadas durante a pesquisa .....	17
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ton	Tonelada
kg	Quilo
hl	Hectolitro
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
mg	Miligrama
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
ME	Microrganismos Eficazes
MMA	Ministério do Meio Ambiente

## LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>Indústria cervejeira</b> .....	<b>18</b>
<b>4.2</b>	<b>Resíduos gerados na indústria cervejeira</b> .....	<b>20</b>
<b>4.3</b>	<b>Reaproveitamento de resíduos</b> .....	<b>24</b>
<b>4.4</b>	<b>Compostagem</b> .....	<b>26</b>
<b>4.5</b>	<b>Utilização da técnica Bokashi</b> .....	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria de cerveja destaca-se no setor de bebidas por contribuir de forma bastante significativa para a economia nacional (SOLDERA; OLIVEIRA, 2016). Em razão do consistente mercado consumidor, o Brasil se posiciona entre os três maiores produtores de cerveja do mundo, são produzidos cerca de 13,8 bilhões de litros por ano (VALENTE JÚNIOR; ALVES, 2016).

Silva (2005) considera que a cerveja é uma bebida que possui dióxido de carbono em sua composição, possui baixo teor alcoólico e é preparada através da fermentação do malte de cevada, com incremento de lúpulo (flor seca, pastilha ou em extrato) e água de boa qualidade, podendo ser incorporado outras matérias-primas como arroz, trigo e milho.

O processo de produção de cerveja acarreta na geração de resíduos sólidos e líquidos, como bagaço de malte, leveduras, lúpulo, entre os sólidos e a água como o principal resíduo líquido de uma indústria cervejeira.

Para Mussato et al. (2008), o bagaço de malte, ou resíduo úmido de cerveja, representa cerca de 85% dos subprodutos gerados no processo produtivo da cerveja e possui excelentes características para reaproveitamento como matéria-prima para produção de xilitol, ácido láctico e compostos fenólicos.

Segundo Lustrosa (2010), a industrialização provocou mudanças radicais na sociedade humana pelo desenvolvimento tecnológico e econômico, o que culminou no uso intensivo de matérias-primas e de energia, acelerando o uso de recursos e aumentando a emissão de rejeitos dos processos produtivos no meio ambiente em concentrações acima da sua capacidade regeneradora.

A geração de resíduo de levedura situa-se entre 1,5% e 3,0% da quantidade de cerveja produzida (FILLAUDEU et. al., 2006) e, assim, a expectativa de potencial no mercado brasileiro de cerveja situa-se entre 155,1k ton e 310,2k ton. Tal número expressivo se deve à alta capacidade de reprodução que a levedura possui, podendo aumentar de 3 a 5 vezes a massa original (BRIGGS et. al., 2004).

Dentre os resíduos gerados durante o processo de fabricação se encontram as águas residuais com agentes contaminantes, rejeitos de malte, lúpulo, levedura, resíduos provenientes da etapa de filtração e envasamento (KUNZE, 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 cultivo da espécie (OLAJIRE, 2012).

Nesse contexto, o gerenciamento integrado e sustentável de resíduos sólidos deve partir da premissa de evitar, ao máximo, a geração de resíduos. Quando não for possível realizar essa ação, os resíduos que foram gerados devem seguir uma ordem de prioridade: ser reutilizados, reciclados, tratados e dispostos. Portanto, o ato de dispor os resíduos é considerado a última opção, devendo ser aterrado somente o que for rejeito, ou seja, tudo aquilo que não pode ser reciclado ou tratado (MASSUKADO, 2016).

Diante disso, uma alternativa de tratamento e, conseqüentemente, de aproveitamento de resíduos orgânicos consiste na compostagem (TEIXEIRA et. al., 2004). Através da compostagem, é produzido adubo orgânico e, um dos tipos de adubos orgânicos produzidos é o Bokashi. O bokashi consiste em um composto orgânico preparado a partir da adição de microrganismos eficazes que agem na fermentação de materiais diversos, como farelos, esterco e palhas. Os microrganismos contidos no bokashi decompõem a matéria orgânica, disponibilizando e transformando nutrientes em substâncias solúveis e utilizáveis pelas plantas (SOUZA, 1999).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre os principais efluentes e resíduos gerados em uma cervejaria e reutilização dos mesmos para produção de adubo orgânico.

## **2 OBJETIVO**

Apresentar uma revisão bibliográfica englobando os resíduos e efluentes produzidos por uma indústria cervejeira e a reutilização dos mesmos para produção de adubo orgânico do tipo Bokashi.

### 3 METODOLOGIA

O trabalho realizado foi feito através de pesquisas em artigos, trabalhos de conclusão de curso, livros, teses, dissertações, cartilhas, entre o período de setembro de 2021 e janeiro de 2022. O principal meio de busca para a produção deste trabalho foi o buscador Google.

Utilizou-se algumas palavras chaves durante a pesquisa para este trabalho e elas são citadas no quadro abaixo.

Quadro 1 – Palavras-chave usadas durante a pesquisa

Palavras-chave				
Cerveja	Indústria	Resíduos	Adubo	Bokashi
Aproveitamento	Subprodutos	Compostagem	Mercado	Efluentes

Fonte: Autor

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Indústria Cervejeira

A cerveja é uma bebida alcóolica fermentada a partir de cereais maltados e aromatizada com flores de lúpulo. Não há um conhecimento preciso de quando o homem usou as bebidas fermentadas, mas registros históricos indicam que havia cerveja na Suméria, na Babilônia e no Egito (GAUTO; ROSA, 2011).

Figura 1 – Cerveja e algumas das matérias-primas de produção: malte e lúpulo.



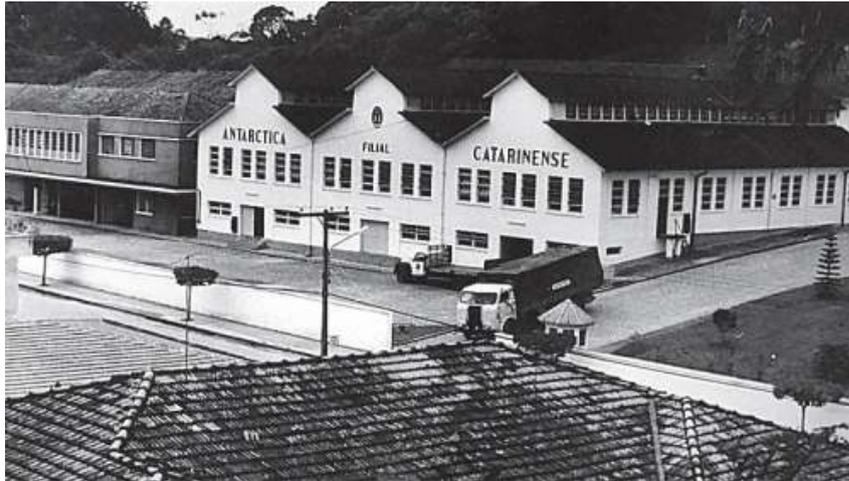
Fonte: FREEPIK (2022).

A indústria cervejeira surgiu a partir da iniciativa de imigrantes europeus que se instalaram em uma sociedade escravocrata exportadora e criou uma pequena produção de mercadorias, formando a base da industrialização do país (LIMBERGER, 2013).

A indústria de cerveja pode ser considerada uma das mais importantes atividades produtivas do século XXI, embora sua produção perpassa séculos e seu consumo tenha sido introduzido como parte dos hábitos alimentares por diversas civilizações há, pelo menos, 7.000 antes da Era Cristã (POELMANS AND SWINNEN, 2012).

A fabricação de cerveja no Brasil se tornou significativa na metade do século XIX, com o aparecimento de diversas fábricas, as cervejas brasileiras eram chamadas de Cerveja Barbante (CARVALHO, 2015).

Figura 2 – Imagem de uma das primeiras cervejarias fundadas no Brasil: Antarctica



Fonte: OPA Bier Joinville (2015).

Um dos setores mais tradicionais do Brasil, criado em 1853, o setor cervejeiro tem ampla capilaridade e está presente em todas as cidades do país, em uma cadeia que vai do agronegócio ao pequeno varejo, passando pelos mercados de embalagens, logística, maquinário e construção civil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA – CERVBASIL, 2016).

Figura 3 – Imagem de um dos primeiros rótulos da cerveja Antarctica



Fonte: OPA Bier Joinville (2015).

Com uma capacidade produtiva, nos dias atuais, em torno de 16 bilhões de litros/ano, a produção e a comercialização oscilam devido ao consumo ser também dependente da sazonalidade – maior consumo nos meses de verão e em períodos de festas e

grandes eventos como o carnaval e a copa do mundo. Diferentemente das regiões nordeste, norte e centro-oeste, isto ocorre em menor grau devido ao clima ser quente em boa parte do ano (IROKAWA, 2005).

A indústria de cerveja pode ser considerada uma das mais importantes atividades produtivas do século XXI. Apesar de milenar, o consumo da cerveja e, conseqüentemente, a sua produção somente se tornaram mais expressivos entre as bebidas alcoólicas nos últimos 150 anos. Atualmente, pode-se dizer que seu consumo é globalizado e a participação do Brasil nesse mercado internacionalizado tem chamado a atenção de grandes empresas que atuam no setor (FREITAS, 2015).

O setor cervejeiro se destaca pela grande geração de empregos, empregando mais de 2 milhões de pessoas no ano de 2017, resultando em um faturamento de mais de 100 bilhões de reais. Este ramo de bebidas tornou-se responsável por 1,6% do PIB brasileiro, contribuindo de maneira expressiva nos impostos, cerca de 21 bilhões de reais ao ano (BRASIL, 2017; CERVBRASIL, 2018).

O Brasil está classificado como terceiro maior produtor de cerveja no mundo, sendo a bebida alcoólica mais consumida no país. A produção anual de cerveja chega a 14,8 bilhões de litros, valor superado somente pelos Estados Unidos e pela China (CERVBRASIL, 2014; CERVESIA, 2011; DATAMARK, 2015).

#### **4.2 Resíduos gerados por uma indústria cervejeira**

Durante a fabricação da cerveja, são gerados resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas.

Segundo Arantes (2017), durante a fabricação da cerveja são produzidos diversos resíduos que possuem sólidos, açúcares e leveduras, dentre outros, que são gerados em operações como filtração, descarga dos equipamentos, na lavagem de contêineres e na limpeza de tanques, tubulações, cubas e pisos.

Os resíduos gerados nos processos agroindustriais representam perdas econômicas no processo produtivo e, se não receberem destinação adequada, podem proporcionar problemas ambientais, em razão da sua carga poluidora. Dentre estes resíduos, existem vários que podem ser utilizados na alimentação de ruminantes, podendo ser citados, como exemplo, a polpa cítrica, a casca e o farelo de arroz, a torta de algodão e o resíduo úmido (bagaço de malte) de cervejaria. Este último tem se destacado, uma vez que é gerado em grande volume durante o ano todo (BROCHIER, 2007).

Os resíduos sólidos produzidos pelo processo de produção de uma cerveja são os grãos utilizados. São aqueles resíduos oriundos do aproveitamento do conteúdo dos grãos de malte, constituídos de restos de casca e polpa de grãos, misturados, em suspensão ou dissolvidos no mosto (CETESB, 2005).

Segundo (CETESB, 2005) embora de origem semelhante, dependendo da etapa onde são retirados do mosto possuem características físicas e composição distinta, e, portanto, são separados em três tipos:

- Bagaço de malte: resíduo gerado na filtração do mosto após a caldeira de mostura, antes da fervura
- Trub grosso: resíduo retirado do whirlpool, na primeira filtração após o cozimento, composto de gordura vegetal e proteínas coaguladas
- Trub fino: resíduo obtido na segunda filtração, composto de gordura vegetal, que sai misturado à terra diatomácea e parcelas de levedo.

O bagaço de malte é o resíduo resultante do processo inicial da fabricação de cervejas. Este bagaço provém do processo de obtenção do mosto, pela fervura do malte moído e dos adjuntos, que após a filtração, resulta num resíduo que atualmente é destinado para ração animal (AQUARONE, 2001).

Constituído basicamente pelas cascas da cevada maltada, é o principal subproduto da indústria cervejeira e se encontra disponível o ano todo, em grandes quantidades e a um baixo custo (MUSSATO; DRAGONE; ROBERTO, 2006).

Figura 4 – Bagaço de Malte



Fonte: Alexandre Gonçalves (2019).

O bagaço de malte é quantitativamente o principal subproduto do processo cervejeiro, sendo gerado de 14 – 20 kg a cada 100 litros de cerveja produzida. A grande

produção anual de cerveja país, em média 8,5 milhões de litros, dá ideia da enorme quantidade deste subproduto gerada (SANTOS; RIBEIRO, 2005).

O descarte impróprio dos restaurantes com desperdícios de alimentos e resíduos orgânicos, bem como a geração contínua dos resíduos sólidos orgânicos pelas indústrias cervejeiras são ações que colaboram para o agravante assunto do lixo no país, dessa forma, país, dessa forma, resultando em uma situação ambiental crítica (MAGALHÃES et al., 2016).

Trub pode ser definido como a matéria morta composta pela decantação dos restos cervejeiros, que deve ser retirada da cerveja por causar aromas e sabores desagradáveis (SENAI, 2014). 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).

Os efluentes líquidos também estão presentes, principalmente por conta da necessidade de frequentes operações de limpeza, seja de equipamentos, pisos ou garrafas, a indústria cervejeira gera quantidades significativas de efluentes. A composição destes efluentes é fortemente influenciada pelo tipo de cerveja fabricado, tipo de levedura utilizada, qualidade dos processos de filtração, tipo de aditivos eventualmente acrescentados e eficiência dos processos de limpeza de equipamentos (CETESB, 2005).

Com relação a quantidade, estima-se que a produção tenha uma pegada hídrica de, em média, 10 litros de água para se produzir 1 litro de cerveja. Além de ser utilizada no processo, incorporada ao produto, a água é utilizada também na limpeza dos barris, garrafas, dos equipamentos e áreas da indústria, e na malteação da cevada (GAUTO; ROSA, 2011).

A lavagem de garrafas, por exemplo, gera grande parte do efluente em volume, mas confere baixo teor de carga orgânica e muitas vezes concentrações de produtos químicos. No entanto, a fermentação e filtragem geram apenas 3% do volume de efluentes, mas representam por volta de 97% da carga orgânica total, incluindo resíduos orgânicos como bagaço de malte e cevada (GUERREIRO, 2006; PAIVA, 2011).

A produção de cerveja gera quantidades de águas residuais e resíduos sólidos, sendo imprescindível o descarte e tratamento correto dos mesmos, respeitando a legislação vigente. É estimado que para cada litro de cerveja que é produzido, cerca de dez litros de água são usados, sendo principalmente consumidos do processo de fabricação, limpeza e resfriamento. Normalmente o tratamento de efluentes líquidos compreende uma sequência que inclui operações unitárias divididas em tratamento preliminar, primário ou químico e secundário ou biológico (OLAJIRE, 2012).

Tabela 01 – Tipos de Resíduos Gerados por uma cervejaria

<b>Resíduo Gerado</b>	<b>Origem</b>	<b>Utilização</b>	<b>Destinação</b>	<b>Dificuldades</b>
<b>Água residuária</b>	Todas as etapas processo produtivo	Limpeza, aquecimento e resfriamento de equipamentos	Descarga efluente	Composição química variável
<b>Grãos residuais</b>	Obtenção do malte	Fonte de açúcar para a fermentação	Agricultura	Higiene, odor e alta DBO
<b>Trub grosso</b>	Clarificação do mosto	-	Descarga efluente	Alta DBO e SST
<b>Trub fino</b>	Filtração do mosto fermentado	Meio filtrante	Descarga efluente	Alta DBO e SST
<b>Levedura residual</b>	Fermentação	Processo de fermentação	Descarga efluente	Alta DBO e SST
<b>Cerveja residual</b>	Envase	Produto final	Descarga efluente	Alta DBO

Fonte: NEVES (2021).

Segundo (CETESB, 2005), por fim, tem-se as emissões atmosféricas, que são:

- Emissões de gases de combustão: oriundas da caldeira de produção de vapor, principal fonte de emissões atmosféricas de uma cervejaria, são compostas de gases de combustão (CO, CO<sub>2</sub>, NOX, SOX, hidrocarbonetos, etc.)

- Material particulado: a composição dos gases varia em função do combustível usado (lenha, óleo, gás natural, etc.), da tecnologia empregada e do sistema de controle de emissões acoplado aos equipamentos.

- Emissão de CO<sub>2</sub>: gerado em grande quantidade durante a fermentação e vendido excedente a outras plantas (de CO<sub>2</sub>: gerado em grande quantidade durante a fermentação e vendido excedente a outras plantas (de 3 a 4 kg/hl mosto), atualmente o CO<sub>2</sub> é totalmente recuperado, com uso na carbonatação da bebida.

Posto isso, os efluentes de indústria cervejeira caracterizam-se por elevadas cargas orgânicas, e por isso, são potencialmente poluidores. Além disso, possuem alto teor de sólidos em suspensão e presença de fósforo e nitrogênio, podem dificultar algumas tecnologias de tratamento, sendo crucial a adoção de sistemas adequados (GUERREIRO, 2006).

Tabela 02 – Tipos de Efluentes encontrados na indústria cervejeira

<b>Etapas do Processo</b>	<b>Origem</b>	<b>Composição</b>
<b>Maltaria</b>	Impurezas nas matérias primas	Restos de grãos, sólidos sedimentáveis, proteínas e açúcares
<b>Cozimento do mosto</b>	Restos de mosto e lavagem de equipamentos	Açúcares, proteínas, taninos e resinas vegetais
<b>Fermentação</b>	Lavagem das domas	Álcoois, ácidos orgânicos, aldeídos, cetonas, ésteres e leveduras
<b>Maturação</b>	Fundo das cubas	Proteínas e produtos de sua degradação

Fonte: CETESB (2005).

### 4.3 Aproveitamento de Resíduos

Proveniente da produção industrial, os resíduos industriais, ou resíduos sólidos, são considerados um dos responsáveis por grande parte dos impactos ambientais que ocorrem atualmente. Na sua grande maioria, são considerados perigosos e acarretam consequências negativas não apenas para o meio ambiente, mas também para a saúde da população (COSTA, 2020).

A geração de resíduos é inerente a qualquer atividade produtiva. O setor agroindustrial e de alimentos produz grandes quantidades de resíduos que são gerados em diferentes etapas do processo. Uma vez que esses resíduos, na maioria das vezes, possuem alto teor de umidade e conteúdo orgânico, a sua disposição diretamente no solo gera preocupações ambientais devido a fermentação não controlada e à elevada quantidade de oxigênio gerada durante sua degradação. Além do potencial poluente dos resíduos, o seu descarte representa muitas vezes perdas de biomassa e de nutrientes de alto valor (CRIZEL, 2017).

Diferente do que é estabelecido pelo senso comum, o manuseio correto dos resíduos industriais é uma responsabilidade compartilhada que envolve não somente os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e titulares dos serviços públicos, mas também os próprios consumidores. Deve-se salientar que os resíduos se diferenciam do “lixo (rejeito)”, uma vez que enquanto este último não possui nenhum tipo de valor, o outro pode

apresentar valor econômico, por possibilitar o reaproveitamento (PELIZER; PONTIERI; MORAES, 2007).

Uma forma de atuação, no que diz respeito ao aproveitamento de resíduos, é a de buscar utilizações viáveis e econômicas para os inevitáveis resíduos agroindustriais gerados. Sempre que possível, o resíduo final deverá se constituir em matéria prima para um novo processo, constituindo uma segunda transformação (CEREDA, 2000).

Assim, agregar valor a esses produtos é de interesse tanto econômico (industrial) como ambiental necessitando, porém, de investigação científica e tecnológica, que possibilite sua utilização eficiente, econômica e segura (LÓPEZ-MARCOS et al., 2015).

A indústria agropecuária, com enfoque na indústria de alimentos, é um dos setores que mais geram resíduos em escala nacional e mundial, pois, em virtude da alta perecibilidade de alguns produtos, há a necessidade de processamentos que visam o aumento da vida útil e facilitação do transporte desses alimentos, processamentos que geram toneladas de resíduos ao ano (INFANTE et al., 2013).

Com o crescimento da agroindústria no país as indústrias de cerveja passaram a produzir relativamente grande quantidade de subprodutos e resíduos, gerando certa preocupação no setor. Normalmente, quando os subprodutos e resíduos são inutilizados e descartados, apresentam grande potencial de contaminação ao meio ambiente, ou seja, poluentes em potencial. Entretanto, comparada às outras indústrias, a indústria de cervejaria tende ser ambientalmente menos poluente (SANTOS, 2005).

Como forma de escoar a demanda, a maior parte desses subprodutos pode ser reciclada e reutilizada. Sendo assim, na estratégia de se combater o desperdício e aproveitar as sobras ou descartes inutilizados pelas indústrias, os subprodutos são utilizados como fontes de matéria-prima para outros setores, além de gerar maior competitividade entre as indústrias (COELHO E FIGUEIREDO, 2005).

Ao final do processo de fermentação remove-se a levedura do mosto fermentado e prepara-se com estas uma nova inoculação, para a próxima batelada. No entanto, como durante o processo de fermentação ocorre a multiplicação de levedo, gera-se um excedente deste material a cada batelada, que necessita de um destino adequado (CETESB, 2005).

Considerando o alto teor orgânico da levedura (120.000 a 140.000 mg DBO/l) e o valor nutricional desta, em geral as empresas vendem este excedente para a indústria de alimentos, em alguns casos após recuperar a parte residual da cerveja (UNEP, 1996).

De acordo com a Tabela 03, as cargas de compostos que caracterizam o efluente cervejeiro possuem uma extensa faixa de variação. Isso se deve aos processos envolvidos,

natureza das matérias primas, aditivos químicos, produtos utilizados na limpeza de maquinário, fluídos da etapa de resfriamento e quantidade de água usada nas operações, onde por consequência, são produzidos mais de um tipo de efluente (ARANTES, 2018; GEREMIAS, 2017; PORTES, 2016).

Tabela 03 – Características dos efluentes encontrados em cervejaria

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Referência</b>	<b>Valor</b>	<b>Referência</b>
<b>pH</b>	3 - 12		3,3 - 5,1	
<b>Temperatura</b>	18 - 40 °C		-	
<b>DQO</b>	2000 - 6000 mg/L		-	
<b>DBO</b>	1200 - 3600 mg/L		1687 - 3267 mg/L	
<b>Ácidos Graxos voláteis</b>	1000 - 2500 mg/L		-	
<b>Fósforo total</b>	10 - 50 mg/L	RAO et al. (2006)	33,7 - 53,9 mg/L	CHOI (2016)
<b>Nitrogênio total</b>	25 - 80 mg/L		48,6 - 76,3 mg/L	
<b>Sólidos totais</b>	5100 - 8750 mg/L		-	
<b>Sólidos suspensos</b>	2901 - 3000 mg/L		1997 - 2865 mg/L	
<b>Sólidos totais dissolvidos</b>	2020 - 5940 mg/L		-	
<b>Carbono orgânico dissolvido</b>	-		2987 - 5864 mg/L	

Fonte: RAO et al (2006) e CHOI (2016).

A maior parte da carga orgânica encontrada nos efluentes provem do processo produtivo, onde há a formação de açúcares através da conversão do amido, ácidos graxos e etanol. Os sólidos suspensos provêm principalmente de resíduos de cereais, leveduras e aditivos de origem inorgânica (ARANTES, 2018; OLAJIRE, 2012; SIMATE et al.; 2011).

Compostos orgânicos fermentados podem representar uma alternativa promissora para incrementar a ciclagem de nutrientes e, ao mesmo tempo, contribuir para a sustentabilidade do processo de produção agroecológico (OLIVEIRA, 2015).

#### 4.5 Compostagem

A compostagem é um processo natural de decomposição da matéria orgânica de origem animal ou vegetal.

A utilização de compostagem ou biofertilizante é uma das formas mais antigas de reciclagem de resíduos orgânicos utilizados na propriedade agrícola, tendo seus primeiros registros a mais de 2000 anos na China (SANTOS, 1992).

Em outras palavras, a partir da mistura de restos de alimentos, frutos, folhas, palhadas, dentre outros, obtém-se, no final do processo, um adubo orgânico homogêneo, de cor escura, estável, solto, pronto para ser usado em qualquer cultura, sem causar dano e proporcionado uma melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SOUZA et al.; 2001).

A adubação orgânica tem grande importância no cultivo de hortaliças, aromáticas e medicinais, principalmente em solos de clima tropical, onde a queima de matéria orgânica se realiza intensamente, e onde seu efeito é bastante conhecido nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SWIFT; WOONER, 1993).

Os biofertilizantes são compostos bioativos, resíduo final da fermentação de compostos orgânicos, contendo células vivas ou latentes de microrganismos. Esses compostos são ricos em enzimas, antibióticos, vitaminas, toxinas, fenóis, ésteres e ácidos (MEDEIROS, 2006).

Em geral, a adubação orgânica, além de melhorar a drenagem e a aeração do solo, incrementa a capacidade de armazenamento de água, níveis de nutrientes e a população de microrganismos benéficos ao solo e à planta, estimulando o desenvolvimento radicular (CAVALCANTE et al.; 2010).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente - MMA (MMA, 2019), no Brasil, 60% da composição dos resíduos são matéria orgânica passível de reciclagem por meio do processo de compostagem, um método simplificado e sem custos elevados para o tratamento sanitariamente adequado.

Em geral, sistemas orgânicos de cultivo permitem ciclar, ofertar e acumular no solo todos os nutrientes necessários ao bom desenvolvimento da maioria das espécies cultivadas. Atenção especial deve ser dada ao nitrogênio, especialmente visando à fixação do N<sub>2</sub> atmosférico e sua disponibilização para as culturas (SOUZA & REZENDE, 2006).

O processo de compostagem envolve transformações muito complexas de natureza biológica e química, promovidas por uma grande variedade de microrganismos como fungos e bactérias que vivem no solo. Esses organismos obtêm, a partir da degradação da

matéria orgânica, o carbono e os demais nutrientes minerais, necessários para a sua sobrevivência (SARTORI et al., 2012).

Figura 5 – Ciclo de Compostagem



Fonte: WWF (2020).

A compostagem é um processo biooxidativo controlado, que em condições adequadas de umidade, produz a degradação de resíduos heterogêneos por ação de uma flora microbiana variada. Durante a compostagem, os microrganismos degradam aerobicamente parte da fração orgânica a dióxido de carbono, água e sais minerais e outra parte sofre um processo de humificação resultando num composto estável que possui características apropriadas para a utilização como biofertilizante (DE BERTOLDI & SCHNAPPINGER, 2001).

Figura 6 – Compostagem



Fonte: Juliana Caldeira (2019).

Além desses compostos químicos, os microrganismos também necessitam de condições ideais de temperatura, umidade, disponibilidade de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, que são desenvolvidas naturalmente durante o processo. Os microrganismos provenientes do solo e dos restos vegetais e animais, presentes durante a compostagem, liberam substâncias e compostos com propriedades que melhoram o rendimento das culturas agrícolas, pelo fornecimento de nutrientes às plantas e, ao mesmo tempo, promovem a melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo. O resultado final da compostagem é o composto orgânico, que pode ser aplicado no solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente (SARTORI et al., 2012).

#### **4.6 Utilização da técnica Bokashi**

Com o aumento da demanda por produtos ecologicamente corretos, tornaram-se necessários estudos de novas tecnologias para inseri-los no método de cultivo orgânico, para que se tenha um crescimento sustentável da atividade (BRANCO et. al., 2010).

De modo geral, todos os materiais ricos em nitrogênio e carbono podem ser aproveitados para a produção de adubos orgânicos, desde que não apresentem problemas de contaminação (PENTEADO, 2003).

Segundo Núcleo de Pesquisa Participativa (2013), adição de matéria orgânica através da utilização de adubos orgânicos traz benefícios para as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, quais sejam:

- Melhora as propriedades físicas do solo: a matéria orgânica favorece a estabilidade da estrutura dos agregados do solo agrícola, reduz a densidade aparente, aumenta a porosidade e permeabilidade, e aumenta sua capacidade de retenção e absorção de água.

- Melhora as propriedades químicas do solo: aumenta o conteúdo de macronutrientes e micronutrientes e aumenta a capacidade de troca catiônica (CTC), armazenando nutrientes para as plantas, além de ajudar a corrigir a acidez do solo ao longo do tempo, melhorando seu pH.

- Melhora as qualidades biológicas do solo: aumenta a quantidade e a diversidade da vida microbiana do solo, que recicla a matéria orgânica e disponibiliza nutrientes para as plantas, além de atuar no controle de pragas e doenças. Favorece a produção de substâncias inibidoras e ativadoras do crescimento que favorecem o desenvolvimento das plantas. Nesse contexto, a população microbiana do solo passa a ser vista como componente importante da fertilidade do solo.

O uso de compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” tem sido proposto para melhorar características físicas, químicas e biológicas do solo, influenciando positivamente no rendimento das lavouras e na qualidade dos produtos gerados (MEDEIROS et. al., 2008).

O bokashi consiste em um composto orgânico preparado a partir da adição de microrganismos eficazes que agem na fermentação de materiais diversos, como farelos, esterco e palhas. Os microrganismos contidos no bokashi decompõem a matéria orgânica, disponibilizando e transformando nutrientes em substâncias solúveis e utilizáveis pelas plantas (SOUZA, 1999).

Figura 7 – Bokashi



Fonte: Thiago Campos (2018).

Os microrganismos eficazes podem ser naturalmente encontrados em plantas e em solos férteis, estando assim envolvidos na produção agrícola. Em sua grande maioria já são utilizados na industrialização de alimentos, sendo, portanto, inofensivos ao homem e aos animais (VICENTINI et. al., 2009).

Formulações tipo “bokashi”, obtidas por meio de processos fermentativos, condicionam um maior conteúdo energético da matéria orgânica por não alcançarem temperaturas demasiadamente elevadas, o que reduz as perdas pela volatilização do nitrogênio na forma de amônia ( $\text{NH}_4$ ). Além disso, proporcionam a veiculação de compostos (vitaminas, enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, antibióticos e antioxidantes) úteis para plantas (OKUMOTO et al., 2002).

O nitrogênio (N) é o macronutriente requerido, via de regra, em maior quantidade pelas culturas e sua deficiência no torna-se limitante de produção vegetal. Portanto, a gestão do N passou a ser considerada um aspecto crítico para a sustentabilidade das unidades agroecológicas (ESPINDOLA et al., 2005, ARAÚJO et al., 2011).

A fermentação que ocorre na elaboração do Bokashi é predominantemente láctica, porém ocorrem, simultaneamente, em pequenas proporções, as fermentações acética, alcoólica, propiônica e butírica. Os nutrientes do Bokashi são disponibilizados sob a forma de quelatos orgânicos, ou seja, estão presos nas estruturas orgânicas e têm a vantagem de não se perderem facilmente por volatilização ou lixiviação após a aplicação (NÚCLEO DE PESQUISA PARTICIPATIVA, 2013).

O bokashi é um composto enriquecido com microorganismos eficientes (E.M) e seus benefícios estão relacionados ao aumento da produtividade, qualidade e à proteção das plantas contra pragas e doenças (HIGA; WIDIDANA, 1989).

Não existe uma formulação padronizada para o “bokashi”, pois são utilizadas receitas empíricas e muito variadas, mais ou menos complexas e adaptadas a diferentes finalidades. Sua composição deve ser ajustada com base nos insumos localmente disponíveis ou de fácil aquisição a preços compatíveis no comércio. Deve-se considerar, ainda, os requisitos nutricionais de cada cultura a implantar na unidade produtiva (SOUZA & ALCÂNTARA, 2008).

A ação mais importante do Bokashi, entretanto, é introduzir microorganismos benéficos no solo, que desencadeiam um processo de fermentação na biomassa disponível, proporcionando rapidamente condições favoráveis à multiplicação e atuação da microbiota benéfica existente no solo, como fungos, bactérias, actinomicetos, micorrizas e fixadores de nitrogênio, que fazem parte do processo complexo da nutrição vegetal equilibrada e da construção da sanidade das plantas e do próprio solo (NÚCLEO DE PESQUISA PARTICIPATIVA, 2013).

## 7 CONCLUSÃO

Dessa forma, a partir da revisão bibliográfica realizada pode se concluir que é possível o aproveitamento e transformação dos resíduos de uma indústria cervejeira em subprodutos, dentre eles a produção de adubo orgânico, chamado Bokashi.

O Bokashi se mostrou uma opção viável de reaproveitamento de leveduras tanto ecologicamente como economicamente, devido ao grande volume produzido de resíduos utilizáveis por uma cervejaria e também por não exigir muitas tecnologias para ser produzido.

Por fim, é interessante e importante realizar análises em campo para comprovar a efetividade desses resíduos como matéria-prima para a produção desse subproduto. Com isso, faz necessário mais pesquisas e investimentos na área de sustentabilidade industrial.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE GONÇALVES. **Informe Blumenal**. Bagaço de Malte. Blumenal: Informe Blumenal, 2019. Disponível em: <https://www.informeblumenau.com/vereador-caminha-apresenta-projeto-para-regularizar-a-utilizacao-do-bagaco-do-malte-na-producao-de-cerveja/>. Acesso em: 17 fev. 2022.
- AQUARONE, E. et al. *Biotecnologia industrial*. São Paulo: Editora Blucher Ltda, 2001. v. 4
- ARANTES, M.K.; ALVES, H.J.; SEQUINEL, R.; DA SILVA, E.A. Treatment of brewery wastewater and its use for biological production of methane and hydrogen. *INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY*, v. 42, p. 26243 – 26256, 2017.
- BRANCO, R.B.F.; SANTOS, L.G.C.; GOTO, R.; ISHIMURA, I.; SCHLICKMAN, S.; CHIARATI, C.S. Cultivo orgânico sequencial de hortaliças com dois sistemas de irrigação e duas cobertas de solo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.28, n. 01, p. 75 – 80, jan. – mar. 2010.
- BRASIL. Governo do Brasil. Brasil é o terceiro maior produtor mundial da bebida. 2017. Disponível em: <https://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/08/brasil-e-o-terceiro-no-ranking-de-producao-mundial-de-cerveja/cerveja.jpeg/view>. Acesso em: 03 jan. 2022
- BRIGGS, D.E. et al. *Metabolism of wort by yeast. Brewing: science and practice*. Cambridge: Woodhead, 2004. cap. 12, p. 401 - 468
- BROCHIER, M.A. Aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros confinados em fase de terminação. 2007. 120f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, 2007.
- CARVALHO, D.M. ROSA, S.S. Aumento de consumo de cerveja artesanal importada. In: *JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA FATEC DE BOTUCATU*, 4., 2015, Botucatu. Anais. IV jornacitec. Fatec Botucatu. 2015.
- CAVALCANTE, I.H.L. Fertilizantes orgânicos para o cultivo da melancia em Bom Jesus-PI. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* ISSN (on line): 1981 – 0997; (impresso): 1981-1160 v.5, n.4, p.518-524, out.- dez, 2010.
- CERVESIA. O Mercado cervejeiro brasileiro atual – potencial de crescimento. 2011. Disponível em: <http://www.cervesia.com.br/artigos-tecnicos/dados-estatisticos/581-o-mercado-cervejeiro-atual-%E2%80%93-potencial-de-crescimento.html>. Acesso em: 03 jan. 2022.
- CERVBRASIL. *CERVBRASIL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA*. São Paulo: CERVBRASIL, 2016. Disponível em: [http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/mercado-cervejeiro/](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/mercado-cervejeiro/). Acesso em: 19 jan. 2022.

CETSB, COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Cervejas e Refrigerantes: Série P+L. [S.l; s.n], 2005.

CHOI, H. Parametric study of brewery wastewater effluent treatment using *Chlorella vulgaris* microalgae. Departamento de Convergência de Energia e Meio Ambiente, Universidade Católica Kwadong, Coréia, 2016.

COSTA, A.S.V. da. Resíduos industriais como matéria prima na produção de fertilizantes e utilização no cultivo de milho e feijão. Research, Society and Development, vol. 9, no. 8, p. 1-4, 2020.

CRIZEL, Tainara de Moraes. Aproveitamento de Resíduos da Indústria Alimentícia e Nutracêutica no Desenvolvimento de Ingredientes Ativos Para Aplicações em Filmes Biodegradáveis. 2017. 211 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

DATAMARK. Petrópolis toma mercado da brasil kirin no nordeste. 2015. Disponível em: <http://www.datamark.com.br/noticias/2015/12/petropolis-toma-mercado-da-brasilkirin-no-nordeste-186003/>. Acesso em: 03 jan. 2022.

DE BERTOLDI, M.; SCHNAPPINGER U. Designing composting plants with teamwork. *Biocycle*, v.42, n.2, p. 78-80, 2001.

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L (Org). *Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 147 - 172, 2005.

FERREIRA, I. M. P. L. V. O. et al. Brewer's *Saccharomyces* yeast biomass: characteristics and potential applications. *Trends in Food Science and Technology*, v. 21, n. 2, p. 77 – 84, 2010.

FILLAUDEU, L., AVET, P.B., DAUFIN, G. Water, wastewater and waste management in brewing industries. *Journal of Cleaner Production*: 14, 463 – 471, 2006.

FREEPIK. **Freepik**. Copo de cerveja e matéria-prima para produção de cerveja. Estados Unidos: Freepik, 2022. Disponível em: [https://br.freepik.com/fotos-premium/copo-de-cerveja-e-materia-prima-para-producao-de-cerveja\\_12155690.htm](https://br.freepik.com/fotos-premium/copo-de-cerveja-e-materia-prima-para-producao-de-cerveja_12155690.htm). Acesso em: 17 fev. 2022.

GAUTO, M.A; ROSA, G.R. Processos e operações industriais da indústria química. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

GEREMIAS, C. Dimensionamento de uma microestação de tratamento de efluentes de uma microcervejaria. 2017. Relatório Técnico/Científico (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.

GUERREIRO. L. Efluente em cervejaria. Resposta técnica. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2006.

HIGA, T.; WIDIDANA, G. N. The concept and theories of effective microorganisms. In: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE KYUSEI NATURA FARMING. Khon Kaen, Thailand, 17-21, 1989.

JULIANA CALDEIRA. Iusnatura. Brasil: Iusnatura, 2019. Disponível em: <https://iusnatura.com.br/compostagem/>. Acesso em: 31 jan. 2022

KUNZE, W. Tecnologia para cerveceros y malteros. Alemanha: VLB Berlin, 2006.

INFANTE, J.; SELANI, M.M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Atividade Antioxidante de Resíduos Agroindustriais de Frutas Tropicais. Alimentos e Nutrição Araraquara, vol. 24, no. 1, p. 92, 2013.

LIMBERGER, S.C. O setor cervejeiro no Brasil: Gênese e evolução. Revista Cadernau. Rio Grande, 2013.

LÓPEZ-MARCOS, Mari Cruz et al. Properties of Dietary Fibers from Agroindustrial Coproducts as Source for Fiber-Enriched Foods. Food And Bioprocess Technology,[s.l.], v. 8, n. 12, p. 2400 - 2408, 9 set. 2015. Spring Nature

LUSTROSA, Maria C.; MAY, Peter; VINHA, Valé. Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática. 2 ed. Rio de Janeiro: ELSEVIER, 2010.

MAGALHÃES, Geísa Vieira Vasconcelos et al. III-128-AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES INÓCULOS NA BIODIGESTÃO DO RESÍDUO ORGÂNICO VISANDO A PRODUÇÃO DE BIOGÁS, 2016.

MASSUKADO, L. M. Compostagem: nada se cria, nada se perde; tudo se transforma. Brasília: Editora IFB, 2016.

MATHIAS, T.R.S.; MELLO, P.P.M DE; SERVULLO, E.F.C. Solid wastes in brewing process: A review. Journal of Brewing and Distilling, v. 5, n. 1, p. 1 - 9, 2014.

MEDEIROS, M.B.; LOPES, J.S. Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola. Bahia Agrícola, v.7, n.3, p.24 -26, 2006.

MEDEIROS, D.C.; FREITAS, K.C.S.; VERAS, F.S.; ANJOS, R.S.B.; BORGES, R.D.; CAVALCANTE NETO, J.G.; NUNES, G.H.S.; FERREIRA, H.A. Qualidade de mudas de alface em função de substratos com e sem biofertilizante. Horticultura Brasileira v. 26, n.2, p. 186 - 189, 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Compostagem. Brasília. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>; acesso em 19/01/2022

MUSSATO, S.I; DRAGONE, G.; ROBERTO, I.C. Brewer's spent grain: generation, characteristics and potential applications. Journal of Cereal Science, 2006.

MUSSATO, S.I; DRAGONE, G., TEIXEIRA, J.A., ROBERTO, I.C. Total reuse of brewer's spent grain and biotechnological processes for the production of added-value compounds. *Bioenergy: challenges and opportunities*, 2008.

NEVES, THIANE LOPES DAS. REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA POR FILTRAÇÃO COM MEMBRANA. Orientador: Libertalamar Bilhara Saraiva. 2021. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Processos Químicos, IFAM - Instituto Federal do Amazonas, Biblioteca do IFAM, 2021.

Núcleo de Pesquisa Participativa - Rio Rural. **Bokashi** : Adubo Orgânico Fermentado. Niterói: Programa Rio Rural. 2013. 18 p.

OLIVEIRA, Eva Adriana Gonçalves de. Formulações tipo "bokashi" como fertilizantes orgânicos no cultivo de hortaliças. 2015. 79 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2015. Cap. 1.

OLAJIRE, A. A. The brewing industry and environmental challenges. *Journal of Cleaner Production*, p. 1-21, 2012.

OPA BIER. OPA Bier Joinville. Joinville: OPA Bier, 2015. Disponível em: <https://opabier.com.br/blog/historia-da-cerveja-no-brasil-parte-3-as-grandes-industrias/>. Acesso em: 19 jan. 2022.

PAIVA, Gabriel Mafra. Estudo do processamento e mercado de cervejas especiais no Brasil. TCC (Tecnólogo) - Faculdade de Tecnologia Termomecânica, São Bernardo do Campo, 2011.

PELIZER, L.H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. de O. Utilização de Resíduos Agroindustriais em Processos Biotecnológicos como Perspectiva de Redução no Impacto Ambiental. *Journal of Technology Management & Innovation*, vol. 2, no. 1, p. 118 - 127, 2007.

PENTEADO, S. R. Adubação orgânica: preparo de compostos e biofertilizantes. Campinas: Editora 100% IMPRESS, 2003. 93 p.

POELMANS, E. and SWINNEN, J.F.M. A Brief Economic History of Beer. In <http://fds.oup.com/www.oup.com/pdf/13/9780199693801.pdf>, acessado em 08/012022

RAO, G. A. et al. pH regulation of alkaline wastewater with carbon dioxide: a case study of treatment of brewery wastewater in UASB reactor coupled with absorber. *Bioresource Technology*, v .98, p. 2131-2136, 2006.

SANTOS, A.C.V. Biofertilizante líquido, o defensivo da natureza. Niterói: Emater - Rio, 16p. 1992. Agropecuária Fluminense, 8.

SANTOS, M.S.; RIBEIRO, F.M. 2005. Cervejas e Refrigerantes. CETESB, São Paulo. 58p.

SARTORI, Valdirene *et al.* COMPOSTAGEM: Produção de fertilizantes a partir de resíduos orgânicos. [S. l.: s. n.], 2012.

SENAI. Tecnologia Cervejeira / SENAI, agraria, Centro de Tecnologia SENAI alimentos e bebidas - Rio de Janeiro. 2014. 284p.

SILVA, João B. A. Cerveja. In: Venturini Filho, Waldemar G. Tecnologia de Bebidas - Matéria-Prima, Processamento, BPF / APPCC, Legislação e Mercado. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

SIMATE, G. S. et al. The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art. Desalination, v. 273, p. 235-247, Elsevier: 2011.

SOLDERA, B.C.; OLIVEIRA, E. Água sustentável (as): definição de um novo indicador ambiental. In: IX Encontro de Geociência e Meio Ambiente. 2016, São Paulo. Anais... São Paulo: UNESP, 2016.

SOUZA, J. L. Cultivo orgânico de hortaliça: sistema de produção. Viçosa: CPT, 1999.

SOUZA, F.A. de.; AQUINO, A.M de; RICCI, M. dos S.F.; FEIDEN, A. Compostagem. Seropédica: Brasília - Embrapa Agrobiologia, 2001. 11p. (Boletim Técnico, nº 50).

SOUZA, J.L. de; RESENDE, P. Manual de horticultura orgânica. 2. ed. atual. ampl. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2006. 843 p.

SOUZA, R.B.; ALCÂNTARA, F.A. Adubação no sistema orgânico de produção de hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 8p. (Embrapa CNPH. Circular Técnica, 65).

SWIFT, M.J.; WOOPER, P. Organic matter and the sustainability of agricultural systems: definitions and measurement. In: MULUNGOY, K.; MERCKY, R (Ed). Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture. Leuven: Willie-Sayce, 1993, p.3-18.

THIAGO CAMPOS. **ImGrower**. Adubo Orgânico Bokashi. Cuiabá: Im Grower, 2018. Disponível em: <https://thiagoorganico.com/adubo-bokashi/>. Acesso em: 17 fev. 2022.

TEIXEIRA, L.B. et al. Processo de compostagem, a partir de lixo orgânico urbano, em leira estática com ventilação natural. Belém: Embrapa, 2004, 8 p. (Circular Técnica, 33).

VALENTE JÚNIOR, A.S.; ALVES, F.C.D. Bebidas Alcoólicas: Cerveja. Caderno Setorial - Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste, ETENE. n.2. out. 2016.

VICENTINI, L.S; ESPÍRITA, F.I.F.; CARVALHO, K.; RICHTER, A.S. Utilização de microrganismos eficazes no preparo da compostagem. Revista Brasileira de Agroecologia: vol 4, n.2.p. 33-37. 2009

UNEP/ IE - UNITED NATIONS ENVIROMENT PROGRAMME/ INDUSTRY AND ENVIROMENT, Enviroment management in the brewing industry, UNEP Technical Report Series n° 33, UNEP, Paris, 1996.

WWF BRASIL. WWF. Brasil: WWF, 2020. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?46943/Passo-a-passo-para-elaborar-sua-composteira>. Acesso em: 31 jan. 2022.