

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL

Gabriel Zuffi Freire de Sales

Análise crítica sobre o caso de contaminação na Cervejaria Backer

UBERLÂNDIA-MG

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL

Gabriel Zuffi Freire de Sales

Análise crítica sobre o caso de contaminação na cervejaria Backer

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

Orientador: Rodrigo Alejandro Abarza Muñoz

UBERLÂNDIA-MG

2021

GABRIEL ZUFFI FREIRE DE SALES

ANÁLISE CRÍTICA SOBRE O CASO DE CONTAMINAÇÃO NA CERVEJARIA BACKER

Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado ao Instituto de Química, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de bacharel em Química Industrial.

Uberlândia, 04 de novembro de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rodrigo Alejandro Abarza Muñoz
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. Alex Domingues Batista
Universidade Federal de Uberlândia

Profa. Dra. Raquel Maria Ferreira de Sousa
Universidade Federal de Uberlândia

*“É necessário sempre acreditar que o sonho é possível, que o céu é o limite e
você truta é imbatível” (RACIONAIS MC’S)*

Agradecimentos

- Primeiramente a Deus pelo dom da vida e por colocar pessoas maravilhosas em meu caminho durante toda a trajetória;
- Aos meus colegas de curso e familiares que me apoiaram durante toda a graduação e me incentivaram durante todo o processo;
- Aos meus grandes amigos, Denis Polidoro, Felipe Marcassa, André Luis, Caíque Viana, João Vitor Duarte e Maria Laura, por estarem sempre ao meu lado nos momentos bons e ruins, e por sempre acreditarem em mim;
- Aos meus amigos Ítalo Félix e Júlia Queiroz pelas importantes contribuições no trabalho;
- A Universidade Federal de Uberlândia pela estrutura oferecida e todo o suporte necessário durante a graduação;
- Ao meu orientador Rodrigo Muñoz pela sugestão do tema e todo o auxílio durante a elaboração do trabalho;
- A todos os professores, técnicos e colaboradores do Instituto de Química que de alguma forma fizeram parte da minha graduação;
- A memória do meu saudoso e querido pai Ezequiel, que infelizmente não pôde participar deste momento em vida, mas de onde estiver estará sempre olhando por mim e presente em todos os meus momentos;
- E principalmente a minha amada mãe Rosangela por tudo o que fez e faz por mim, e por me ensinar o sentido de amor, lealdade e importância da família que moldaram a minha personalidade.

Resumo

A indústria cervejeira já é um mercado consolidado tanto no Brasil como no mundo, e a nova tendência e perspectiva para o futuro são as cervejas artesanais. Este cenário sofreu um forte impacto com o caso de contaminação de dezenas de pessoas na cidade de Belo Horizonte, após ingerirem os produtos tóxicos monoetilenoglicol e dietilenoglicol, que estavam presentes em três lotes da cerveja Belo Horizontina, um dos rótulos mais tradicionais da cervejaria Backer. O incidente provocou a morte de aproximadamente 10 pessoas, que consumiram a bebida nas festas de fim de ano de 2019. No dia 15 de janeiro de 2020 o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) encontrou os contaminantes na água usada no processo de resfriamento da cervejaria. Este trabalho tem como objetivo trazer um breve resumo sobre a história da cerveja, explicando um pouco sobre o processo de produção da bebida e fazer uma análise sobre o acidente na cervejaria mineira propondo como acidentes como estes podem ser evitados para garantir a qualidade do produto final que irá chegar ao consumidor.

Palavras chave: Cerveja, Belo Horizontina, Cervejaria Backer, dietilenoglicol, monoetilenoglicol.

ABSTRACT

The brewing industry is already a consolidated market both in Brazil and in the world, and the new trend and perspective for the future are craft beers. This scenario was strongly impacted by the contamination of dozens of people in the city of Belo Horizonte, after ingesting the toxic products ethylene glycol and diethylene glycol, which were present in three batches of Belo Horizontina beer, one of the most traditional labels of the Backer brewery. The incident caused the death of approximately 10 people, who consumed the drink at the end of the year festivities in 2019. On January 15, 2020, the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA) found the contaminants in the water used in the cooling process of the brewery. This work aims to provide a brief summary of the history of beer, explaining a little about the beverage production process and analyzing the accident in the brewery in Minas Gerais, proposing how accidents such as these can be avoided to ensure the quality of the final product that will reach the consumer.

Keywords: Beer, Belo Horizontina, Backer Brewery, Ethylene glycol, Diethylene glycol.

Sumário:

1 - Introdução.....	9
1.1- Um breve histórico sobre a história da cerveja.....	9
2- Matéria Prima.....	11
3- Processo de produção da cerveja.....	13
4- Dietilenoglicol e monoetilenoglicol.....	16
4.1- Métodos de caracterização.....	20
5- Legislação sobre a indústria cervejeira.....	23
6- Resumo do caso da cervejaria Backer.....	24
6.1- Hipóteses sobre a contaminação.....	26
7- Considerações finais.....	27
8- Referências Bibliográficas.....	28

1- Introdução

1.1- Um breve histórico sobre a cerveja

A bebida alcóolica mais consumida no mundo já há alguns anos sem dúvida é a cerveja. A grande variedade de tipos e sabores e o domínio de grandes multinacionais como a Ambev, Schincariol e Heineken fizeram este mercado crescer de maneira exponencial nos últimos anos tanto mundialmente, como no âmbito nacional. O Brasil é atualmente o quarto colocado no ranking de maiores produtores de cerveja do mundo, atrás apenas de China, Estados Unidos e Alemanha. Já no que se refere ao consumo per capita anual, o Brasil está em décimo sétimo lugar com uma média de 60 litros por ano por cada cidadão. (SILVA 2016).

Não se tem a comprovação exata da data do surgimento da cerveja, mas os primeiros relatos que se tem da bebida são da mesopotâmia nos anos 6000 a.C. Naquela época, os homens saiam em busca de alimento, tanto na caça de animais quanto, em grãos e outros tipos de derivados naturais, enquanto que as mulheres eram responsáveis por armazenar e distribuir estes alimentos para todos. A primeira cerveja, acredita-se ter sido descoberta por acidente, ao armazenar estes grãos em vasos e outros recipientes que na presença das chuvas e ao decorrer do tempo fez com o que ocorresse a fermentação destes grãos, como o trigo. O resultado disso foi o surgimento de uma nova bebida, com odor e sabor característico que ao ser consumida, causava um relaxamento muscular, diminuição do estresse e euforia na população. Com o passar dos anos, esta descoberta foi comprovada e a produção da cerveja se tornou tradição destes povos, e foi evoluindo cada vez mais.

Na antiguidade, um dos principais locais que foi responsável pelo aperfeiçoamento e difusão da cerveja no mundo foi o Egito, após a chegada da bebida ao país, algumas variantes foram criadas como a Cerveja de Tebas e a Cerveja dos Notáveis. A bebida era tão importante que chegou até a ser citada no famoso Código de Hamurabi, onde existiam leis e regras que o povo egípcio deveria seguir, havia uma limitação da quantidade de litros que homens e mulheres deveriam beber por semana. A Figura 1 apresenta uma obra de arte

exposta no Museu do Egito que ilustra uma mulher preparando cerveja, sendo esta uma evidência da bebida no Egito Antigo. Na Europa um dos países pioneiros na fabricação e comercialização da cerveja foi a Suíça, principalmente nos mosteiros em torno de 1000 anos atrás. Os monges foram essenciais, pois modificam muito a proporção dos principais ingredientes da cerveja, água, malte e lúpulo, assim como o tempo e temperatura de fermentação, o que proporcionava diferentes sabores e aromas nas cervejas produzidas. (BAMFORTH 2003).



Figura 1: “Mulher preparando cerveja”, Obra do antigo Egito exposta no museu de Cairo, Egito. Fonte: Egypt Museum (egypt-museum.com).

O domínio de algumas empresas no mercado cervejeiro, fez com que por muitos anos os mesmos tipos de cerveja e poucas marcas ganhassem o gosto e o espaço nas geladeiras dos brasileiros. No Brasil, a cerveja pode ser classificada em relação a 5 parâmetros essenciais: Pela fermentação, alta se for em temperaturas entre 12 e 15°C e baixas entre 5 e 10°C, extrato inicial, que está relacionado a quantidade de substâncias dissolvidas provenientes do mosto cervejeiro, pode ser leve, comum, extra e forte, dependendo da porcentagem destes componente na relação em massa, em relação a cor, pode ser clara ou escura, teor alcoólico, se for menor que 0,5% é considerada sem álcool e acima deste valor é considerada alcóolica, e pra finalizar o último parâmetro é o teor de extrato final, que pode ser baixo, médio ou alto, de acordo com o teor final de

extrato em massa no produto final. As primeiras cervejas produzidas em processos em que se tinha um maior controle de qualidade foram do tipo Ale, que são caracterizadas por serem de alta fermentação, que é feita em temperaturas geralmente entre 12 e 15 °C. É um processo antigo, o que fez com que as cervejas do tipo Ale fossem as únicas disponíveis até meados do século XIX. Graças a este tipo de fermentação a quente, os sabores das cervejas Ale são incomparavelmente mais perceptíveis (encorpadas). Uma das principais cervejas do tipo Ale é a Weissbier, uma cerveja de trigo produzida principalmente pelas grandes cervejarias alemãs, que pode conter milho e mesmo frutas. É característica do sul da Alemanha (Baviera), cervejas claras, bastante refrescantes e, são opacas porque normalmente não são filtradas após a fermentação e a maturação. Apesar de surgir séculos depois que sua principal concorrente Ale, o tipo de cerveja mais consumida no mundo é a Lager, que é de baixa fermentação, em temperaturas em torno de 5°C, no Brasil mais de 98% das cervejas comercializadas são do tipo Lager. Dentro desta categoria destaca-se a Pilsen, que surgiu em uma região da República Tcheca, Pils em meados do século XIX, é o tipo de cerveja mais conhecido e consumido no mundo. (AGUIAR e AFONSO 2014).

2- MATÉRIA PRIMA E PRODUÇÃO DA CERVEJA

Segundo DRAGONE (2007) a cerveja não possui muitos ingredientes em sua composição, porém cada componente é extremamente importante no processo, assim como a qualidade de cada um deles. Basicamente a cerveja é composta por:

- Água: É o componente majoritário da cerveja, mais de 90% da bebida é composta por água, e suas características são essenciais e estão diretamente ligadas com a qualidade do produto final. As principais características que a água cervejeira deve ter é ser livre de turbidez, ter um pH na faixa de 5 e 9,5 e estar livre da presença de micro-organismos;

- Sais minerais: O paladar característico da cerveja é proveniente também de alguns sais minerais, que mesmo em pouca quantidade são muito importantes no processo de fabricação da cerveja, a seguir descreveremos alguns deles:

- Cálcio e Magnésio: Atuam como coagulantes de algumas impurezas que futuramente se tornariam indesejáveis nas propriedades da cerveja como o oxalato, dentre outras substâncias que dariam um aspecto turvo para a bebida. Geralmente a concentração destes metais alcalinos terrosos deve ser menor que 30mg/L, quando a concentração é superior a esta faixa um sabor desagradável é associado a cerveja, e o excesso destes componentes é retirado em forma de precipitado geralmente como carbonatos;

- Zinco: Atua como ativante na fermentação, estimulando o crescimento das leveduras (nome científico) e ativa a síntese proteica. Porém a concentração não deve ser superior a 0.6 mg/L para não interferir no processo de fermentação.

- Malte: Talvez seja o ingrediente que tenha mais propriedades úteis para a qualidade do produto final. Cultivado desde os anos 6000 a.C. possui enzimas e uma alta concentração de amido, além de sua casca proteger os grãos e ser uma das responsáveis pelo aroma característico da cerveja;

- Cereais não maltados: São grãos que não são derivados do malte, que atribuem características complementares a cerveja, são utilizados principalmente devido ao seu baixo custo. Podem exigir um tratamento preliminar antes da utilização ou não, o que vai depender da estrutura do grão utilizado. Monossacarídeos são adicionados diretamente, já os compostos que possuem altas concentrações de amido, que é um polissacarídeo, devem ser hidrolisados antes de serem utilizados. Geralmente os grãos mais usados para esta finalidade são milho e arroz;

- Lúpulo: Essencial para as propriedades organolépticas da cerveja, como estabilidade do aroma e sabor e controle e retenção de espuma. O lúpulo possui várias substâncias em sua composição, mas pode ser subdividido em 3 grupos principais, água, resina mole e resina dura. A resina mole seria a fase solúvel em solventes orgânicos como o hexano por exemplo, como hidroxiácidos e óleos

essenciais. Já a resina dura seria a fase insolúvel em hexano, como os carboidratos simples e complexo, ácidos graxos, lipídeos e os principais componentes são os sais minerais e a celulose;

- Leveduras ou fermento: Talvez seja o componente mais essencial para a produção de cerveja, são as responsáveis pelo processo de fermentação da cerveja, onde ocorre a transformação dos açúcares (glicose) em álcool (etanol). São utilizadas geralmente a *Saccharomyces cerevisiae* para a produção de cervejas de alta fermentação, e as *Saccharomyces uvarum* para as de baixa fermentação. Alguns estudos como o de DE PAULA, propõe uma hibridização de dois tipos de leveduras para a aplicação na indústria cervejeira. Estes híbridos são capazes de produzir e liberar ésteres e compostos fenólicos que são responsáveis pelo sabor e aroma da bebida, trazendo um grande diferencial principalmente no mercado da cerveja artesanal.

A Figura 2 apresenta um conjunto de ilustrações dos principais componentes usados para a produção de cerveja.



Figura 2: Ilustração dos componentes principais da cerveja: água, malte, lúpulo e fermento (levedura). (FONTE: Adaptado de QUÍMICA NOVA Vol. 37 N°2 página 98).

3- Processos de produção da cerveja:

Segundo Ambev (2011) a cerveja é produzida na escala industrial em quatro processos principais que basicamente são: brasagem, maturação e

fermentação, filtração e por fim acabamento e envasamento. Primeiramente o malte e os adjuntos não maltados são misturados com a água cervejeira para a dissolução. Esta solução açucarada formada é denominada de mosto e é a base para a produção da cerveja. Nesta primeira etapa, o malte é moído antes de ser dissolvido na água para a retirada da casca e para aumentar a superfície de contato, e conseqüentemente aumentar a eficiência do processo. O amido presente na matéria prima é hidrolisado e separado nos monossacarídeos correspondentes, ocorre o aquecimento da mistura para ajudar na dissolução dos componentes e a temperatura deve ser controlada para garantir a eficiência máxima das enzimas e evitar a inativação das mesmas que ocorrem em cerca de 75°C.

Após o preparo do mosto o lúpulo é adicionado, o tipo e a qualidade do lúpulo são essenciais e estão diretamente ligados com o resultado do produto final, então a escolha e a conservação desta matéria prima são muito importantes no processo. O mosto é fervido para que o lúpulo seja dissolvido e seja capaz de liberar seus componentes responsáveis pelo aroma e sabor característico da cerveja. Após esta etapa ocorre a esterilização dos equipamentos e o mosto é preparado para seguir para a etapa de fermentação, que seria basicamente a aeração, ou seja, a adição de oxigênio a mistura.

Na fermentação é onde ocorre a transformação da matéria base, o mosto, na cerveja propriamente dita. Na indústria a fermentação ocorre em tanques de fermentação ou nas chamadas dornas, são utilizados organismos vivos no processo, que variam de acordo com a eficiência e o tipo de fermentação desejada, mas geralmente são utilizadas a *Saccharomyces cerevisiae* para a produção de cervejas de alta fermentação, neste caso as leveduras tendem a se situar nas partes superiores do fermentador, já para a produção de cervejas de baixa fermentação as leveduras tendem a permanecer nas partes inferiores do fermentador e é utilizada a *Saccharomyces uvarum*. (ARAÚJO, 2003).

A Figura 3 apresenta um esquema ilustrando todas as etapas do processo de produção de cerveja na indústria.

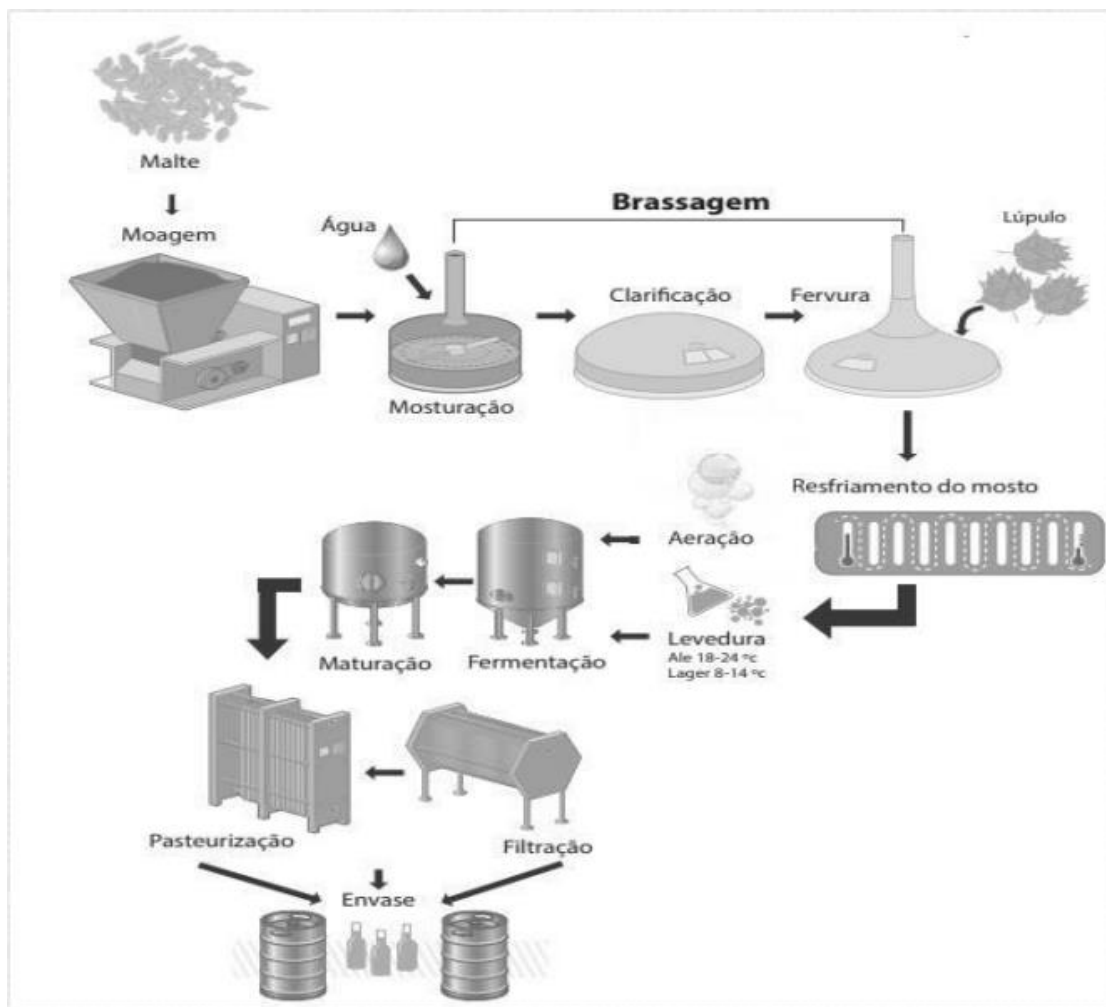


Figura 3: Esquema representativo das etapas principais envolvidas no processo de produção de uma indústria cervejeira. (FONTE: MULLER, C.V. 2018).

As grandes indústrias cervejeiras e seus produtos tradicionais de mais de quase três séculos de comercialização, dominaram e ainda dominam a grande parte do mercado consumidor nacional e internacional. Contudo nas duas últimas décadas uma variante deste mercado que vem ganhando cada vez mais espaço nas prateleiras dos supermercados e lojas especializadas, são as cervejas artesanais. Sabores diferenciados, combinações inovadoras de ingredientes e garrafas e rótulos personalizados são alguns dos fatores que tem chamado a atenção dos consumidores. No Brasil, em 1999 o número de microcervejarias não chegava a 40 fábricas, 33 para ser exatos. Vinte anos depois em 2019 um levantamento feito pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) apontou a existência de 1.209 produtores artesanais

de cerveja registrados. O processo industrial é bem conhecido e pode ser reproduzido em menor escala, no caso das cervejarias artesanais. Os processos são basicamente os mesmos, porém com algumas adaptações necessárias para realizar a produção em menor quantidade. Este mercado de cervejaria artesanal vem movimentando muito o cenário de empreendedorismo nacional e internacional, segundo dados do MAPA no ano de 2020 somente as microcervejarias no Brasil geraram mais de 2.4 bilhões de reais.

Contudo este mercado emergente sofreu um impacto muito grande graças a um acidente envolvendo a cervejaria mineira Backer e um dos seus rótulos mais tradicionais a cerveja Belo Horizontina. Em janeiro de 2020, ao menos 29 pessoas foram contaminadas por uma substância tóxica presente em dois lotes de Belo Horizontina, o dietilenoglicol (DEG), 10 pessoas chegaram a óbito. A substância é muito utilizada na indústria por ser um anti congelante, que ao se misturar com o solvente, geralmente a água, diminui o seu ponto de congelamento, evitando com que a água congele, o que possibilita a sua utilização em equipamentos de resfriamento onde a temperatura pode chegar até a -10°C . Esta água de resfriamento não entra em contato direto com a bebida ou o alimento, ela passa em volta dos tanques ou dentro de serpentinas que são tubulações em espirais que se encontram em torno dos tanques e em alguns casos até imerso neles. No caso da Backer houve um vazamento nessa tubulação e o dietilenoglicol se misturou na cerveja causando esta contaminação que desencadeou na tragédia de aproximadamente dez vítimas confirmadas.

4- Monoetilenoglicol (MEG) e Dietetilenoglicol (DEG)

O monoetilenoglicol, 1,2-etanodiol ou simplesmente etileno glicol, é um álcool amplamente utilizado como anticongelante principalmente no ramo automotivo. É sintetizado através do etileno, passando pelo intermediário de óxido de etileno. É um composto extremamente tóxico para o ser humano, pois ao ser ingerido tem uma alta absorção gastrointestinal e é convertido em dois produtos tóxicos rapidamente, o ácido glicólico e o ácido oxálico, sendo este último responsável pela descalcificação dos ossos formando o sal insolúvel

oxalato de cálcio que é depositado nos rins, podendo causar insuficiência renal, (SOARES, 2011).

O DEG (estrutura ilustrada na Figura 5) é um líquido incolor de sabor característico e adocicado, é formado por duas moléculas de monoetilenoglicol que fazem uma ligação R-O-R característica do grupo funcional éter. Sua utilização na indústria química é antiga e muito ampla, desde na indústria de automóveis em radiadores para evitar o congelamento da água em climas frios e sua evaporação em climas quentes, como em decapantes de papel de parede. A utilização do DEG é eficiente e se for empregada da maneira correta, muito útil. Se não houver o contato direto com o alimento, o risco é bem baixo e não tem muitas restrições em relação a legislação específica para esta substância, contudo sua utilização requer um projeto bem elaborado dos processos industriais da fábrica, além de uma manutenção preventiva dos equipamentos, para evitar danificações nas máquinas que pode gerar vazamentos do produto ou outros tipos de acidentes.



Figura 5 : Ilustração da estrutura do Dietilenoglicol, que é formada pela junção de duas moléculas de monoetilenoglicol. Em preto estão representados os átomos de carbono, em vermelho os de oxigênio e em branco os átomos de hidrogênio. (FONTE: SIGMA-ALDRICH).

Essa substância em vivo é metabolizada no fígado e ao invés de formar o etilenoglicol, forma sua substância toxico-metabólica se divide em outras duas, o ácido 2-hidroxiatoxiacético (2-HEAA) e ácido diglicólico (DGA), o qual é extremamente tóxico, além de que sua meia-vida plasmática ainda é desconhecida ao organismo humano, principalmente naqueles pacientes com

insuficiência renal, o que implica em graves complicações pelo fato da substância ainda permanecer como fator agressor afetando diversos sistemas do nosso organismo. (ABDALLA, 2020).

O mecanismo de atuação do DEG no organismo ainda não é totalmente conhecido, todavia, os sintomas e sua identificação já são mais conhecidos. O primeiro caso grave registrado por intoxicação de DEG foi nos Estados Unidos na década de 30. (BALLANTINE, 1981). No ano de 1937 mais de cem pessoas morreram em decorrência das complicações do DEG que foi utilizado como solvente para um xarope chamado de Elixir Sulfanilamida que prometia ser eficiente para uma série de doenças desde dor de garganta a algumas DST's (doenças sexualmente transmissíveis) como a gonorreia. Naquela época não havia nenhuma restrição do governo em relação a produção e comercialização de novos medicamentos, mas após esta tragédia com o DEG, o FDA (*Food and Drugs Administration*) implantou uma série de normas para serem seguidas para a produção de novos fármacos e também na indústria de alimentos. A Índia tem registro de pelo menos três casos de contaminação por DEG em sua história, na década de 80, 90, e o último caso registrado no ano passado, todos eles envolvendo casos de contaminação por medicamentos. Em 2006, na China, um homem sem formação acadêmica ou técnica nenhuma necessária, decidiu fabricar produtos químicos em geral e vender para indústria, para isso manipulava os laudos e mudava as formulações dos produtos do modo que achava correto. Esta irresponsabilidade gerou uma série de acidentes nos anos seguintes, já que muitas empresas compraram e utilizaram estes produtos adulterados, o caso mais grave ocorreu no Panamá, onde mais de 200 pessoas morreram ao tomarem um xarope para tosse que ao invés de conter o glicerol puro, o qual não oferece risco ao ser humano, tinha uma mistura contendo mais de 20% de DEG e outras substâncias. Outros dois acidentes graves envolvendo o DEG foram relatados, um deles em Bangladesh, na década de 90, centenas de pessoas morreram por consumirem medicamentos contaminados, a grande maioria por DEG que era utilizado como solvente devido ao seu baixo custo. Neste século na Nigéria dois químicos foram presos devido a utilização da substância no xarope infantil My Pikin, que na tradução literária seria meu bebê,

mais de 80 crianças recém nascidas chegaram a óbito devido a complicações nos rins após o consumo deste medicamento. (WAYNE et al, 2009).

Em bebidas ao longo da história foram encontrados somente dois casos de contaminação de DEG em bebidas, os dois aconteceram na Europa na década de 80 e foram encontrados na produção de vinho. O primeiro ocorreu na Áustria no ano de 1985, onde produtores de vinho locais acrescentaram a substância intencionalmente com o intuito de deixar o vinho mais encorpado e com sabor mais doce, graças ao sabor adocicado do DEG, e pelo menos duas pessoas foram a óbito por falência renal provocadas pelo consumo do vinho. O outro caso aconteceu um ano depois na Itália, onde foi encontrada a presença de DEG em amostras de vinhos de alto gabarito, contudo este caso foi tratado como uma contaminação acidental, devido à concentração ser bem baixa. (MAPA, 2020).

4.1- Métodos de caracterização de MEG e DEG

Os métodos mais eficientes para a determinação dos contaminantes em questão são os cromatográficos. A cromatografia gasosa e a Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC, do inglês high-performance liquid chromatography) são as duas técnicas mais usadas para a determinação de componentes na indústria alimentícia e nos fármacos. Uma outra alternativa para a identificação de componentes seria a Espectroscopia de Infravermelho Próximo (NIR, do inglês Near Infrared Spectroscopy). (WACHEIKO, SZPOT e ZAWADZKI, 2021).

No caso dos componentes orgânicos presentes em bebidas alcoólicas como a cerveja, a técnica mais indicada seria a cromatografia gasosa, utilizando o espectrômetro de massas como método de detecção. Este sistema é comumente representado pela sigla GC-MS, (gas chromatography coupled with mass spectrometry), ou trauszindom, cromatografia gasosa acoplada no espectrômetro de massas. A IUPAC, União Internacional da Química Pura e aplicada, define cromatografia como um método físico de separação onde os

componentes a serem identificados estarão presentes em duas fases, uma móvel e uma estacionária. O surgimento destas técnicas cromatográficas foi consolidado pelo russo Mikhail Semenovitch Tswett, que utilizou pela primeira vez este termo de cromatografia e conseguiu separar clorofilas e xantofilas presentes em plantas em uma coluna de vidro empacotada com carbonato de cálcio. Ao longo dos anos as técnicas de separação foram evoluindo e se sofisticando e atualmente são muito precisas e reconhecidas pelos órgãos regulamentadores internacionalmente. No caso dos MEG e DEG a técnica recomendada pelo FDA, é justamente a GC-MS e por este motivo foi o método escolhido pelo MAPA para fazer as análises das amostras colhidas na cervejaria Backer.

Um estudo recente realizado este ano pela Universidade Federal de Minas Gerais, avaliou a presença dos contaminantes DEG e MEG em amostras de cerveja de diferentes marcas. Foram utilizados etanol e metanol como solventes, e também a mistura dos dois em diferentes concentrações, a Figura 6 representa um cromatograma onde podemos observar a separação e a quantificação do MEG e DEG.

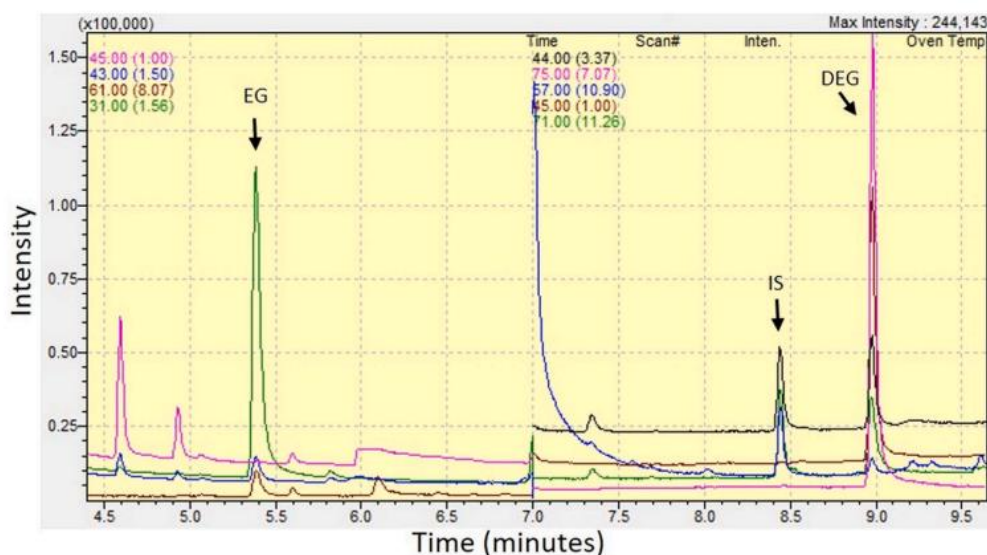


Figura 6: Cromatograma representando a separação e identificação do monoetilenoglicol (EG) e dietietilenoglicol (DEG) em amostras de cervejas. (Fonte: CALDEIRA, 2021).

A técnica consiste em basicamente separar os componentes de uma solução ou mistura devido a diferença de afinidade e interação destes produtos com a fase móvel (gás ou líquido) e a fase estacionária (líquido ou sólido). A amostra a ser analisada é colocada na fase estacionária que pode ser um sólido ou um líquido e a fase móvel também chamada de gás de arraste passa pela mistura e retira o componente com menor afinidade da fase estacionária, enquanto que a substância que tem maior interação com a fase estacionária leva mais tempo pra ser removida, por esta diferença de afinidade entre as fases móveis e estacionárias com os analitos de interesse é possível identificar, separar e quantificar as substâncias presentes na amostra. (COLLINS, 2007).

A utilização do espectrômetro de massas como detector vem sido bastante utilizada para diversos setores industriais e muito útil na identificação de compostos orgânicos voláteis presentes em bebidas, ou em outras áreas como agrotóxicos além de análises biológicas como proteínas, peptídeos e polímeros. Esta técnica de detecção permite determinar a massa molecular do composto de interesse, assim como verificar a pureza dos produtos analisados e determinar a composição química de amostras complexas. (SKOOG, 8ed. cap 31, páginas 901-903). As análises foram feitas pelo Laboratório Federal de Defesa Agropecuária de Minas Gerais e utilizaram o modo *full scan*, leitura completa, para a análise qualitativa e SIM (*Single Ion Monitoring*) para quantificar os componentes MEG e DEG.

As análises feitas pelo MAPA em uma série de outros lotes e rótulos da cervejaria indicou a presença dos contaminantes em 36 lotes de cervejas produzidas pela Backer. A grande maioria em concentrações menores ou iguais a 1g/L. Contudo 8 lotes apresentaram uma quantidade potencialmente letal em torno de 5 a 9 g/L. Destaque para os lotes 338 e 1557 da cerveja Belo Horizontina e 1348 da cerveja Capixaba, que apresentaram concentrações bem similares aos lotes 1354 e 1487, que foram os lotes de Belo Horizontina responsáveis pelos óbitos. A Figura 7 mostra alguns dos lotes que apresentaram os contaminantes encontrados principalmente nos períodos de março e dezembro de 2019.

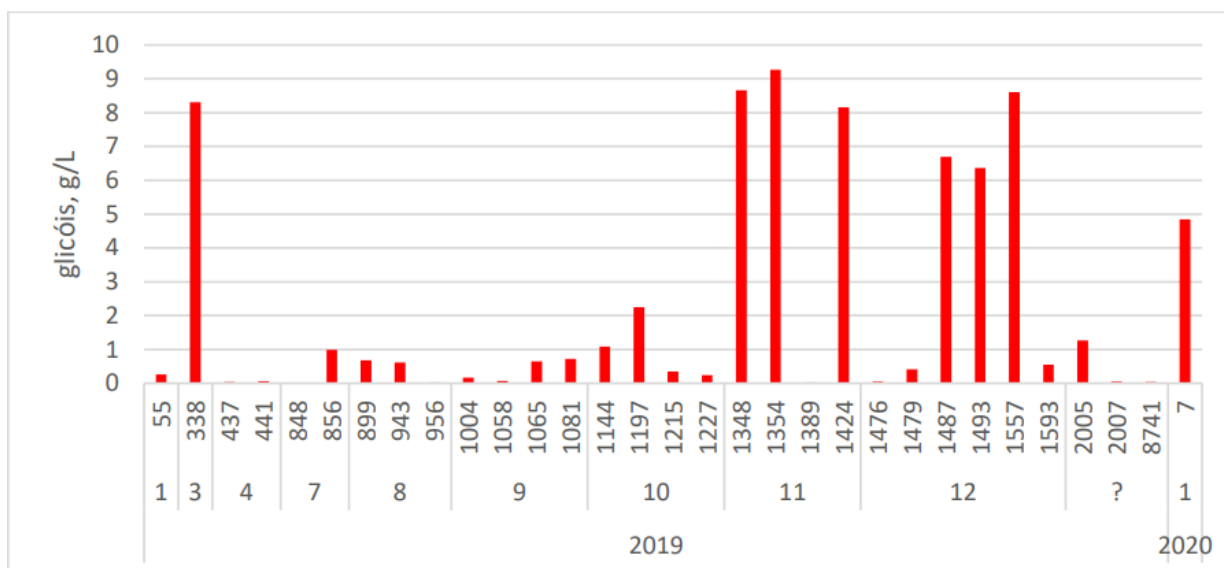


Figura 7: Resultados da somatória de DEG e MEG em lotes da cervejaria Backer entre o período de janeiro de 2019 a janeiro de 2020. (FONTE:MAPA).

5- Legislação da indústria cervejeira.

No Brasil há um conjunto de normas e parâmetros a serem seguidos para a produção e comercialização de bebidas em geral a fim de garantir a qualidade do produto e a satisfação e segurança do consumidor. A lei 8.918, e a RDC 49 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância e Segurança), são denominadas de a “Lei das bebidas”, estipulam uma série de condições que a cerveja deve cumprir para a sua produção e venda, tais como, aspectos higiênicos, qualidade e manuseio das matérias primas, rotulagem, padronização e classificação da cerveja, fiscalização dos componentes finais do produto, dentre outros. Em outros lugares do mundo, principalmente em onde a cerveja tem uma tradição a ser considerada a legislação é mais rígida e a política de controle de qualidade bem mais exigente. Na Alemanha um dos maiores produtores e exportadores de cerveja, existe a *"Reinheitsgebot"*, criada no século XVI é conhecida como a famosa Lei da Pureza Alemã, que impõe que toda cerveja produzida no país só poderá utilizar como ingredientes principais somente água, malte e lúpulo. (SANTOS, 2004). Vários países seguiram à risca esta lei por muitos anos, até a necessidade do surgimento de novos tipos de cerveja para a conquista do

mercado consumidor. Uma nova escola do ramo cervejeiro que veio para competir e discordar da tradicional lei de pureza alemã, são as cervejas belgas. Inovações no processo, utilização de novos tipos de ingredientes e sabores e rótulos diferenciados são algumas características das cervejas produzidas na Bélgica.

Sobre os contaminantes encontrados nas cervejas Belo Horizontina da Backer, o MEG e DEG não tem uma legislação específica quanto ao seu uso e são classificados como produtos não perigosos, pois não são deveriam ser utilizados diretamente na produção de alimentos ou fármacos. Após o incidente houve uma necessidade de revisão destas classificações não só para as duas substâncias em questão, mas em outros tipos de insumos que podem ser utilizados na indústria alimentícia de forma direta ou indireta. O MAPA e a ANVISA estão trabalhando para fazer uma classificação mais ampla e completa destas substâncias. Internacionalmente o DEG e o MEG são tratados apenas como contaminantes, pois não há nenhuma razão da sua utilização na indústria alimentícia em quaisquer que seja o produto, e não deve haver nenhum contato destas substâncias com o alimento ou as matérias-primas utilizadas. A única legislação que se tem sobre estas substâncias está relacionada com a presença dos mesmos em embalagens ou aditivos utilizados nos alimentos. Nas principais agências reguladoras de aditivos alimentares a presença de MEG e DEG é extremamente baixa, o FDA e o Comitê Científico para alimentos da União Europeia estimulam o valor de 0,20 e 0,25 por cento por kg de produto, respectivamente, destas substâncias sejam isoladas ou somadas. Além das embalagens estas substâncias podem estar presentes em pequenas concentrações em polisorbatos e polietileno glicol. A legislação internacional estimula um valor de 0,5 mg/kg de MEG e DEG sejam individualmente ou somados, enquanto que no Brasil a ANVISA permite uma concentração de até 30mg/kg, ou seja, um valor quase que vinte vezes mais alto.

6 - Estudo do caso da cervejaria Backer.

O caso de contaminação de quase 30 pessoas que consumiram um dos rótulos mais conhecidos e vendidos da cervejaria artesanal mineira Backer veio à tona em janeiro de 2020. A polícia federal do estado de Minas Gerais encontrou traços de DEG em três lotes da cerveja Belo Horizontina e também no sangue das vítimas que tiveram as complicações e alegaram os problemas após consumir a bebida nas festas de fim de ano de 2019. Os lotes que apresentaram a presença dos contaminantes foram o L1354 produzido em novembro e o L1487 produzido em dezembro. No dia 15 de janeiro de 2020 análises feitas na água de resfriamento do mosto apresentaram a presença de MEG e DEG em alguns tanques da fábrica. Após esta descoberta todos os lotes das cervejas produzidas pela cervejaria foram retirados do mercado, avaliados e testados para verificar se não havia a contaminação de outros produtos.

A contaminação ocorreu devido ao vazamento do fluido de resfriamento, que era uma mistura de água e líquido anticongelante, no caso da Backer era utilizado monoetilenoglicol ou dietilenoglicol. O vazamento ocorreu no tanque 10 da cervejaria que era responsável pela fermentação das cervejas Belo Horizontina e Capixaba basicamente. Em perícia realizada no ano de 2020 a Polícia Civil do estado de Minas Gerias encontrou pontos de vazamentos de aproximadamente 1,5 milímetro no tanque de fermentação. Segundo a cervejaria mineira o tanque era novo e tinha a vistoria para estar operando normalmente. Na Figura 8, podemos observar o vazamento no tanque 10 através de um líquido utilizado pela Polícia Civil em perícia realizada na fábrica.



Figura 8: Ponto de vazamento no tanque 10 da cervejaria Backer encontrado em perícia realizada no ano de 2020 pela polícia Civil do Estado de Minas Gerais. (FONTE: Adaptado de <https://g1.globo.com/fantastico/noticia/2020/06/14/caso-backer-fantastico-mostra-com-exclusividade-como-a-contaminacao-das-cervejas-aconteceu.ghtml>, 2020.)

Outro local de vazamento encontrado pela perícia foi na bomba que emitia o fluido para o tanque fermentador, devido a este vazamento o consumo das substâncias aumentaram nos meses anteriores ao acidente, pois era necessário a reposição com maior frequência. Os operadores acreditavam que o produto estava evaporando devido a sua volatilidade e não perceberam os vazamentos. A Figura 9 mostra a bomba que era utilizada para fazer a movimentação da substância anticongelante até o tanque de fermentação.



Figura 9: Bomba mecânica responsável pela movimentação do fluido anticongelante para o tanque 10 da cervejaria Backer, equipamento também apresentou vazamento constante do fluido na investigação feita pela Polícia Civil do estado de Minas Gerais no início de 2020. (FONTE: Adaptado de <https://g1.globo.com/fantastico/noticia/2020/06/14/caso-backer-fantastico-mostra-com-exclusividade-como-a-contaminacao-das-ervejas-aconteceu.ghtml>, 2020.)

6.1- Hipóteses possíveis que geraram a contaminação de MEG e DEG na cervejaria.

A Polícia Civil do estado de Minas Gerais ao investigar o caso da Cervejaria Backer trabalhou com três hipóteses principais para justificar a contaminação na cerveja Belo Horizontina: Sabotagem externa nos tanques, os contaminantes serem gerados durante o processo produtivo ou o uso das substâncias tóxicas com o consentimento dos donos da empresa e a contaminação acidental devido a problemas nos equipamentos. Não foi encontrado nenhum estudo na literatura que apresenta a formação de MEG ou

DEG nos processos envolvidos nos mostos cervejeiros, o único caso encontrado em artigos que se assimila um pouco com as matérias primas presentes no processo de produção da cerveja é o trabalho de B. URANUKUL que propõe a biossíntese de MEG através de uma rota natural sintética da levedura *Saccharomyces cerevisiae* utilizando o monossacarídeo xilose e a enzima D-xilose isomerase, que é a responsável também pela conversão de glicose em frutose. Apesar de ser a mesma levedura e a xilose também estar presente nos carboidratos do mosto cervejeiro, as condições são bem diferentes utilizadas pelo autor para a produção de MEG por esta via metabólica. Em seu trabalho URANUKUL preparou o inóculo em uma temperatura de 30°C em um meio sem a presença de oxigênio com concentrações de xilose entre 50 a 100g/L. Enquanto que no mosto cervejeiro a temperatura não passa dos 15 a 18°C, o meio é aerado e a concentração de xilose encontrada é extremamente baixa, de 15 a 20mg/L, ou seja, é praticamente impossível acontecer a síntese natural de MEG no processo cervejeiro, portanto esta hipótese foi descartada. Na visita feita na cervejaria, a Polícia Civil encontrou vários galões de MEG e alguns de DEG. A compra de MEG foi admitida pela empresa, já o DEG segundo os responsáveis nunca foi comprado e não deveria estar presente na fábrica, segundo representantes da Cervaria Backer, o DEG veio de um lote adulterado dos fornecedores e o produto comprado com nota fiscal seria o MEG. Contudo o MEG tem propriedades muito similares ao comparado com o DEG e poderia ter causado o mesmo efeito de contaminação devastador como a outra substância, devido a estes produtos encontrados e o acesso restrito a fábrica somente para funcionários, a hipótese de sabotagem externa também foi descartada, e conclui-se que o uso das substâncias era de conhecimento dos responsáveis pelo processo de produção da cervejaria Backer.

7 - Considerações finais:

A indústria cervejeira movimenta bilhões de reais todos os anos no Brasil e um mercado consolidado tanto no Brasil quanto no mundo, as cervejarias

artesanais são uma grande de tendência de negócio, pois os clientes estão cada vez mais exigentes e buscando sabores e produtos inovadores.

É muito importante para uma indústria seja de qual for a área de atuação e seu tamanho garantir a segurança e analisar os riscos presentes em cada etapa do processo de produção. O acidente envolvendo a cervejaria Backer poderia ser evitado se o produto utilizado como anticongelante não fosse prejudicial a saúde, como o próprio etanol, ou o propilenoglicol ou se a utilização do MEG e DEG fosse feita de maneira mais responsável, fazendo o monitoramento da quantidade utilizada e fazendo a manutenção preventiva nos tanques e serpentinas para a checagem de vazamentos e efetuar a troca destes aparelhos periodicamente para evitar a contaminação da cerveja produzida.

O trabalho apresentado buscou dar uma visão geral sobre o processo de produção de cerveja, assim como um pouco de sua história e fazer um estudo de caso sobre o caso de contaminação proveniente da cervejaria mineira Backer que teve muita repercussão na mídia, mas até a conclusão deste trabalho ainda não foi resolvido judicialmente.

8 - Referência Bibliográficas:

ABDALLA, M. **Apresentação clínica da intoxicação por dietilenoglicol.** Disponível em: <http://189.112.117.16/index.php/revista-medicina/article/view/446>. 2020

AGUIAR, N. **A Química da Cerveja**, Química e Sociedade. São Paulo, SP v.37 n. 2 p.98-105 Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_2/05-QS-155-12.pdf. 2014

ARAÚJO, F. **Perfil Sensorial E Composição Físico-Química De Cervejas Provenientes De Dois Segmentos Do Mercado Brasileiro.** Ciência e Tecnologia dos alimentos, Campinas, SP, vol.23 n. 2 p. 121-128. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cta/a/XqM3w86kgDy7MmbsfqHgfWy/?lang=pt&format=pdf>. 2003.

BALLENTINE, C. **Sulfanilamide Disaster**. Consumer magazine FDA. Disponível em: <https://www.fda.gov/about-fda/histories-product-regulation/sulfanilamide-disaster>. 1981

BAMFORTH, C. **Beers, health and nutrition**, [s .l] Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=eHArQOTf_WQC&oi=fnd&pg=PR7&dq=bamforth+beer+history&ots=R_Ot7_Rlt_&sig=wsgnXe8pLCuaWbbLNRUBSFNfpkw#v=onepage&q=bamforth%20beer%20history&f=false, 2008.

CALDEIRA et al. **Simultaneous quantification of ethylene glycol and diethylene glycol in beer by gas chromatography coupled to mass spectrometry**. Food Chemistry, Belo Horizonte, MG, 2021.

COLLINS, C. et. Al. **Introdução a Cromatografia**. 7 ed, Campinas, Editora da Unicamp, 1997. cap. 8 p. 143-145.

De PAULA, B. **Novas cepas de levedura geradas por hibridização interespecífica entre *Saccharomyces cerevisiae* de origem belga e *Saccharomyces kudriavzevii* e sua potencial aplicação na indústria cervejeira**, [s .l] Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/212884>. 2019.

DRAGONE, G. **Utilização de mostos concentrados na produção de cervejas pelo processo contínuo: novas tendências para o aumento da produtividade**, Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cta/a/SvCtQMKcsDpjnCgVmmjzt3h/?lang=pt&format=pdf>
. 2007.

HANS, H. **Validated gas chromatographic–mass spectrometric assay for determination of the antifreezes ethylene glycol and diethylene q glycol in human plasma after microwave-assisted pivalylation**, 2001 DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4347\(01\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4347(01)00022-6) Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378434701000226..>

MEGA, J. **Produção de cerveja no Brasil**, Revista CITINO vol.1 n.1 p. 34-42 outubro-dezembro 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Apurações administrativas sobre o caso de contaminação por monoetilenoglicol e dietilenoglicol da Cervejaria Backer**. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/ministerio-da-agricultura-identifica-contaminacao-da-agua-utilizada-pela-backer-na-producao-de-cervejas/ApresentaoEntrevistaColetivasobreCervejariaBacker.pdf>, 2020.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Relatório de ações Cervejaria Backer**. Brasília, DF Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2020/08/mapa-relatorio-ervejariabacker.pdf>, 2020.

MULLER, C. **O controle oficial de Fraudes em Cerveja no Brasil- Um estudo de caso**. Instituto de Química, [s. l] Universidade de Brasília. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/34125/1/2018_CarlosVitorM%c3%bciler.pdf. 2018.

NASCIMENTO, R. Cromatografia gasosa: **Aspectos teóricos e práticos**. Fortaleza, Ceará, Imprensa universitária Universidade Federal do Ceará. 2018 p.180-195.

POZZA, F. **Processo de produção de cerveja**. Revista Agroambiental p.145-155. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/articloe/view/224/220>. 2009

SANTOS, M. **Análise de risco em microcervejarias: um estudo de caso**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em engenharia química). Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de São Paulo, Diadema, SP. 2021

SILVA, P. **Avaliação da intensidade de amargor e do seu princípio ativo em cervejas de diferentes características e marcas comerciais**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, SP, vol. 28 n. 4 p. 902-906, 2008.

SKOOG et. al. **Fundamentos de Química Analítica**, 8 ed. EUA: Thomsom. 2005 cap. 31, pag. 900-915.

SOARES, L. **Determinação de Contaminantes em Bebidas Não-Alcoólicas Acondicionadas em Garrafas PET Pós-Consumo Recicladas (PET - PCR)**, 2011, Tese (Programa de Pós Graduação em Tecnologia de alimentos) , Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2011.

WACHEIKO, O.; SZPOT, P.; ZAWADZKI, M. **The application of headspace gas chromatographic method for the determination of ethyl alcohol in craft beers, wines and soft drinks**, 2021. DOI:

doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128924. Disponível em: Food Chemistry, 346, 128924 | [10.1016/j.foodchem.2020.128924](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128924).