

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Amanda Dias Bobba
Lucas Brandt Costa
Matheus da Silva Welp Sá

CONTAMINAÇÃO POR ETILENOGLICOL E DIETILENOGLICOL EM CERVEJA:
ESTUDO DE CASO EM CERVEJARIA BRASILEIRA

RIO DE JANEIRO, RJ
2023

Amanda Dias Bobba
Lucas Brandt Costa
Matheus da Silva Welp Sá

CONTAMINAÇÃO POR ETILENOGLICOL E DIETILENOGLICOL EM CERVEJA:
ESTUDO DE CASO EM CERVEJARIA BRASILEIRA

Projeto Final do curso de engenharia química como requisito parcial à obtenção do título de graduado em engenharia química da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Orientadora: Karen Signori Pereira

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Karen Signori Pereira
Orientadora - UFRJ

Prof. Dr. Carlos André Vaz Junior
Examinador interno - UFRJ

Prof^a. Ms. Aline Soares Freire
Examinadora interna - UFRJ

RESUMO

Este trabalho aborda a contaminação das cervejas produzidas pela cervejaria Backer com etilenoglicol (MEG) no final de 2019, uma substância tóxica que pode causar graves danos à saúde dos consumidores. O caso ganhou grande repercussão na mídia e gerou preocupação em relação à segurança de alimentos e à qualidade dos produtos oferecidos no mercado. Os objetivos do estudo foram compreender as propriedades físico-químicas e toxicidade do etilenoglicol e dietilenoglicol (DEG), como também o mercado do MEG. Além de analisar a contaminação das cervejas com MEG e DEG no processo de produção da cerveja e nos lotes contaminados através de métodos de caracterização dos contaminantes. Para isso, foram utilizadas técnicas de pesquisa bibliográfica, análise de normas regulatórias e estudos de casos relacionados. A partir da análise realizada, foi possível concluir que a presença de MEG e DEG nas cervejas da Backer poderiam ser evitadas tomando-se alguns cuidados durante o processo de fabricação da cerveja, o que evidencia a importância de medidas preventivas adequadas para garantir a segurança dos produtos e a proteção dos consumidores. Além disso, foi destacada a necessidade de regulamentação mais rigorosa sobre o uso de substâncias tóxicas na produção de bebidas alcoólicas, bem como o papel fundamental das agências reguladoras na fiscalização e monitoramento das empresas do setor. Outra conclusão importante é a ampla e adequada divulgação da campanha de *recall* na mídia, a fim de garantir ao consumidor o direito à informação e reduzir ou minimizar as chances de ocorrência de incidentes de consumo. Ademais, foi ressaltada a necessidade de estabelecer protocolos claros de resposta a emergências, para que qualquer problema possa ser identificado, isolado e tratado de forma rápida e eficiente.

Palavras-chave: Segurança. Fabricação de cerveja. Contaminação. Regulamentação.

ABSTRACT

This thesis addresses the contamination of beers produced by the Backer brewery with ethylene glycol (MEG) by the end of 2019, a toxic substance that can cause serious damage to the health of consumers. The case had great repercussions in the media and raised concerns about food safety and the quality of the products offered on the market. The objectives of the study were to understand the physicochemical properties and toxicity of ethylene glycol and diethylene glycol (DEG), as well as the MEG market. In addition to analyzing the contamination of beers with MEG and DEG in the beer production process and in contaminated batches through methods of characterization of contaminants. For this, bibliographic research techniques were used, analysis of regulatory norms and related case studies. From the analysis carried out, it was possible to conclude that the presence of MEG and DEG in Backer's beers could be avoided by taking some precautions during the brewing process, which highlights the importance of adequate preventive measures to guarantee the safety of the products and the protection of consumers. In addition, the need for stricter regulation on the use of toxic substances in the production of alcoholic beverages was highlighted, as well as the fundamental role of regulatory agencies in the inspection and monitoring of companies in the sector. Another important conclusion is the wide and adequate dissemination of the recall campaign in the media, in order to guarantee the consumer the right to information and reduce or minimize the chances of occurrence of consumption incidents. In addition, the need to establish clear emergency response protocols was highlighted so that any problem can be identified, isolated and dealt with quickly and efficiently.

Keywords: Security. Brewing. Contamination. Regulation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. ETILENOGLICOL	7
2.1. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	7
2.2. TOXICIDADE	10
2.3. PRODUÇÃO ETILENOGLICOL	11
2.4. APLICAÇÃO DO ETILENOGLICOL	13
3. DIETILENOGLICOL (DEG)	14
3.1. PROPRIEDADES FISICO-QUIMICA	14
3.2. TOXICIDADE	15
4. ETILENOGLICOL: APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS	16
4.1. APLICAÇÃO DO ETILENOGLICOL NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA	16
5. ASPECTOS ECONÔMICOS DO ETILENOGLICOL	16
5.1. MERCADO INTERNACIONAL	17
5.2. MERCADO NACIONAL	18
6. REGULAMENTAÇÃO DO USO DE ETILENOGLICOL E DIETILENOGLICOL NA PRODUÇÃO DE BEBIDAS NO BRASIL	19
6.1. DISTRITO FEDERAL	20
7. PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL	20
7.1. MÉTODO DE REFRIGERAÇÃO DA CERVEJARIA BACKER	23
8. CONTAMINAÇÃO DAS CERVEJAS COM MEG E DEG	24
8.1. MÉTODOS DE CARACTERIZAÇÃO DE MEG E DEG	26
8.1.1. Técnica aplicada nos lotes de cerveja	26
8.1.2. Técnica aplicada no tanque	27
9. AÇÕES E REGULAMENTAÇÕES NO CASO DE CONTAMINAÇÃO DE ALIMENTOS E BEBIDAS	27
9.1. RECOLHIMENTO E RECALL	29
9.1.1. Revisão da RDC N° 24, de 08 de junho de 2015	30
9.1.2. Arcabouço recall	30
9.2. RECALL DAS CERVEJAS BELORIZONTINA	31
10. RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
10.1. MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS	33
10.2. SENSORES DE NÍVEL DE RESERVATÓRIO	34
10.3. SUBSTITUIÇÃO DO ANTICONGELANTE	34
11. CONCLUSÃO	35
12. BIBLIOGRAFIA	36

1. INTRODUÇÃO

Na indústria alimentícia é requerido que todos os envolvidos no processo produtivo sejam capazes de fabricar um produto que possa atender as necessidades do consumidor e que estejam alinhados com as disposições legais. Aqui, entra o controle de qualidade que é o conjunto das atividades que visam garantir a qualidade dos produtos, buscando identificar defeitos em produtos reais produzidos de forma a observar todas as etapas do processo, desde a colheita até o produto final. Por conta disso, é um processo reativo que tem como objetivo identificar e corrigir os defeitos de produtos acabados. O principal objetivo do processo de qualidade alimentar é fazer com que a saúde do consumidor seja assegurada de modo que o mesmo não venha a contrair uma eventual enfermidade. Esse controle deve, imprescindivelmente, possuir uma alta eficácia, seguindo todas as leis que fazem a regulamentação da indústria alimentícia e de forma a observar a regularidade de todas as etapas dos processos produtivos para que seja possível o atendimento das exigências do mercado, sendo capaz de realizar a identificação e eliminação de fontes de problemas de qualidade para garantir que os requisitos do cliente sejam continuamente atendidos. (HUBBARD, 2003)

Em janeiro do ano de 2020, a carência de controle de qualidade da Indústria Backer levou ao mercado cervejas contendo etilenoglicol (MEG) e dietilenoglicol (DEG) (MAPA, 2020). Os dois contaminantes em questão podem ser nocivos a saúde, não podendo, portanto, fazer parte da composição da cerveja. As análises realizadas pelos Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária constataram a existência de 53 amostras com a presença de pelo menos um desses contaminantes nos lotes de fabricados entre julho de 2019 e janeiro de 2020. (MAPA, 2022)

Compreender a presença de MEG e DEG no produto final destinado aos consumidores é de suma importância. É necessário analisar o mercado desses produtos, suas aplicações, a escolha de sua utilização no processo de fabricação da cerveja, sua presença durante a produção e sua presença no produto final. Além disso, é essencial compreender as consequências de um produto contaminado por MEG e DEG na produção de alimentos, como sua toxicidade, bem como, observar as normas legislativas relacionadas à segurança do consumidor e considerar o *recall* das cervejas contaminadas.

2. ETILENOGLICOL

O etilenoglicol (MEG) é uma substância que faz parte do grupo dos dióis, sendo ele o mais simples e, por conta disso, possui diversas propriedades em decorrência de sua estrutura característica (constituído de duas hidroxilas em posições adjacentes ao longo da cadeia de hidrocarbonetos). (DYE, 2001)

Figura 1 - Molécula de etilenoglicol



Fonte: Pubchem (2023).

2.1. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

O MEG é um produto líquido, límpido, higroscópico, de baixa viscosidade, inodoro, incolor, possuindo um sabor doce transmitindo uma sensação de aquecimento na língua ao ingerir. É completamente miscível em diversos solventes polares (como, por exemplo, água, álcoois, éteres glicólicos e acetona) e baixa solubilidade em solventes apolares (como benzeno, tolueno, dicloroetano e clorofórmio). (YUE, 2012)

O MEG é um composto de difícil cristalização que, quando resfriado, forma uma massa apresentando uma alta viscosidade e, quando super resfriado, se solidifica gerando uma substância semelhante ao vidro. (REBSDAT, 2012)

A tabela 1 lista várias propriedades físicas e constantes do MEG. (DYE, 2001)

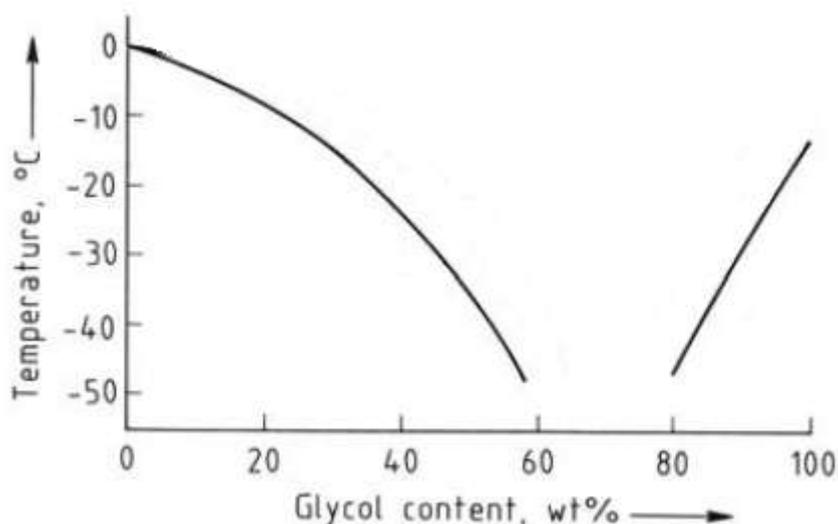
Tabela 1 - Propriedades do etilenoglicol

Propriedades	Etilenoglicol
Massa molecular (g/mol)	62,07
Ponto de ebulição (760 mmHg, °C)	197,6
Gravidade específica (20/20 °C)	1,1155
Densidade (kg/m³, 40°C)	1099
Coefficiente de expansão (20°C per °C)	0,00059
Ponto de inflamação (°C)	115
Ponto de congelamento (760 mmHg, °C)	-13,0
Índice de refração (20°C)	1,4318
Viscosidade (20°C, cp)	20,9
Pressão de vapor (mmHg 20°C)	0,06
Calor de vaporização (760 mmHg, cal/gm)	191
Condutividade térmica (cal/(sec)(cm²)(°C/cm), 60°C)	0,000620
Tensão superficial (dynes/cm, 20°C)	50,5
Calor específico (cal/gm/°C, 20°C)	0,561
Solubilidade em água	Completa

Fonte: DYE (2001).

O MEG tem sua generalização como anticongelante, ou seja, baseia-se em sua capacidade de realizar a redução do ponto de congelamento ao estar misturado com a água. Devido à existência de dois pontos eutéticos, os pontos de congelamento de misturas com mais de 30% em massa de glicol ficam abaixo dos pontos de congelamento de ambos os componentes puros. Na figura 2 é possível observar os pontos de congelamento da água e do etilenoglicol. (SEILER et al., 2017)

Figura 2 - Ponto de congelamento do etilenoglicol



Fonte: REBSDAT (2012).

Foram obtidos pontos de congelamento reduzidos através do aumento da concentração de etilenoglicol em uma solução aquosa, resultando em misturas com alta capacidade anticongelante. O valor mínimo de congelamento foi de -55 °C quando a porcentagem de etilenoglicol atingiu aproximadamente 70% (Tabela 2). É importante destacar que a porcentagem de etilenoglicol na solução aquosa determina tanto a capacidade de resfriamento quanto o coeficiente geral de transferência de calor, influenciando significativamente o desempenho térmico e dinâmico de fluidos refrigerantes e fluidos de transferência de calor.

Tabela 2 - Influência das proporções de EG na água

Fluídos	Ponto de congelamento (°C)	Capacidade de resfriamento (°C)	Taxa de transferência de calor (W ^b)
EG puro	-13	n/a	n/a
70%EG/água	-55	n/a	n/a
50%EG/água	-34	7,2	18,4
30%EG/água	-15	8,5	n/a
Água pura	0	9,8	17,5

Fonte: YUE (2012).

2.2. TOXICIDADE

O MEG é um componente que, caso seja ingerido, mesmo que seja numa quantidade reduzida, pode ser metabolizado pela álcool desidrogenase (ADH), gliceraldeído, ácido glicólico (GA) e ácido glioxílico. Esses metabólitos inibem a fosforilação oxidativa e a respiração celular, o metabolismo da glicose e da serotonina, a síntese de proteínas, a replicação do DNA e a formação do RNA ribossômico. (PORTER, 2011)

A toxicidade do MEG pode afetar diversos órgãos. A partir do estudo da The National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH (2021), é verificado que a toxicidade do etilenoglicol é categorizada em três grandes estágios sobrepostos de efeitos adversos à saúde: o estágio 1, que também pode ser chamado de estágio neurológico que dura de 30 minutos a 12 horas após a ingestão; o estágio 2 ou estágio cardiopulmonar, que ocorre após 12 a 24 horas após a ingestão do produto; e o estágio 3, conhecido como estágio renal, é verificado após 24 a 72 horas após a ingestão. A ingestão de álcool pode retardar significativamente os efeitos adversos à saúde. (MD, 2020)

- Estágio 1: Nível de consciência reduzido, euforia, tontura, dor de cabeça, Respostas reflexas diminuídas, convulsões, perda de consciência e coma;
- Estágio 2: Aumento da frequência cardíaca (taquicardia); ritmos cardíacos anormais ou desordenados (disritmia); aumento da pressão arterial (hipertensão); dano cardíaco, incluindo insuficiência cardíaca congestiva, resultando em acúmulo de líquido nos pulmões (edema pulmonar); falência de órgãos multissistêmicos; e morte.
- Estágio 3: Redução da excreção de urina; ausência de excreção de urina; e insuficiência renal aguda, causando acúmulo de substâncias químicas tóxicas e desequilíbrios químicos na corrente sanguínea.

Pela CETESB ([20--]), a classificação de perigo do MEG é:

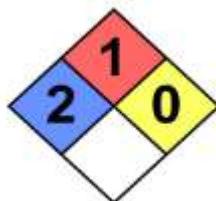
- Toxicidade aguda - Oral: Categoria 5;
- Corrosão/irritação à pele: Categoria 3;
- Lesões oculares graves/irritação ocular: Categoria 2B;
- Toxicidade à reprodução: Categoria 1B;
- Toxicidade para órgãos-alvo específicos - Exposição única: Categoria 1;

- Toxicidade para órgãos-alvo específicos - Exposição repetida: Categoria 1.

O diagrama NFPA (*National Fire Protection Association*) é um sistema de identificação de riscos utilizado para categorizar os perigos de materiais químicos. Ele consiste em um diamante dividido em quatro quadrantes, cada um com um número e uma cor específica, que representam diferentes aspectos de segurança. No caso do etilenoglicol o diagrama NFPA gerado pela CETESB ([20--]) pode ser utilizado para indicar os riscos associados ao material e este apresenta:

- Saúde: 2
- Inflamabilidade: 1
- Reatividade: 0
- Perigo especial: -

Figura 3 - Diagrama NFPA do etilenoglicol



Fonte: CETESB ([20--]).

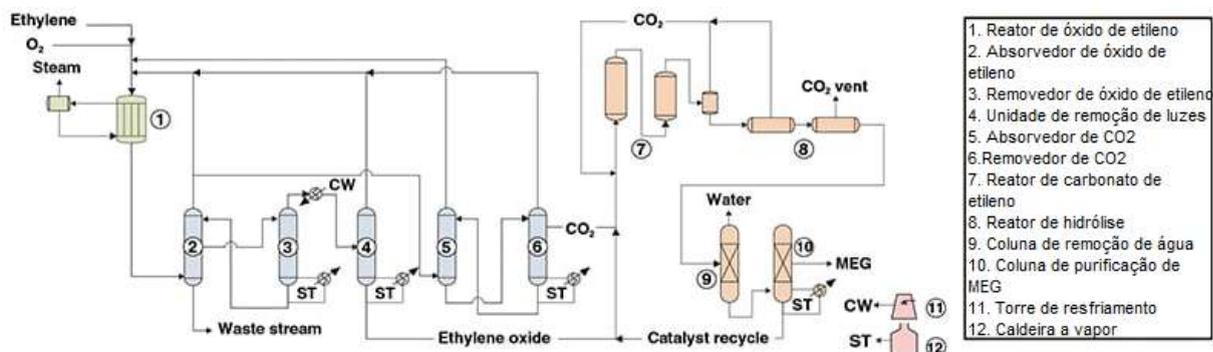
De acordo com pesquisadores da UFMG, a dose letal de etilenoglicol para humanos é de 786 miligramas por quilograma de peso corporal, enquanto que para o dietilenoglicol varia de 1,0 a 1,63 miligramas por quilograma de peso corporal. Em outras palavras, uma pessoa com 80 quilos precisaria ingerir 80 gramas de etilenoglicol para que a ingestão seja fatal. (ABNT, 2017)

2.3. PRODUÇÃO ETILENOGLICOL

Atualmente, a abordagem industrial para produzir MEG é a hidratação da oxidação do etileno. A hidratação do óxido de etileno é um processo térmico convencional para a produção industrial de etilenoglicol, estabelecido em 1937 pela Union Carbide Corporation para obter uma maior seletividade de MEG. Esse processo tem o etileno como principal matéria-prima. O etileno é transportado para a

unidade de produção de etilenoglicol e junto com oxigênio e o gás de lastro (metano ou nitrogênio), dão início ao processo de produção do MEG (Figura 4). (YUE, 2012)

Figura 4 - Produção de etilenoglicol (MEG)



Fonte: CHEMICAL ENGINEERING (2015).

Os três componentes entram no reator de oxidação e são misturados junto com o gás de reciclo, componente gasoso que é reciclado no processo industrial, pobre em CO₂. Essa reação exotérmica, conduzida em leitos fixos nos tubos do reator, ocorre na fase gasosa a partir de uma oxidação catalítica com a utilização de um catalisador de prata suportado em alumina. O vapor é gerado pelo calor da reação. Dentro do reator o etileno é convertido em óxido de etileno (EO). (KAKIMOTO et al., 2002)

A corrente de produto gasoso do reator contendo óxido de etileno é alimentada ao absorvedor de óxido de etileno e resfriada com água para recuperar a solução aquosa diluída de óxido de etileno e encaminhada para um decapante de óxido de etileno, onde o produto é concentrado. Para causar a decapagem do óxido de etileno, a solução aquosa é aquecida com vapor. Os produtos decapados são enviados para uma etapa de purificação onde o óxido de etileno é purificado e a porção do gás contendo etileno não reagido, dióxido de carbono, gerado como subproduto, e gases inertes (como nitrogênio, argônio, metano e etano) pode ser circulada para a etapa de oxidação de etileno. Parte do CO₂ também pode ser enviado para uma unidade de remoção de dióxido de carbono composta por um absorvedor e um decapante. Nesta unidade, o CO₂ é separado para ser utilizado na produção de carbonato de etileno. (CHEMICAL ENGINEERING, 2015)

O fluxo de EO resultante é direcionado para a etapa de hidratação. Em um reator de hidratação, o óxido de etileno reage com o CO₂ formando carbonato de

etileno, que é então hidrolisado para formar MEG e CO₂. A reação de hidratação não catalítica é dominante na indústria e geralmente ocorre em temperaturas elevadas. Um átomo de carbono no EO protonado (EOH⁺) pode ser atacado pela água para produzir MEG com a liberação de um próton. O EOH⁺ formado também pode ser atacado por um EO não protonado, resultando na criação de dietilenoglicol (DEG). Da mesma forma, trietilenoglicol (TEG) e etilenoglicóis polimerizados podem ser gerados como subprodutos. (NAN REN et al., 2009)

A fim de obter alta seletividade para MEG (por exemplo, 88-89%), uma grande quantidade de água em excesso (razão molar de água/EO de 20-25) deve ser usada. No entanto, uma proporção maior de água para EO reduz a concentração de MEG no meio, necessitando de uma etapa de purificação para remover o excesso de água. (DYE, 2001)

A solução aquosa contendo MEG, DEG, trietilenoglicol, tetraetilenoglicol e polietilenoglicol é purificada através de um evaporador múltiplo para que haja a evaporação da água. Em seguida, a solução desidratada em alto grau é posteriormente purificada sequencialmente em uma coluna de destilação de etilenoglicol, uma coluna de destilação de dietilenoglicol e uma coluna de destilação de trietilenoglicol para obter etilenoglicóis purificados. Assim, obtém-se o MEG e o catalisador é separado e reciclado para os reatores de carbonato de etileno. (KAKIMOTO et al., 2002)

2.4. APLICAÇÃO DO ETILENOGLICOL

O etilenoglicol é um dos principais produtos da indústria química; sua importância econômica está fundamentada em seus dois principais usos comerciais: anticongelante e produção de fibras (REBSDAT, 2012). Costuma ser aplicado em automóveis, fluido de degelo para pára-brisas e aeronaves, dessecante para produção de gás natural e na produção de poliéster (polietileno tereftalato [PET]), que posteriormente é utilizado para a produção de fibras, filmes, resinas de estado sólido e outros consumíveis. (S&P GLOBAL COMMODITY INSIGHTS, 2022)

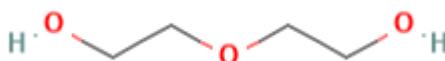
O etilenoglicol é um excelente solvente e tem sido utilizado em inúmeras aplicações, como umectantes para tabaco, meios de suspensão de sais condutores em capacitores eletrolíticos, estabilizadores de espuma de soja utilizada em extintores de incêndio e na fabricação de explosivos, plastificantes, elastômeros e

ceras sintéticas, separações para hidrocarbonetos aromáticos e parafínicos, detergentes para limpeza de equipamentos e tintas para canetas esferográficas. Além disso, o MEG pode ser usado como aglutinante para moldagem em areia de fundição e lubrificantes para moagem de vidro e cimento. (YUE, 2012)

3. DIETILENOGLICOL (DEG)

O dietilenoglicol (DEG) é comumente usado como solvente e ingrediente em vários produtos de consumo, preparações anticongelantes, produtos químicos automotivos (por exemplo, fluidos de freio) e em soluções de neblina artificial. O DEG é preparado comercialmente através do aquecimento de óxido de etileno, formando duas moléculas de etilenoglicol unidas por uma ligação éter. Além disso, o DEG, historicamente, tem sido associado a casos de envenenamentos em massa desde 1937. (MARRAFFA et al., 2008)

Figura 5 - Molécula de dietilenoglicol



Fonte: Pubchem (2023).

3.1. PROPRIEDADES FISICO-QUIMICA

O dietilenoglicol é um líquido incolor, higroscópico, não odorífero e com um sabor adocicado. Suas propriedades físicas o tornam um excelente solvente para produtos químicos e medicamentos insolúveis em água. A tabela 3 lista várias propriedades físicas e constantes do DEG. (SCHEP et al., 2009)

Tabela 3 - Propriedades do dietilenoglicol

Propriedades	Dietilenoglicol
Massa molecular (g/mol)	106,12
Ponto de ebulição (760 mmHg, °C)	245,0
Gravidade específica (20/20 °C)	1,1184
Densidade (kg/m³, 40°C)	1103
Coeficiente de expansão (20°C per °C)	0,00063
Ponto de inflamação (°C)	143
Ponto de congelamento (760 mmHg, °C)	-8,0
Índice de refração (20°C)	1,4472
Viscosidade (20°C, cp)	35,7
Pressão de vapor (mmHg 20°C)	<0,01
Calor de vaporização (760 mmHg, cal/gm)	83
Condutividade térmica (cal/(sec)(cm²)(°C/cm), 60°C)	0,000398
Tensão superficial (dynes/cm, 20°C)	47,0
Calor específico (cal/gm/°C, 20°C)	0,539
Solubilidade em água	Completa

Fonte: DYE (2001).

3.2. TOXICIDADE

O DEG é um poderoso veneno nefrotóxico e neurotóxico. A maioria das vítimas de envenenamento por DEG apresenta uma variedade de sinais e sintomas clínicos, dependendo da quantidade e duração da exposição. Durante o primeiro período de ingestão, os intoxicantes estimulam o desconforto gastrointestinal, que geralmente se inicia com náuseas, vômitos, diarreia, dor abdominal e sangramento. (ALKAHTANI, 2010)

Se não for feito tratamento rapidamente, pode ocorrer morte dentro de 8 a 24 horas. Nos casos em que as vítimas sobrevivem ao período inicial da intoxicação, podem vir a ter complicações como a insuficiência renal, além de apresentarem danos no fígado e no cérebro. O consumo de álcool ou até mesmo a exposição a

esse produto pode acarretar em um aumento desses efeitos tóxicos. Tem a toxicidade aguda oral de categoria 4 e a dose letal é cerca de 1.000 mg/kg p.c. (VERQUÍMICA, 2021)

4. ETILENOGLICOL: APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Uma das aplicações do MEG utilizada na indústria de alimentos e bebidas é em equipamentos de refrigeração, em sistemas que não possuem contato direto com os produtos. Ou seja, o MEG é utilizado em uma mistura com a água visando a redução do ponto de congelamento, permitindo que o líquido atinja temperaturas menores que 0°C, fazendo com que o calor seja removido de forma rápida e eficiente. O líquido “superfrio” é utilizado em processos de resfriamento, onde passa por tubulações (serpentina) dentro de tanques, não entrando nunca em contato direto com o produto. No caso da cerveja, o líquido a ser resfriado é a cerveja e o líquido frio (MEG e água) está separado por uma parede metálica que atua como uma barreira sólida de maneira que o produto principal e o fluido de resfriamento não tenham contato e, portanto, não se misturem. (MAKISHI et al., 2020)

4.1. APLICAÇÃO DO ETILENOGLICOL NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA

O etilenoglicol possui uma função de anticongelante na cervejaria Backer. O preparo é realizado com a adição do etilenoglicol adquirido comercialmente a um determinado volume de água a fim de se obter uma solução que possua concentração de aproximadamente 25 a 30% de glicol, de acordo com o MAPA (2020).

5. ASPECTOS ECONÔMICOS DO ETILENOGLICOL

O etilenoglicol é um dos principais produtos da indústria química. Sendo um produto expressivo no mercado internacional, possuindo um valor de mercado de 24 bilhões de dólares em 2021. Esse mercado compreende o monoetileno, dietileno e trietileno. Foram considerados para o valor de mercado produtos como anticongelantes, fibras de poliéster, filmes de poliéster e PET. Os principais países

que compreendem o mercado de etilenoglicol são: China, Índia, Arábia Saudita, Estados Unidos, Alemanha, França, Reino Unido, Espanha, Brasil, África do Sul, Japão e Canadá. (SKYQUEST, 2023)

A importância econômica do etilenoglicol está fundamentada em seus dois principais usos comerciais – como anticongelante e para a produção de fibras. Cerca de 50% do etilenoglicol produzido é usado em anticongelante, enquanto os outros 40% são destinados à indústria de fibras. Esse fator faz com que a oferta e demanda do etilenoglicol fique ligada, principalmente, ao desenvolvimento desses dois setores. (REBSDAT, 2012)

5.1. MERCADO INTERNACIONAL

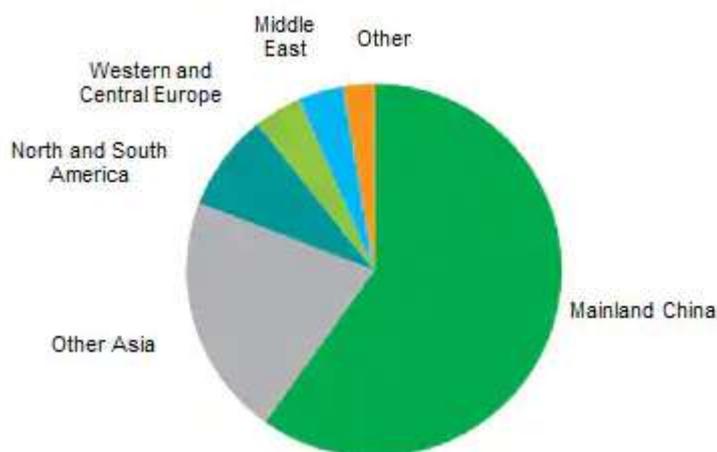
A distribuição dos produtores do MEG, DEG e similares variam intimamente de acordo com os principais produtores do óxido de etileno, já que este é uma matéria prima de extrema importância para a sua produção. Esse fator faz com que a maior parte das plantas de produção desse produto esteja localizada em locais próximos às fábricas que produzem o óxido de etileno. Fatores de facilitação de logística, situações de mercado e condições locais para produção são extremamente relevantes para o local em que o etilenoglicol será produzido, fator que impacta diretamente no mercado internacional. (REBSDAT, 2012)

O mercado asiático dominou a metade do mercado de etilenoglicol, em virtude do crescimento dos setores têxtil e automobilístico de países em desenvolvimento como China e Índia. O aumento do consumo de MEG e de similares, fez com que houvesse um aumento substancial na sua produção a partir de estratégias de desenvolvimento orgânico e inorgânico dos mesmos. O mercado americano detém o posto de segundo colocado quando se trata do mercado do etilenoglicol e esta alta demanda deve-se, principalmente, a setores de produtos embalados, tintas, produtos automotivos, em especial a expansão da resina PET. (SKYQUEST, 2023)

A Arábia Saudita também está entre os maiores produtores, especialmente por conta da sua grande produção de óxido de etileno. Para seu mercado interno, o óxido de etileno não possui uma grande importância comercial, então é utilizado para produzir etilenoglicol em virtude da maior facilidade no transporte deste, quando comparado ao óxido de etileno. (REBSDAT, 2012)

Ao observar o consumo mundial de glicóis, é possível constatar que o MEG é o produto com maior utilização do grupo dos glicóis, representando mais de 90% de todo mercado. Isso ocorre, principalmente, por conta do amplo uso do MEG para produção de poliéster (polietileno tereftalato ou PET) e também do seu uso em fibras, filmes, resinas sólidas e outros itens de consumo. O gráfico abaixo demonstra um panorama do consumo de MEG no mundo em 2021. (S&P GLOBAL, 2023)

Figura 6 - Consumo mundial de etilenoglicol em 2021



Fonte: S&P Global (2023).

Algumas das principais companhias que atuam no mercado de etilenoglicol no mundo são: Reliance Industries Ltd (Índia), Huntsman Corporation (EUA), SABIC (Arábia Saudita), BASF SE (Alemanha), Kuwait Petroleum Corporation (Kuwait), AkzoNobel (Holanda), Clariant (Suíça), Formosa Plastics Group (Taiwan), Exxon Mobil Corp. (EUA), Ineos Oxide (Ucrânia), Ultrapar Participações SA (Brasil), Lyondellbasell Industries (Holanda) e Honam Petrochemical Corporation (Coréia do Sul). (SKYQUEST, 2023)

5.2. MERCADO NACIONAL

O Brasil se apresenta numa posição de destaque na geração do óxido de etileno – matéria prima na confecção de etilenoglicol e derivados – quando comparado aos países da América Latina, sendo líder na região com 312.000 toneladas por ano. A maior parte dessa produção é destinada a reações com álcoois

(como metanol, etanol e butanol) e água, visando obter tanto monômeros e oligômeros do etilenoglicol quanto éteres mistos do etilenoglicol. (MARTINS, 2005)

6. REGULAMENTAÇÃO DO USO DE ETILENOGLICOL E DIETILENOGLICOL NA PRODUÇÃO DE BEBIDAS NO BRASIL

As atribuições regimentais que dizem respeito à atividade de produção de bebidas no geral são reguladas pelo MAPA. O procedimento de regularização perante o MAPA busca assegurar o adequado desempenho da fábrica, exigindo o registro do estabelecimento (documentos de comprovação e inspeção prévia das instalações e potenciais perigos) e efetuando a supervisão de acordo com critérios de risco determinados. Se o estabelecimento estiver em conformidade com tais procedimentos, é autorizado o uso de MEG e DEG. (MAPA, 2022)

Segundo o MAPA (2020), as substâncias MEG e DEG permitidas nas instalações e equipamentos no processo produtivo de cerveja não possuem escopo na legislação vigente. A princípio as Boas Práticas de Fabricação prevêm que sejam usados somente produtos que não possuam a possibilidade de comprometer a inocuidade da bebida.

Com a finalidade de elucidar a sociedade com uma resposta adequada que resguarde a segurança das bebidas que são produzidas por estabelecimentos possuidores de sistema de refrigeração com base de líquidos refrigerantes, a Coordenação Geral de Vinhos e Bebidas da Secretaria de Defesa Agropecuária do MAPA fez com que uma orientação de serviços de fiscalização fosse emitida para todas as unidades da federação. Assim, foi determinado que substâncias consideradas tóxicas não podem ser usadas como líquidos refrigerantes, caso exista uma potencial chance de contaminação. (MAPA, 2020)

Ademais, o MAPA enfatiza que a situação relacionada à contaminação por MEG e DEG nas cervejas da empresa Backer constitui um incidente único e não representa uma ameaça à segurança das demais cervejas produzidas no país, independentemente do tamanho dos estabelecimentos, conforme declarado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária. (MAPA 2022)

6.1. DISTRITO FEDERAL

A utilização do DEG na produção de cervejas no Distrito Federal é proibida em qualquer fase da produção de cerveja, tal determinação consta na Lei 6.943/2021 (Figura 7), publicada no Diário Oficial do Distrito Federal (DODF) no dia 14 de novembro de 2021. (Câmara Legislativa do Distrito Federal, 2021)

Figura 7 - Lei 6.943 publicada no Diário Oficial do Distrito Federal

LEI Nº 6.943 DE 13 DE SETEMBRO DE 2021
(Autoria do Projeto: Deputado Cláudio Abrantes)

Dispõe sobre a proibição do uso da substância dietilenoglicol em qualquer fase de produção de cervejas no Distrito Federal.

O GOVERNADOR DO DISTRITO FEDERAL, FAÇO SABER QUE A CÂMARA LEGISLATIVA DO DISTRITO FEDERAL DECRETA E EU SANCIONO A SEGUINTE LEI:

Art. 1º Fica proibida a utilização da substância dietilenoglicol em qualquer fase de produção de cervejas no Distrito Federal.

Art. 2º Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

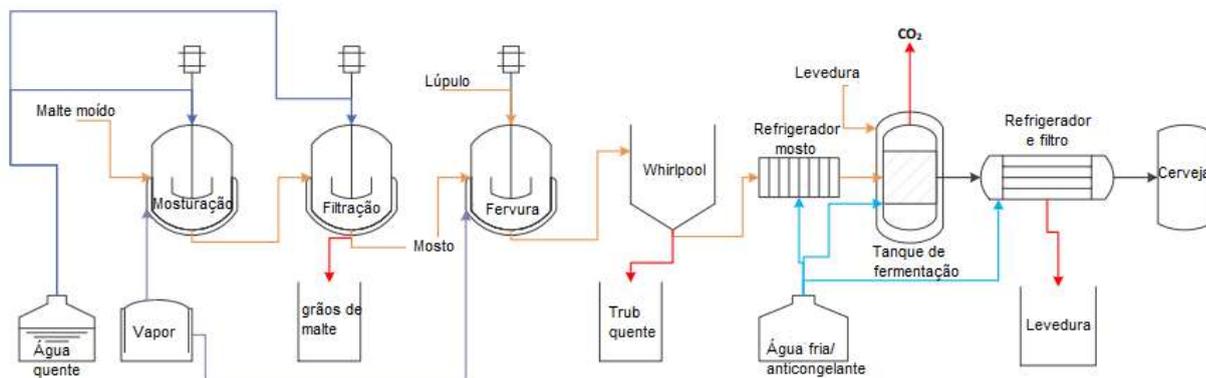
Brasília, 13 de setembro de 2021
132º da República e 62º de Brasília
IBANEIS ROCHA

Fonte: DIÁRIO OFICIAL DO DISTRITO FEDERAL (2021).

7. PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL

O primeiro passo no caminho para fabricação de cerveja (Figura 8) é a moagem dos grãos de malte. O malte moído é encaminhado para a etapa de mosturação, onde a mistura de grãos moídos e água quente converte o amido da cevada, trigo ou outros grãos em açúcar. Isso ocorre dentro de faixas de temperaturas selecionadas pelo produtor conforme manda o processo da fábrica, com isso as duas enzimas presentes cevada quebram o amido em açúcar. (KOCH; ALLYN, 2011)

Figura 8 - Processo industrial da cerveja artesanal



Fonte: ORTIZ *et al.* (2019).

Uma vez que as enzimas convertem a maior parte do amido em açúcar, o líquido é drenado em um processo chamado filtração; para auxiliar neste processo e eliminar o açúcar, é adicionada água quente. Ao final do processo realizado em um filtro, o líquido resultante, conhecido como mosto, é separado dos grãos sólidos obtendo-se um líquido claro. A parte insolúvel contendo o grão de malte de cevada ou BSG é retirado do processo e o mosto segue para a etapa de fervura. (BREW YOUR OWN, 2017)

O lúpulo, uma planta utilizada na fabricação da cerveja, é acrescentado ao mosto na etapa de fervura realizada em um tanque grande. A fervura do mosto higieniza o líquido e faz com que o lupulo libere os ácidos no produto, quanto mais tempo o lúpulo é fervido, mais amargor ele adiciona e, quanto mais tarde forem adicionados, mais sabor e aroma eles promovem. Esse produto segue para a etapa *whirlpool* onde ocorre a separação dos componentes insolúveis, ou seja, todas as partículas de malte e lúpulo são removidas. Logo em seguida, o produto passa por um trocador de calor onde é refrigerado o mais rápido possível para evitar a infecção por bactérias selvagens. (ORTIZ *et al.*, 2019)

Após o resfriamento do mosto fervido, as leveduras são adicionadas ao fermentador. O controle da temperatura e a realização de testes de densidade são fundamentais para obter uma fermentação bem-sucedida. A temperatura da fermentação é controlada de acordo com o estilo de cerveja desejado, pois diferentes leveduras são mais adaptadas em temperaturas específicas. Durante a fermentação, as leveduras se multiplicam e consomem os açúcares fermentáveis, produzindo álcool e dióxido de carbono como subprodutos. Esse processo é

conhecido como fermentação primária. Nesta etapa, as leveduras também produzem uma variedade de compostos, como ésteres e compostos fenólicos, que contribuem para os aromas e sabores característicos da cerveja que são garantidos pela temperatura do processo. Após a fermentação primária, algumas cervejas podem passar por uma etapa adicional chamada de maturação ou fermentação secundária. Nessa fase, as leveduras continuam a agir, realizando uma limpeza adicional e melhorando a clareza e a estabilidade da cerveja. Ao final da fermentação, as leveduras entram em repouso e sedimentam no fundo do fermentador. É importante realizar a transferência cuidadosa da cerveja para evitar a transferência desses sedimentos indesejados. (WHITE; ZAINASHEFF, 2010)

Nesse processo cervejeiro artesanal, não são realizadas etapas como filtração ou pasteurização, comuns em processos industriais, para preservar os sabores derivados dos ingredientes utilizados e da etapa de fermentação. Portanto, após a fermentação, a temperatura do mosto é reduzida por trocadores de calor e a levedura se deposita no fundo do fermentador. A levedura é separada do líquido e a cerveja é filtrada. Caso sua densidade apresente variação em relação à esperada, o produto pode passar pela etapa de blendagem no qual a densidade é ajustada utilizando um equipamento denominado *High Density Blend*, minimizando tempo e volume nos recipientes. Posteriormente, a cerveja é encaminhada para o processo de envase. (BAIANO, 2020)

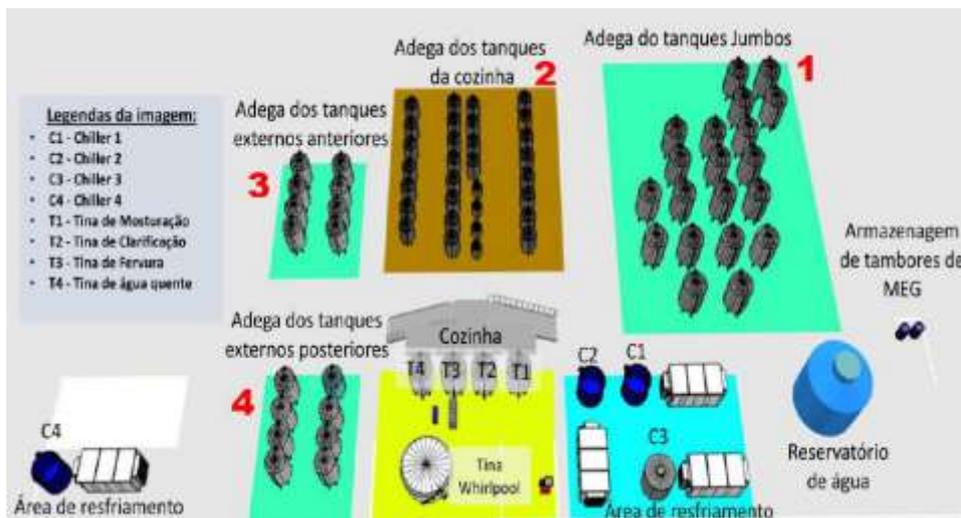
No processo de fabricação de cerveja artesanal, são gerados diferentes tipos de resíduos: o bagaço de malte, resultado da extração dos açúcares durante a mosturação e que pode ser aproveitado em outros processos da indústria de alimentos; o lúpulo usado, que é adicionado durante a fervura da cerveja para ajustar o amargor e aroma e após o uso é descartado; as leveduras que são geradas como resíduo após a fermentação e que possuem grande potencial de reaproveitamento, até mesmo no próprio processo de fabricação da cerveja; o *trub* formado pela coagulação de algumas proteínas durante o processo de fervura e resfriamento do mosto que é descartado; o CO₂ que é descartado no meio ambiente após tratamento; e a água utilizada durante o processo de fabricação de cerveja que pode ser tratada e reutilizada em outras etapas do processo ou em outras atividades dentro da cervejaria, minimizando o desperdício. (ORTIZ *et al.*, 2019)

7.1. MÉTODO DE REFRIGERAÇÃO DA CERVEJARIA BACKER

A parte de resfriamento do processo de cerveja da Backer envolve o uso de um sistema de refrigeração por MEG. Esse sistema é composto por um circuito fechado, onde a temperatura é controlada por meio da circulação do anticongelante. O líquido refrigerante circula através de tubulações (serpentinhas) de PVC, passando por bombas e válvulas, proporcionando o resfriamento adequado nos diferentes estágios do processo de fabricação da cerveja. Esse resfriamento é fundamental para controlar a temperatura durante a fermentação, maturação e armazenamento da cerveja, garantindo a qualidade e estabilidade do produto. (MAKISHI et al., 2020)

Na planta cervejeira da Backer, a área de resfriamento é composta por quatro sistemas, sendo representados pelos *chillers* que é um sistema de resfriamento de líquidos que consiste em um compressor, placas trocadoras de calor, unidade condensadora a ar e um controlador lógico programável. Existem quatro sistemas de frio na área de resfriamento da planta cervejeira da Backer, representados pelas unidades C1, C2, C3 e C4 (figura 9). Três unidades (C1, C2 e C4) resfriam a mistura de glicol/água na proporção de 1:3, que é utilizada para resfriar a cerveja durante a fermentação e maturação nos tanques. Enquanto uma unidade (C1) é responsável por resfriar a água utilizada no arrefecimento do mosto, através de dois trocadores de placas localizados na cozinha, a unidade C3 está localizada na mesma área das unidades C1 e C2, tem como objetivo fornecer água gelada de forma eficiente para resfriar rapidamente o mosto. Isso é necessário para garantir a qualidade do produto e a eficiência de todo o processo de produção de cerveja. O *chiller* C3 possui um sistema de duplo estágio com dois trocadores de calor em série, sendo o primeiro estágio com água fria e o segundo com água gelada. (MAPA, 2020)

Figura 9 - Representação gráfica: fábrica cervejeira



Fonte: MAPA (2020).

A eficiência do processo de resfriamento depende de fatores como o dimensionamento correto e limpeza adequada dos trocadores de calor (sem incrustações internas ou vazamentos), e a temperatura dos fluidos de arrefecimento. Além disso, é importante que as bombas de recalque estejam operando dentro das especificações de vazão e pressão. (KEKLIKCIOGLU; OZCEYHAN, 2022)

8. CONTAMINAÇÃO DAS CERVEJAS COM MEG E DEG

Entre 19 de dezembro de 2019 e 5 de janeiro de 2020, oito pessoas foram hospitalizadas no estado de Minas Gerais com sintomas graves de embriaguez. Os pacientes apresentavam problemas gastrointestinais, insuficiência renal aguda e alterações neurológicas. A causa desses sintomas era desconhecida inicialmente; investigações foram realizadas para identificar a origem desses casos, e várias hipóteses circulavam nas redes sociais. Após a averiguação, foi descoberto que todos os pacientes haviam consumido a cerveja Belorizontina, fabricada pela cervejaria, e foram encontrados vestígios de MEG e DEG no exame de sangue das vítimas. As suspeitas foram encaminhadas ao Ministério da Agricultura, que iniciou as investigações e que, no dia 7 de janeiro de 2020, realizou uma fiscalização nas dependências da cervejaria. Após coleta e análise de amostras de cerveja e matéria-prima, os resultados apresentados, três dias depois (em 10 de janeiro de 2020), acarretando o fechamento da Backer como medida de prevenção bem como

a ordem de um *recall* massivo de produtos devido a presença de DEG em sete lotes investigados. (DIAS, 2020)

De acordo com as análises conduzidas pelo Laboratório Federal de Defesa Agropecuária (LFDA/MG), ligado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, até fevereiro de 2020, foram identificados 53 lotes infectados por MEG e/ou DEG. O LFDA examinou mais de 700 amostras de produtos e matérias-primas coletadas na cervejaria Backer e no mercado, com o objetivo de indentificar ou não a contaminação. Os lotes afetados foram produzidos entre julho de 2019 e janeiro de 2020, e os rótulos das cervejas contaminadas incluem: Belorizontina, Capitão Senra, Backer Pilsen Export, Corleone, Capixaba, Três Lobos Pilsen, Layback D2 e Bravo (Figura 10). (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA, 2022)

Figura 10 - Lotes de cervejas Backer contaminados

Lotes de cerveja Backer contaminados			
Marca	Lote	Marca	Lote
Backer D2	L1 2007	Belorizontina	L2 838
Backer Pilsen	L1 1549	Belorizontina	L2 867
Backer Pilsen	L1 1585	Belorizontina	L2 899
Backer Pilsen	L1 1351	Belorizontina	L2 907
Backer Pilsen	827	Belorizontina	L2 943
Backer Pilsen	851	Belorizontina	L2 1004
Backer Pilsen	882	Belorizontina	L2 1058
Backer Pilsen	L1 1093	Belorizontina	L2 1081
Backer Trigo	1099	Belorizontina	L2 1215
Backer Trigo	L1 1598	Belorizontina	L2 1227
Belorizontina	L2 1197	Belorizontina	L1 1388
Belorizontina	L1 1348	Belorizontina	L2 1479
Belorizontina	L2 1455	Belorizontina	L2 856
Belorizontina	L2 1464	Brown	1316
Belorizontina	L2 1467	Capitão Senra	L2 1609
Belorizontina	L2 1521	Capitão Senra	L2 1571
Belorizontina	L2 1534	Capitão Senra	L2 1120
Belorizontina	L2 1547	Capixaba	L2 1348
Belorizontina	L2 1546	Corleone	1121
Belorizontina	L2 1487	Fargo 46	L1 4000
Belorizontina	L2 1552	Layback D2	L1 2005
Belorizontina	L2 1593	Pele Vermelha	L1 1448
Belorizontina	L2 1557	Pele Vermelha	L1 1345
Belorizontina	L2 1604	Pele Vermelha	1284
Belorizontina	L2 1474	Três Lobos Pilsen	L1 1180
Belorizontina	L2 1354	Três Lobos Pilsen	L1 1389
Belorizontina	L882		

Fonte: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (2022).

Segundo o MAPA (2020), ainda não foi possível determinar um motivo para a contaminação das cervejas por MEG e DEG. Algumas das hipóteses apresentadas envolvem:

- Problemas na cadeia de fornecimento de forma que a contaminação possa ter ocorrido em algum ponto da mesma como na compra do anticongelante utilizado;
- Contaminação cruzada, que pode ter ocorrido devido à presença de contaminantes em equipamentos, utensílios e/ou ambientes compartilhados com substâncias contaminadas;
- Presença de vazamentos em pontos de solda da cinta de resfriamento, como exemplo no tanque JB-10, que teve todos os seus sete lotes contaminados. Entretanto, os outros tanques que fabricaram lotes contaminados, também produziram lotes não contaminados, indo de encontro a essa hipótese.

8.1. MÉTODOS DE CARACTERIZAÇÃO DE MEG E DEG

Os métodos de caracterização do MEG e DEG são de extrema importância para identificar e quantificar a presença dessas substâncias na bebida. Esses métodos são cruciais para investigar a fonte da contaminação e avaliar os riscos à saúde dos consumidores. Isso garante a qualidade e segurança dos produtos, bem como avaliar as medidas necessárias, como o *recall* dos lotes contaminados. (MAPA, 2020)

8.1.1. Técnica aplicada nos lotes de cerveja

No caso da produção de cervejas contaminadas da Backer, foram realizados testes nos lotes de cerveja para detectar e caracterizar os compostos contaminantes, como o MEG e o DEG. Inicialmente, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento utilizou um método qualitativo para identificar a presença dos contaminantes e garantir a segurança dos consumidores. Posteriormente, com a validação do método quantitativo pelo Laboratório Federal de Defesa Agropecuária (LFDA) de Minas Gerais, foi possível obter a quantidade exata dos contaminantes nas amostras, o que resultou em alguns resultados discrepantes em relação ao método qualitativo. (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA, 2022)

Os testes foram conduzidos por meio de técnicas avançadas de análise, uma delas foi a cromatografia à gás acoplada à espectrometria de massa (GC-MS), uma técnica que permite uma identificação e quantificação precisa do MEG e DEG em amostras presentes com alta seletividade. Além de identificar os compostos, os métodos de caracterização fornecem informações sobre a concentração dos contaminante, permitindo uma avaliação adequada do grau de contaminação e dos possíveis riscos à saúde dos consumidores. (SPITZ; WEINBERGER, 1971)

8.1.2. Técnica aplicada no tanque

A fim de verificar se a contaminação estava distribuída de forma uniforme nos tanques de fermentação e maturação, realizou-se o teste de homogeneidade da presença de MEG e DEG nas cervejas contaminadas da Backer. Foram utilizados dois funis de decantação que representavam esses tanques, e alíquotas de cerveja não contaminada foram adicionadas juntamente com o fluido refrigerante contaminado. Os resultados do teste indicaram que não houve diferença significativa nas concentrações de MEG e DEG em diferentes partes dos funis, evidenciando a distribuição homogênea dos contaminantes em todo o líquido. (MAPA, 2020)

A distribuição homogênea dos glicóis MEG e DEG nas cervejas era esperada, uma vez que ambos possuem alta solubilidade em água, que é o componente principal da cerveja. Portanto, a contaminação estava presente em todo volume de cerveja e não era esperada a separação das fases, confirmando que a contaminação afetava todos os lotes da cerveja Belorizontina de forma consistente. (HAYDUK; MALIK, 1971)

9. AÇÕES E REGULAMENTAÇÕES NO CASO DE CONTAMINAÇÃO DE ALIMENTOS E BEBIDAS

A Resolução da Diretoria Colegiada RDC N°275/2002, pleiteada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estabelece as diretrizes e requisitos técnicos para o controle sanitário de alimentos. Essa resolução tem como função principal garantir a segurança e qualidade dos alimentos produzidos, comercializados e consumidos no Brasil. Seu objetivo, segundo a RDC N° 275/2002, é

“Estabelecer Procedimentos Operacionais Padronizados que contribuam para a garantia das condições higiênico sanitárias necessárias ao processamento/industrialização de alimentos, complementando as Boas Práticas de Fabricação.” (ANVISA, 2002)

A RDC N°275/2002 estabelece normas e critérios para boas práticas de fabricação, controle de qualidade, manipulação, armazenamento, transporte, entre outros aspectos relacionados à produção e comercialização de alimentos. Ela abrange uma ampla gama de requisitos, incluindo higiene pessoal dos manipuladores, controle de pragas, boas práticas de fabricação, rotulagem de alimentos, controle de temperatura, análise microbiológica, entre outros. Para efeito da resolução, considera-se:

“Procedimento Operacional Padronizado - POP: procedimento escrito de forma objetiva que estabelece instruções sequenciais para a realização de operações rotineiras e específicas na produção, armazenamento e transporte de alimentos. Este Procedimento pode apresentar outras nomenclaturas desde que obedeça ao conteúdo estabelecido nesta Resolução.

[...]

Manual de Boas Práticas de Fabricação: documento que descreve as operações realizadas pelo estabelecimento, incluindo, no mínimo, os requisitos sanitários dos edifícios, a manutenção e higienização das instalações, dos equipamentos e dos utensílios, o controle da água de abastecimento, o controle integrado de vetores e pragas urbanas, controle da higiene e saúde dos manipuladores e o controle e garantia de qualidade do produto final.” (ANVISA, 2002)

Conforme estabelecido pela RDC N°275/2002, dentro do Manual de Boas Práticas de Fabricação (BPF) inclui os Procedimentos Operacionais Padronizados (POP). O POP consiste em um roteiro, redigido por escrito, que visa regular uma prática ou situação específica, com o propósito de obter um resultado almejado. Esses procedimentos documentados têm como finalidade atender aos requisitos específicos das BPF (IFOPE, 2019). Segundo a RDC N°275/2002:

“Os estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos devem desenvolver, implementar e manter para cada item relacionado abaixo, Procedimentos Operacionais Padronizados - POPs.

- a) Higienização das instalações, equipamentos, móveis e utensílios.
- b) Controle da potabilidade da água.

- c) Higiene e saúde dos manipuladores.
- d) Manejo dos resíduos.
- e) Manutenção preventiva e calibração de equipamentos.
- f) Controle integrado de vetores e pragas urbanas.
- g) Seleção das matérias-primas, ingredientes e embalagens.
- h) Programa de recolhimento de alimentos.

Os POPs devem ser aprovados, datados e assinados pelo responsável técnico, responsável pela operação, responsável legal e ou proprietário do estabelecimento, firmando o compromisso de implementação, monitoramento, avaliação, registro e manutenção dos mesmos. “ (ANVISA, 2002)

Se aprofundando no POP de Programa de Recolhimento de Alimentos, o programa de *recall* será registrado por meio de procedimentos operacionais, os quais estabelecerão as condições que exigem o recolhimento dos alimentos de maneira rápida e eficaz. Além disso, serão definidos os procedimentos de segregação dos produtos recolhidos e seu destino final, assim como a identificação dos responsáveis pela execução dessa atividade. (IFOPE, 2019)

9.1. RECOLHIMENTO E RECALL

Os termos "recolhimento" e "*recall*" são frequentemente usados como sinônimos. Tanto o recolhimento quanto o *recall* podem ser determinados pela ANVISA ou podem ser realizados voluntariamente pelo fabricante ao identificar qualquer problema na cadeia produtiva. O recolhimento trata-se da retirada gratuita de um produto não conforme do mercado sem que o consumidor final seja envolvido. Por outro lado, o *recall* abrange a remoção gratuita de um produto não conforme tanto da rede de distribuição quanto da posse do consumidor final; assim, o processo de *recall* necessita de uma comunicação direta com o cliente ou da comunicação de forma pública em situações que possam representar sérios danos à saúde do mesmo, exigindo uma divulgação em larga escala para informar a população. (IFOPE, 2019)

A resolução em vigor na época do caso Backer, a resolução da diretoria colegiada (RDC) N° 24, de 08 de junho de 2015, emitida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), diz a respeito do recolhimento de alimentos, bem

como a comunicação aos consumidores e a própria agência. A resolução estabelece os procedimentos para o recolhimento e o *recall* de produtos sujeitos à vigilância sanitária e tem como objetivo garantir a segurança dos consumidores e a integridade dos produtos no mercado, em caso de identificação de riscos à saúde ou segurança. Também estabelece as responsabilidades dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes na execução de ações de recolhimento e *recall* de produtos. Ela define os critérios para a classificação dos riscos, a forma de comunicação dos riscos às autoridades sanitárias, aos profissionais de saúde e aos consumidores, além das medidas a serem adotadas para a retirada do produto do mercado. (ANVISA, 2015)

9.1.1. Revisão da RDC N° 24, de 08 de junho de 2015

A edição de um novo ato normativo que possui adequação técnica legislativa e ajustes pontuais visando que haja a atualização da prática do processo eletrônico implantado pela ANVISA foi o resultado da RDC 24/2015. Por conta disso, houve a criação da Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) N° 655, de 30 de março de 2022, com a tratativa a despeito do recolhimento de alimentos e sua comunicação aos consumidores e à ANVISA, assunto que anteriormente estava previsto na Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) N° 24, de 8 de junho de 2015. Portanto, a partir de março de 2022, para que haja o recolhimento de alimentos, é necessário um cadastramento da empresa no sistema da ANVISA, conforme está previsto no parágrafo único do art. 21 da RDC 655/2021. Além disso, não houve alteração de mérito da norma. (ANVISA, 2022).

9.1.2. Arcabouço recall

Foi lançado pelo Ministério da Justiça o Guia Prático de *Recall* do Fornecedor, uma publicação que tem como objetivo fornecer orientações às empresas e esclarecer aos consumidores sobre as etapas e a importância do *recall* de produtos danificados. (MURADI, 2014)

Levando em consideração que o objetivo primordial do *recall* é salvaguardar a coletividade contra perigos à saúde e à segurança decorrentes de falhas, um dos aspectos mais relevantes é a ampla e adequada divulgação da campanha na mídia,

a fim de garantir o direito à informação, bem como reduzir ou minimizar as chances de ocorrência de incidentes de consumo, por meio da disseminação de medidas preventivas e corretivas a serem adotadas pela parte lesada. Os propósitos do *recall* devem, adicionalmente, abranger a notificação dos acontecimentos à cadeia de fornecedores, clientes e consumidores, bem como às autoridades competentes, acerca da natureza e das características do risco, e apresentar de maneira clara as medidas para sua diminuição; segregação do produto com o intuito de prevenir a distribuição ou venda de unidades afetadas; correção do defeito ou destruição dos produtos afetados a fim de garantir que não retornem ao mercado. (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2015)

Essas determinações foram previstas na Portaria N° 618, de 1° de julho de 2019, emitida pelo Ministério da Justiça (MJ), essa portaria estabelece diretrizes e requisitos para que fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes possam comunicar de maneira eficiente e adequada sobre possíveis riscos ou danos que seus produtos ou serviços possam apresentar após terem sido disponibilizados no mercado. O objetivo é garantir que os consumidores sejam informados de forma clara e precisa sobre qualquer nocividade ou periculosidade associada aos produtos ou serviços adquiridos:

“Disciplina o procedimento de comunicação da nocividade ou periculosidade de produtos e serviços após sua colocação no mercado de consumo, previsto nos parágrafos 1° e 2° do art. 10 da Lei n° 8.078, de 11 de setembro de 1990.” (BRASIL, 2019)

9.2. RECALL DAS CERVEJAS BELORIZONTINA

O primeiro *recall* de cerveja realizado pelo MAPA foi o *recall* da Backer. Este ordenou o recolhimento de todos os produtos da cervejaria produzidos desde outubro de 2019. Essa medida abrange não só todos os rótulos de cerveja, mas também de *chopes* que tenham sido fabricados entre outubro de 2019 até janeiro de 2020. Ademais, o MAPA efetuou o fechamento cautelar da Unidade Três Lobos da Cervejaria Backer, localizada em Belo Horizonte (MG), bem como a apreensão de 8.480 litros de chope e de 139 mil litros de cerveja engarrafada. Os equipamentos e tanques de produção precisaram ser lacrados. (G1 MINAS, 2020)

Assim, a Cervejaria Backer anunciou o *recall* de 82 lotes de cerveja com risco de contaminação. Os lotes a serem recolhidos são das marcas: Capitão Senra, Pele Vermelha, Fargo 46, Backer Pilsen, Brown, Backer D2, Capixaba e Belorizontina. Entretanto, a SENACON (Secretaria Nacional do Consumidor) expressou críticas à cervejaria por ter iniciado sua campanha de *recall* somente após ter recebido uma notificação, em vez de agir prontamente ao tomar conhecimento do problema, como é exigido pela lei. (AGÊNCIA BRASIL, 2020)

Dado o processo de *recall*, a comunicação da empresa foi realizada através de seu perfil nas redes sociais (Figura 11) e reportagens na televisão e jornais. (ESTADO DE MINAS GERAIS, 2020)

Figura 11 - Comunicado da cervejaria Backer no Instagram



Fonte: ESTADO DE MINAS GERAIS (2020).

Foram realizados procedimentos de análise das cervejas da cervejaria Backer para averiguar a respeito de possíveis teores de contaminação em amostras coletadas. O Centro de Inovação e Tecnologia (CIT), do Senai, realizou o processo a partir de uma técnica analítica conhecida como cromatografia à gás, previamente mencionada. (DIAS, 2020)

Após 10 meses do *recall* dos produtos, a empresa não atendeu as exigências feitas pelo MAPA a garantir a segurança dos produtos. Dessa forma, a padronização, envase, produção ou qualquer outra forma de manipulação de bebidas foi proibida na cervejaria Backer. (ESTADO DE MINAS GERAIS, 2020)

Mesmo após um ano das mortes por intoxicação, a cervejaria Backer não recolheu as bebidas contaminadas. (EVANGELISTA, 2021)

10. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A contaminação das cervejas da cervejaria Backer serviu como um lembrete contundente da importância de implementar ações efetivas para evitar incidentes semelhantes. Foi um evento que destacou a necessidade crucial de garantir a segurança dos produtos e a proteção dos consumidores. Através de medidas preventivas adequadas, como a implementação de sistemas de controle de qualidade rigorosos, análise regular de matérias-primas, monitoramento contínuo dos processos de produção e adoção de boas práticas de higiene, é possível minimizar os riscos de contaminação. Além disso, é essencial estabelecer protocolos claros de resposta a emergências, para que qualquer problema possa ser identificado, isolado e tratado de forma rápida e eficiente.

10.1. MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

A manutenção preventiva de equipamentos industriais é um conjunto de ações realizadas com o objetivo de evitar falhas e minimizar o tempo de parada não planejada dos equipamentos. Essa prática é fundamental para garantir a operacionalidade, segurança e prolongar a vida útil dos equipamentos utilizados nas indústrias. Para que isso ocorra, algumas estratégias podem ser utilizadas como estratégias preventivas que detectam componentes delicados e programa substituições em intervalos pré definidos, buscando um compromisso que reduza ao mínimo a soma dos gastos com os componentes e os custos decorrentes de possíveis situações de emergência ao longo da vida útil do equipamento. (SELLITTO, 2005)

Também estratégias preditivas podem detectar o início da falha ou quebra do equipamento e devem ser adotadas na fase de maturidade, quando ainda não se

sabe quando se iniciará o período de desgaste pode auxiliar na predição do momento da ruptura. Um método estudado para a manutenção preventiva se baseia na integração de dispositivos com software, e contém um procedimento para traduzir diferentes linguagens de equipamentos industriais em protocolos *web*, criando assim uma maneira de implementar de forma eficiente a manutenção preventiva em sistemas industriais. (PARPALA; IACOB, 2017)

10.2. SENSORES DE NÍVEL DE RESERVATÓRIO

Os sensores de nível medem ou detectam a presença de líquido mantido em reservatórios. Existe uma ampla gama de tecnologias disponíveis para medir o nível de substâncias em um tanque, cada um baseado em diferentes princípios da Física. O nível de um tanque é uma variável imprescindível para a operação do processo e também para fins de cálculos de inventário, custo e avaliação do volume de materiais estocados nos tanques. A medida do nível do reservatório também preza a segurança da fábrica. (BOJORGE, 2017)

10.3. SUBSTITUIÇÃO DO ANTICONGELANTE

Existem diferentes tipos de substâncias utilizadas como agentes anticongelantes, incluindo metanol, etanol, etilenoglicol, propilenoglicol e glicerol. O metanol e o etanol são substâncias voláteis que podem apresentar problemas relacionados à combustão, porém o etanol tem o benefício de não afetar negativamente a saúde do consumidor. Por outro lado, os álcoois glicóis, como o etilenoglicol e o propilenoglicol, juntamente com o glicerol, são substâncias não voláteis que desempenham o mesmo papel. (MEDEIROS, 2012)

É importante destacar que muitas cervejarias artesanais optam pelo uso de álcool etílico, ou seja, o etanol puro, como agente anticongelante, pois é uma substância segura e não oferece riscos de contaminação quando em contato com a cerveja, conforme mencionado pelo presidente da Associação Brasileira de Cerveja Artesanal (ABRACERVA) (AGÊNCIA BRASIL, 2020). Após dois anos do incidente, no ano de 2022, a fabricante de cerveja realizou a troca do agente anticongelante, substituindo o etilenoglicol por uma solução hidroalcoólica, ou seja, uma mistura que

combina água e álcool, a fim de atender às demandas técnicas necessárias. (ESTADÃO CONTEÚDO, 2022)

11. CONCLUSÃO

Com base no estudo realizado sobre a contaminação das cervejas da Backer com DEG, é possível concluir que a segurança alimentar dos consumidores é um tema de extrema importância e que deve ser tratado com seriedade pelas empresas do setor alimentício. O caso da cervejaria Backer evidenciou a necessidade de medidas preventivas adequadas para garantir a qualidade e segurança dos produtos, bem como a importância da regulamentação mais rigorosa sobre o uso de substâncias tóxicas na produção de bebidas alcoólicas.

Esse projeto teve como objetivo analisar as causas e consequências da contaminação das cervejas da cervejaria Backer com MEG e DEG, bem como propor medidas preventivas para evitar casos semelhantes no futuro. Além disso, o estudo destacou a necessidade de regulamentação mais rigorosa sobre o uso de substâncias tóxicas na produção de bebidas alcoólicas, bem como o papel fundamental das agências reguladoras na fiscalização e monitoramento das empresas do setor.

Foi sugerida uma hipótese alternativa à utilização do DEG na produção de bebidas alcoólicas: o uso do álcool etílico ou outras substâncias menos tóxicas e mais seguras. Assim como a adoção de controles de qualidade que venham a reduzir o risco exposto pelo uso de MEG na produção de cerveja.

Em suma, o projeto final do curso apresentou contribuições relevantes para a compreensão do caso Backer e para a segurança alimentar dos consumidores. Os resultados obtidos reforçam a importância da adoção de medidas preventivas adequadas, da regulamentação mais rigorosa sobre o uso de substâncias tóxicas na produção de bebidas alcoólicas e do papel fundamental das agências reguladoras na fiscalização e monitoramento das empresas do setor.

12. BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA BRASIL (Brasil). **Abracerva diz que é raro cervejarias utilizarem dietilenoglicol.** Hoje em Dia. [S.l.]. 10 janeiro 2020.

AGÊNCIA BRASIL (Brasil). **Ministério da Justiça aponta falha em 'recall' e instaura processo contra cervejaria Backer.** Estado de Minas. [S.l.]. 06 fev. 2020. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/02/06/interna_gerais,1119945/ministerio-justica-aponta-falha-em-recall-processo-contr-backer.shtml. Acesso em: 16 maio 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **RDC N°24:** Resolução RDC nº 24, de 8 de junho de 2015. Brasil: Diário Oficial da União, 2015. Disponível em: http://www.saude.pi.gov.br/uploads/divisa_document/file/261/RDC_24_2015.pdf. Acesso em: 15 maio 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **RDC N°275:** Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. Brasil: Diário Oficial da União, 2002. Disponível em: https://www.gov.br/servidor/pt-br/siass/centrais_conteudo/manuais/resolucao-rdc-ANVISA-n-275-de-21-de-outubro-de-2002.pdf/view. Acesso em: 15 maio 2023.

ALKAHTANI, Saad. **Epidemics of acute renal failure in children (diethylene glycol toxicity).** Derby, UK: Academic Division Of Child Health, 2010.

ANVISA. **RDC 655/2022.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ANVISA/pt-br/assuntos/noticias-ANVISA/2022/rdc-655-2022>. Acesso em: 16 maio 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ETILENOGLICOL EMPLURA 14725-4:2014:** Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos. São Paulo. SP: Merck, 2017.

BAIANO, Antonietta. **Craft beer: An overview.** Foggia, Italia: Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety, 2020.

BOJORGE, Ninoska. **Sistemas de Medição de Nível**. São Paulo. Sp: Departamento de Engenharia Química e de Petróleo – Uff, 2017. 36 slides, color.

BRASIL. Portaria nº 487, de 15 de março de 2012. Brasil: Imprensa Nacional, 16 mar. 2012. Disponível em: https://dspace.mj.gov.br/bitstream/1/792/1/PRT_GM_2012_487.pdf. Acesso em: 15 maio 2023.

BRASIL. Portaria nº 618, de 01 de julho de 2019. Brasil: Imprensa Nacional, 02 jul. 2019. Disponível em: https://dspace.mj.gov.br/bitstream/1/793/1/PRT_GM_2019_618.pdf. Acesso em: 15 maio 2023.

BREW YOUR OWN. **The Brew Your Own Big Book of Homebrewing**: all-grain and extract brewing * kegging * 50+ craft beer recipes * tips and tricks from the pros. Mineápolis, EUA: Quarto Publishing Group, 2017.

CÂMARA LEGISLATIVA. **[AGORA É LEI] PROIBIDO O USO DO DIETILENOGLICOL NA PRODUÇÃO DE CERVEJAS NO DF**. DF, Brasília: Câmara Legislativa Distrito Federal, 2021. Disponível em: [https://www.cl.df.gov.br/-/proibido-o-uso-do-dietilenoglicol-na-produ-c3-a7-c3-a3o-de-cervejas-no-df#:~:text=A%20subst%C3%A2ncia%20dietilenoglicol%20est%C3%A1%20proibida,ter%C3%A7a%2Dfeira%20\(14\)](https://www.cl.df.gov.br/-/proibido-o-uso-do-dietilenoglicol-na-produ-c3-a7-c3-a3o-de-cervejas-no-df#:~:text=A%20subst%C3%A2ncia%20dietilenoglicol%20est%C3%A1%20proibida,ter%C3%A7a%2Dfeira%20(14)). Acesso em: 12 janeiro 2023.

CHEMICAL ENGINEERING. **Ethylene Glycol Production**. [S.I.], 2015. Disponível em: https://www.chemengonline.com/ethylene-glycol-production/?print_mode=1. Acesso em: 05 maio 2023.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **ETILENOGLICOL 107-21-1**: Ficha de Resposta a Emergência Química. [S.I.]: Cetesb, [20--]. Disponível em: <https://produtosquimicos.cetesb.sp.gov.br/ficha/produto/67>. Acesso em: 05 maio 2023.

DIAS, Murilo. **Fatality, Malpractice, or Sabotage? Case on Craft Beer Poisoning in Minas Gerais, Brazil**. [S.I.]: EAS Publisher, 2020.

DIAS, Roger. Cervejas vão passar por análise técnica em Minas. **Estado de Minas**. [S.I.]. 17 jun. 2020. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/06/17/interna_gerais,1157609/cervejas-vaopassarporanalise-tecnica-em-minas.shtml. Acesso em: 15 maio 2023.

DIÁRIO OFICIAL DO DISTRITO FEDERAL. Lei nº 6.943, de 13 de setembro de 2021. 173. ed. DF, Brasília: Diário Oficial do Distrito Federal, 14 jul. 2021.

DYE, R.F. **Ethylene Glycols Technology**. Sugar Land, Usa: Korean J. Chem. Eng, 2001.

ESTADÃO CONTEÚDO (Brasil). **Backer vai retomar produção 2 anos após mortes por intoxicação com cerveja**. Pequenas Empresas & Grandes Negócios. [S.I.]. 11 abr. 2022. Disponível em: <https://revistapegn.globo.com/Banco-de-ideias/Alimentacao/noticia/2022/04/pegn-backer-vai-retomar-producao-2-anos-apos-mortes-por-intoxicacao-com-cerveja.html>. Acesso em: 20 maio 2023.

ESTADO DE MINAS GERAIS (Brasil). **Backer confirma recall de 82 lotes de cervejas e disponibiliza telefone para coleta com clientes**. Estado de Minas. [S.I.]. 22 jan. 2020. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/01/22/interna_gerais,1116158/backer-confirma-recall-de-82-lotes-de-cervejas-e-disponibiliza-telefon.shtml. Acesso em: 16 maio 2023.

ESTADO DE MINAS GERAIS. **Ministério da Agricultura esclarece que Cervejaria Backer continua interditada**. **O Tempo**. [S.I.]. 20 out. 2020. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/nacional/2020/10/20/interna_nacional,1196224/ministerio-da-agricultura-esclarece-que-cervejaria-backer-continua-int.shtml. Acesso em: 15 maio 2023.

EVANGELISTA, Renata. Um ano após mortes por intoxicação, Backer não recolheu bebidas contaminadas. **O Tempo**. [S.I.]. 19 abr. 2021. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/cidades/um-ano-apos-mortes-por-intoxicacao-backer-nao-recolheu-bebidas-contaminadas-1.2457836>. Acesso em: 17 maio 2023.

G1 MINAS (Brasil). **Recall da Backer é o primeiro de cerveja já feito pelo Ministério da Agricultura. Globo.** Belo Horizonte, MG. 14 jan. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2020/01/14/recall-da-backer-e-o-primeiro-de-cerveja-ja-feito-pelo-ministerio-da-agricultura.ghtml>. Acesso em: 16 maio 2023.

HUBBARD, Merton R. **Statistical Quality Control for the Food Industry.** 3. ed. [S.I.]: Springer, 2003.

IFOPE. **RDC 275/2002 da ANVISA – em resumo e simplificada.** 2019. Disponível em: <https://blog.ifopecom.br/rdc-275/>. Acesso em: 15 maio 2023.

IFOPE. **Recolhimento e recall: quando e como proceder nas indústrias de alimentos.** 2019. Disponível em: <https://blog.ifopecom.br/recolhimento-e-recall/>. Acesso em: 16 maio 2023.

KAKIMOTO, Yukihiro et al. **Method for production of ethylene glycol.** . US n. US6417411B2. Depósito: 27 abr. 2001. Concessão: 09 jul. 2002.

KEKLIKCIOGLU, Orhan; OZCEYHAN, Veysel. **Heat transfer augmentation in a tube with conical wire coils using a mixture of ethylene glycol/water as a fluid.** Turquia: Elsevier, 2022.

KOCH, Greg; ALLYN, Matt. **The Brewer's Apprentice.** Massachusetts, EUA: Quarry Books, 2011.

LETH, Peter Mygind. **Ethylene glycol poisoning.** Odense, Dinamarca: Elsevier, 2005.

LIMA, Déborah. Caso Backer: morre a 10ª vítima por intoxicação após consumo da cerveja. **Estado de Minas.** [S.I.]. 18 jul. 2020. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/07/18/interna_gerais,1168108/caso-backer-morre-a-10-vitima-por-intoxicacao-apos-consumo-cerveja.shtml. Acesso em: 18 maio 2023.

MAKISHI, Fausto *et al.* **NOTA TÉCNICA DE ESCLARECIMENTO**: utilização do dietilenoglicol na indústria de bebidas. Monte Carlos, MG: Ufmg, 2020.

MALAGUTTI, Cíntia. **Já incluiu a Portaria 618/19 do MJ no seu procedimento de recolhimento de alimentos?** 2019. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/ja-incluiu-portaria-618-19-do-mj-no-seu-procedimento-de-recolhimento-de-alimentos/>. Acesso em: 15 maio 2023.

MAPA. **RELATÓRIO DE AÇÕES: CERVEJARIA BACKER**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2020. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2020/08/mapa-relatorio-ervejariabacker.pdf>. Acesso em: 18 maio 2023.

MARRAFFA, J. M. *et al.* **DIETHYLENE GLYCOL: WIDELY USED SOLVENT PRESENTS SERIOUS POISONING POTENTIAL**. USA: Elsevier, 2008.

MARTINS, L.; CARDOSO. D. **Produção de etileno glicóis e derivados por reações catalíticas do óxido de eteno**. [S.I.]: Revista Química Nova, v. 28, n. 2, 2005.

MD, Diany Yu. **Case Studies in Environmental Medicine (CSEM)**: ethylene glycol and propylene glycol toxicity. 2020. 124 f. Tese (Doutorado) - Curso de Medicina, Agency For Toxic Substances And Disease Registry, Atlanta, GA, EUA, 2020.

MEDEIROS, Pedro. **Desenvolvimento e caracterização de soluções ternárias água-glicerol-propilenoglicol como fluido refrigerante secundário**. 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rn, 2012.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **ANUÁRIO DA CERVEJA 2020**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/com-crescimento-de-14-4-em-2020-numero-de-ervejarias-registradas-no-brasil-passa-de-1-3-mil/anuariocerveja2.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Análises do MAPA apontam contaminantes em cervejas da Backer produzidas desde janeiro de 2019. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/analises-do-MAPA-apontam-presenca-de-contaminantes-em-cervejas-da-backer-produzidas-desde-janeiro-de-2019>. Acesso em: 16 abr. 2023.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **RETIFICAÇÃO: Análises mostram a contaminação de 53 lotes de cervejas da Backer.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/retificacao-analises-mostram-a-contaminacao-de-53-lotes-de-cervejas-da-backer>. Acesso em: 16 abr. 2023.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA (Brasil). **Recall - Guia do Fornecedor.** 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/seus-direitos/consumidor/saude-e-seguranca/anexos/recall-guia-pratico-do-fornecedor.pdf/view>. Acesso em: 16 maio 2023.

MURADI, Laura. **Ministério da Justiça lança Guia Prático de Recall do Fornecedor.** 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/noticias/ministerio-da-justica-lanca-guia-pratico-de-recall-do-fornecedor>. Acesso em: 16 maio 2023.

NAN REN, Zhi-Jian Yang et al. **Studies on mechanism for homogeneous catalytic hydration of ethylene oxide: Effects of pH window and esterification.** Shanghai, China: Elsevier, 2009.

NIOSH, National Institute For Occupational Safety And Health. **Ethylene Glycol: Systemic Agent.** [S.l.]: Niosh, 2021. Disponível em: https://www.cdc.gov/niosh/ershdb/emergencyresponsecard_29750031.html#:~:text=Ethylene%20glycol%20toxicity%20is%20categorized,and%2024%20hours%20after%20ingestion. Acesso em: 05 maio 2023.

ORTIZ, I. et al. **A feasible application of circular economy: spent grain energy recovery in the beer industry.** Madrid, Espanha: Springer, 2019.

PARPALA, Radu Constantin; IACOB, Robert. **Application of IoT concept on predictive maintenance of industrial equipment.** Romania: International Conference On Manufacturing Science And Education, 2017.

PORTER, William H. **Ethylene glycol poisoning: Quintessential clinical toxicology; analytical conundrum.** Lexington, KY, EUA: Elsevier, 2011.

PUBCHEM. **Ethylene Glycol.** Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/174#section=Structures>. Acesso em: 01 maio 2023.

REBSDAT, Siegfried. **Ethylene Glycol.** Frankfurt, Alemanha: Ullmann's Encyclopedia Of Industrial Chemistry, 2012.

S&P GLOBAL COMMODITY INSIGHTS. **Ethylene Glycols - Chemical Economics Handbook.** [S.l.]: S&P Global, 2022. Disponível em: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/products/ethylene-glycols-chemical-economics-handbook.html>. Acesso em: 14 abr. 2023.

SCHEP, L. J. et al. **Diethylene glycol poisoning.** Nova Zelândia: Informa Uk, Ltd., 2009.

SEILER, Jan et al. **Refrigeration below zero °C: Adsorption chillers using water with ethylene glycol as antifreeze.** [S.l.]: International Journal Of Refrigeration, 2017.

SELLITTO, Miguel. **Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos.** Porto Alegre, RS: Revista Produção, 2005.

SILVA, Cauan Gomes Ferreira; JÚNIOR, Juvêncio Bezerra Loiola. **Crescimento do mercado de cervejas artesanais no Brasil**. Revista Científica e-Locução, v. 1, n. 20, p. 20-20, 2021.

SKYQUEST. **Global Ethylene Glycols Markett** [S.I.]: Skyquest, 2023.

SPITZ, Harvey D.; WEINBERGER, Joseph. **Determination of Ethylene Oxide, Ethylene Chlorohydrin, and Ethylene Glycol by Gas Chromatography**. [S.I.]: Journal Of Pharmaceutical Sciences, 1971.

VERQUÍMICA. **FISPQ Nº 0051: dietilenoglicol**. [S.I.]: Verquímica, 2021. Disponível em: https://www.verquimica.com.br/wp-content/uploads/2021/09/FISPQ_Dietilenoglicol.pdf. Acesso em: 06 maio 2023.

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

YUE, Hairong. **Ethylene glycol: properties, synthesis, and applications**. [S.I.]: Rsc Publishing, 2012.