

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**

**Departamento de Engenharia Química**

**D**

**E**

**Q**



## **Trabalho de Conclusão de Curso**

**Influência do Oxigênio Dissolvido e do ar no  
Headspace sobre o Foreign gas nas Cervejas**

***Wallyson Darlan Silva de Alcantara***

***Orientador: Prof. Dr. Luciano Costa  
Almeida***

**Recife**

**2022**

**WALLYSON DARLAN SILVA DE ALCANTARA**

**INFLUÊNCIA DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO E DO AR NO *HEADSPACE*  
SOBRE O *FOREIGN GAS* NAS CERVEJAS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado aos professores e doutoranda  
do departamento de Engenharia Química,  
como requisito parcial à obtenção do  
título Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Costa  
Almeida

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Alcantara, Wallyson Darlan Silva de.

Influência do oxigênio dissolvido e do ar no headspace sobre o foreign  
gas nas cervejas / Wallyson Darlan Silva de Alcantara. - Recife, 2022.  
49 p. : il., tab.

Orientador(a): Luciano Costa Almeida

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de  
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Química -  
Bacharelado, 2022.

Inclui referências, anexos.

1. Qualidade. 2. Ar. 3. Off flavour. 4. Oxidação. I. Almeida, Luciano Costa.  
(Orientação). II. Título.

540 CDD (22.ed.)



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

## **MAPA DE NOTAS**

NOME DO EXAMINADO: ***Wallyson Darlan Silva de Alcantara***

CURSO: **ENGENHARIA QUÍMICA**

DISCIPLINA: **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

TEMA: **“Influência do Oxigênio Dissolvido e do ar no “Headspace” sobre o  
“Foreign gas” nas Cervejas”**

DATA: 01/06/2022

HORÁRIO: 18:00h

LINK PARA SALA VIRTUAL NO GOOGLE MEET: [//MEET.GOOGLE.COM/WST-JSKN-HYR](https://meet.google.com/WST-JSKN-HYR)

Redação	Apresentação Oral	Domínio	Média e Resultado	Observações
8,0	9,0	10,0	9,0	

---

**Orientador (a): LUCIANO COSTA ALMEIDA**

---

**1º Examinador (a): ANA PAULA LIMA PACHECO**

---

**2º Examinador (a): EVELLE DUARTE CARVALHO DE OLIVEIRA**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por todas as bênçãos concedidas a mim durante minha vida.

Aos meus pais, Edvaldo José e Jaidete Maria, por sempre cuidarem de mim, por todo o incentivo e investimento em meus estudos, e por todos os ensinamentos sobre a vida.

Aos meus irmãos, Willany Milena e Willyton Allyson, por todo o apoio e ajuda em todos os momentos que necessitei.

Ao prof. Drº, e também meu orientador, Luciano Costa Almeida por toda ajuda e compreensão durante a elaboração deste trabalho.

## Resumo

A cerveja é uma bebida de grande consumo mundial e nacional. No Brasil, sua produção apresentou crescimento na última década, destacando a importância desse produto na indústria. São diversos os parâmetros analisados durante o processo produtivo dessa bebida a fim de garantir a qualidade e proporcionar ao consumidor, características sensoriais (sabor e aroma) agradáveis de modo que aumente o consumo e diminua as reclamações no mercado cervejeiro. Sabores e aromas desagradáveis presentes na cerveja são denominados de *off-flavours* e podem ocorrer por falhas no processo de produção ou ainda por fatores internos da bebida como a oxidação lipídica, causando deterioração do sabor. Dessa forma, a presença de oxigênio em altas proporções é algo prejudicial à qualidade do produto, e por isso é importante a análise de *foreign gas* para a medição quantitativa do ar presente na cerveja. Como o ar é composto majoritariamente por oxigênio e nitrogênio, e na cervejaria em questão não se utiliza nitrogênio durante o processo produtivo, esse torna-se irrelevante no resultado da análise, podendo-se considerar que todo o resultado remete ao teor de oxigênio existente na cerveja. Durante o ano de 2021 foram observados resultados de *foreign gas* acima do limite máximo aceitável pela empresa, além disso, muitas indicações do defeito de oxidação pelo painel de degustadores. Então, uma análise foi feita de forma a avaliar a influência de variáveis do processo produtivo sobre o *foreign gas* total. Foram elas: o teor de oxigênio dissolvido na cerveja no tanque de pressão e no momento do envase, e o *foreign gas* do *headspace* das embalagens. Foram realizadas coletas de amostras nas linhas de envase antes e após o processo de pasteurização para análise segundo metodologia definida em padrão operacional da empresa. Os resultados obtidos mostraram a grande influência do *foreign gas* do *headspace*, estabelecendo novos limites de aceitação. A diminuição e estabilização dos resultados do *foreign gas* total que passou a apresentar valores máximos de 0,85 mL/L, ou seja, apenas 7,5% maior que o limite estabelecido pela cervejaria e, assim, houve o aumento da qualidade da cerveja produzida.

**Palavras-chave:** Qualidade; Ar; *off flavour*, oxidação.

## Lista de Figuras

Figura 1-	Gráfico da produção brasileira de cerveja em bilhões de litros por ano de 2005 a 2021 (projeção).....	11
Figura 2-	Fluxograma de processo industrial de produção de cerveja.....	12
Figura 3-	A roda dos aromas e sabores, desenvolvido por Morten Meilgaard.....	17
Figura 4-	Medidor de oxigênio para tanques de pressão.....	18
Figura 5-	Dispositivo perfurador DT – Zahm.....	19
Figura 6-	Frasco Mariotte.....	20
Figura 7-	Conjunto de medição de <i>foreign gas</i> formado por aparelho perfurador, frasco mariotte e bureta.....	20
Figura 8-	Gráfico de Pareto de defeitos identificados no último trimestre de 2021.	23
Figura 9-	resultados das análises mensais de <i>foreign gas</i> total durante o ano de 2021.....	24
Figura 10-	Fluxograma dos locais de medições e coletas de amostras.....	25
Figura 11-	Comportamento do <i>foreign gas</i> total em relação ao OD na bebida no tanque de pressão.....	27
Figura 12-	Resultados comparativos entre quantidade OD na cerveja nos tanques de pressão e na envasadora.....	28
Figura 13-	comportamento do <i>foreign gas</i> total em relação ao OD na cerveja presente na enchedora linha 03.....	29
Figura 14-	Curvas de <i>foreign gas</i> do <i>headspace</i> e <i>foreign gas</i> total das análises realizadas na linha 03 de envase.....	30
Figura 15-	Curvas de <i>foreign gas</i> do <i>headspace</i> e <i>foreign gas</i> total das análises realizadas na linha 01 de envase.....	30
Figura 16-	Resultados de <i>foreign gas</i> total após modificação dos limites máximos de <i>foreign gas</i> do <i>headspace</i> .....	35

## Lista de Tabelas

Tabela 1-	Resultados individuais das análises de <i>foreign gas</i> no <i>headspace</i> e <i>foreign gas</i> total das coletas realizadas.....	31
Tabela 2-	Novos limites máximos aceitáveis para <i>foreign gas</i> no <i>headspace</i> da embalagem.....	33
Tabela 3-	Resultados de <i>foreign gas</i> total após definição de novos limites de <i>foreign gas</i> no <i>headspace</i> .....	34

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2. ESTADO DA ARTE</b> .....	10
<b>2.1 Histórico da cerveja</b> .....	10
<b>2.2 Ingredientes</b> .....	11
<b>2.3 Processo produtivo</b> .....	11
2.3.1 “Malteação” .....	12
2.3.2 Produção do mosto cervejeiro .....	13
2.3.3 Fermentação .....	13
2.3.4 Processamento da cerveja .....	13
2.3.5 Envase .....	14
<b>2.4 Parâmetros de qualidade</b> .....	14
<b>2.5 Off-flavours</b> .....	15
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	18
<b>3.1 Metodologia do estudo</b> .....	18
<b>3.2 Análise de <i>foreign gas</i> no <i>headspace</i></b> .....	19
3.2.1 Em latas .....	19
3.2.2 Em garrafas .....	21
<b>3.3 Análise de <i>foreign gas</i> total</b> .....	21
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	21
<b>4.1 Avaliação do cenário inicial da empresa</b> .....	21
<b>4.2 Avaliação do oxigênio dissolvido na bebida no tanque de pressão</b> .....	25
<b>4.3 Avaliação do oxigênio dissolvido na bebida na enchedora</b> .....	27
<b>4.4 Avaliação do <i>foreign gas</i> no <i>headspace</i> da embalagem</b> .....	29
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	36
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	37
ANEXO I .....	40
ANEXO II .....	41
ANEXO III .....	46

## 1. INTRODUÇÃO

Cerveja é, segundo o artigo 36 do Decreto n. 6871 de 2009, a bebida resultante da fermentação a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada “malteada” ou de extrato de malte.

Bastante difundida no Brasil, a cerveja apresentou crescimento no consumo entre a população. No ano de 2020, as vendas da bebida apresentaram crescimento de 5,3%, em relação ao ano anterior, equivalente ao total de 13,3 bilhões de litros, o maior volume desde 2014 (G1, 2021).

Para obter-se uma boa cerveja é necessário que todos os passos sejam realizados de forma correta desde a obtenção e preparação do mosto. Em seguida é realizado o processo fermentativo, principal etapa do processo cervejeiro. E então, o processamento da cerveja até que enfim possa ser realizado o envasamento (SANTOS, 2005).

No decorrer da produção da cerveja, existem parâmetros analíticos que devem ser acompanhados de modo a garantir a qualidade do produto. O controle de qualidade é formado por um conjunto de ferramentas aplicadas para garantir a segurança do produto e a satisfação do cliente. Além disso o controle de qualidade pode elevar os resultados da produção, diminuindo erros e perdas; e tornar uma empresa mais competitiva no mercado (PAULISTA e ALVEZ, 2014).

Sendo assim, são realizadas análises de parâmetros da cerveja dentre os quais pode-se citar: álcool, Extrato real, Extrato aparente, pH, cor, amargor, turbidez, espuma, CO<sub>2</sub> e demais gases (*foreign gas*) que possam estar presentes na bebida (REBELLO, 2009).

Diferentemente do gás carbônico que confere carbonatação à cerveja, há gases que são indesejados na bebida e, assim, sua quantidade deve ser a menor possível. Esse é o caso do oxigênio, o qual é responsável pela deterioração de gorduras presentes em alimentos, trazendo como consequência a alteração de sabor e odor, tornando-os impróprios para consumo (OLIVEIRA, 2011). O oxigênio pode se fazer presente na cerveja devido à água utilizada no processo produtivo pois, contém O<sub>2</sub> dissolvido. Também devido ao transporte da cerveja nas tubulações da planta industrial, podendo existir locais onde há incorporação de ar à bebida. E devido ao ar presente nas embalagens durante a etapa de envasamento.

Nesse contexto, a busca por melhoria da qualidade do produto a partir da análise de características e compostos desejados e indesejados é imprescindível. Desta forma, o presente trabalho foi desenvolvido Na Indústria de bebidas Heineken, em Igarassu no estado de Pernambuco, no período de novembro de 2021 a janeiro de 2022, e teve como objetivo geral aumentar a qualidade da cerveja produzida através do controle do *foreign gas* presente no produto. Tendo como objetivos Específicos:

- Avaliar a influência do O<sub>2</sub> dissolvido na bebida, no tanque de pressão e na enchedora, sobre o *foreign gas total do produto*;
- Avaliar a influência do *foreign gas* no *headspace* da embalagem sobre o *foreign gas total do produto*;
- Definir novas medidas de controle para garantir estabilidade do produto a partir dos resultados obtidos.

## **2. ESTADO DA ARTE**

### **2.1 Histórico da cerveja**

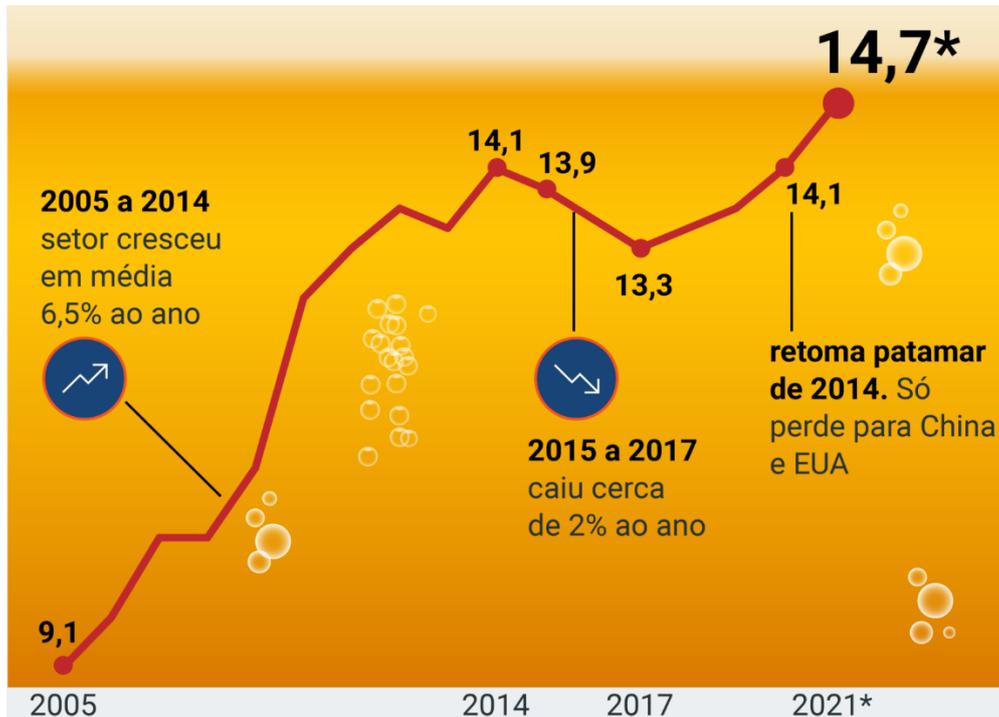
As primeiras informações escritas que mencionam a cerveja foram descobertas na Suméria, civilização da antiga Mesopotâmia. Pode-se encontrar documentos registrados há 5000 anos sobre a produção e o consumo de cerveja e onde é observada uma cultura de fabricação já madura, mostrando que a produção dessa bebida já era antiga quando a escrita ainda era nova (AMUXEL, 2018).

Há registros, com o passar dos anos, de desenvolvimento e aperfeiçoamento da produção de cerveja em outras civilizações. Na Idade Média, a produção cervejeira teve grande ascensão quando a Igreja Católica também se envolveu na produção da bebida (CERVBRASIL, 2018). Porém, foi na Inglaterra, no final do ano de 1300, que a cerveja lupulada teve sua aparição. O lúpulo é uma planta da qual as flores são utilizadas, praticamente em toda cerveja produzida atualmente, para conferir sabor e aroma à bebida (AMUXEL, 2018).

A produção de cerveja, em nível mundial, apresentou um crescimento impulsionado pelo aumento do consumo da bebida em países subdesenvolvidos. No Brasil, a produção de cerveja demonstra uma tendência crescente, como pode ser observado na Figura 1, partindo de 9,1 bilhões de litros produzidos no ano de 2005, e alcançando um máximo de 14,1 bilhões de litros produzidos em 2020, com uma projeção de 14,7 bilhões de litros para o ano de 2021 (CERVBRASIL, 2021).

Como resultado do crescimento da produção e do interesse pela produção cervejeira, em 2020, o Brasil atingiu um total de 1.383 cervejarias registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), um aumento de 14,4% em relação ao ano anterior (MAPA, 2021).

Figura 1: Gráfico da produção brasileira de cerveja em bilhões de litros por ano de 2005 a 2021 (projeção).



Fonte: CERVBASIL, 2021.

## 2.2 Ingredientes

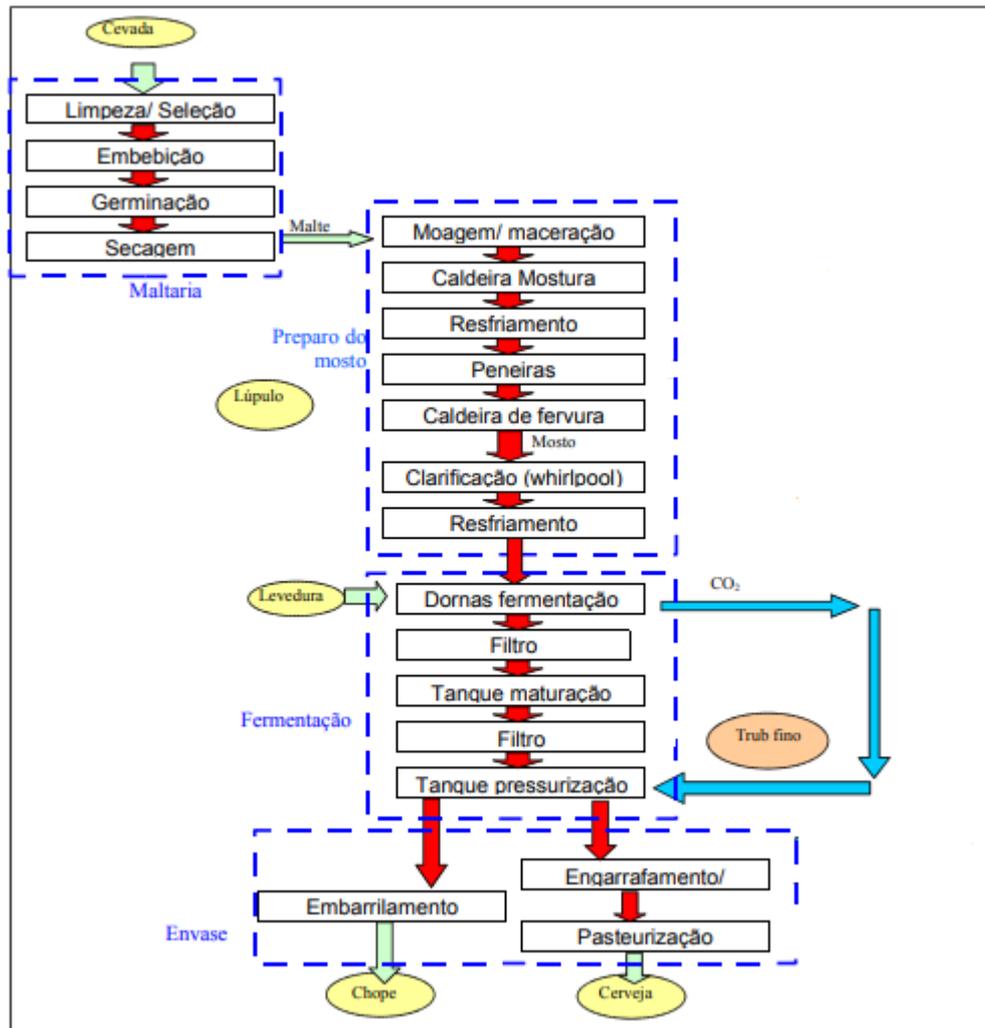
A água é o principal ingrediente na produção da cerveja, representando entre 90 e 95% de sua composição, além de poder impactar em diferentes aspectos como sabor, cor e amargor. O malte são grãos utilizados na composição da cerveja. Geralmente é utilizado malte de cevadas, mas outros cereais também podem ser “malteados”, como o trigo. O lúpulo é o ingrediente que determina a intensidade do amargor e o aroma da cerveja. E a levedura é um tipo de fungo responsável pela etapa de fermentação, transformando o mosto, produzido a partir do malte, na cerveja como é conhecida (AMBEV, 2019).

## 2.3 Processo produtivo

Há mais de 150 estilos de cervejas produzidos, dentre os quais podem ser citados os estilos *Pilsen*, *American Lager*, *IPA*, *Stout*, *Pale Ale*, entre outros (AMBEV, 2019). E, apesar de existirem algumas variações na elaboração da cerveja a depender do estilo, o processo produtivo é composto por quatro etapas definidas: “malteação”, produção do mosto, fermentação e processamento da

cerveja para que seja envasada (REBELLO, 2009). A Figura 2 traz um fluxograma do processo de produção cervejeiro com suas determinadas etapas.

Figura 2: Fluxograma de processo industrial de produção de cerveja



Fonte: (Adaptado) SANTOS, 2005.

### 2.3.1 “Malteação”

Na etapa de “malteação”, a cevada recebida das plantações passa por um processo de limpeza e separação de impurezas, e assim os grãos são selecionados. Em seguida, são colocados em silos nos quais são embebidos com água até atingir um nível de 45% de umidade em relação ao seu peso, sob condições de oxigênio e temperatura controladas, fazendo com que seja iniciado o processo de germinação. Esse processo é controlado em estufas e dura cerca de 5 dias, até que se inicie a formação das primeiras radículas da nova planta e

então é retirado o excesso de água e o processo de germinação é interrompido por meio de calor em fornos de secagem numa temperatura de cerca de 45°C e em seguida ocorre a elevação da temperatura para uma faixa entre 80°C e 120°C onde acontece a caramelização dos grãos, transformando-os em malte (SANTOS, 2005; SCHEFFER et. al, 2013).

### **2.3.2 Produção do mosto cervejeiro**

Primeiramente, é realizada a moagem do malte por meio de moinhos de rolos ou martelo de forma que não contenha grãos inteiros, as cascas estejam rasgadas longitudinalmente e o endosperma quebrado em partículas menores e uniformes (WINGERT, 2019). Ao malte moído é adicionada água a uma temperatura próxima de 65°C com o intuito de ativar enzimas presentes nos grãos, promovendo a quebra de substâncias complexas e transformando-as em outras menores e solúveis em água. O mosto consiste então numa solução de açúcares que serão processados pelas leveduras (SANTOS 2005).

### **2.3.3 Fermentação**

Após resfriamento do mosto até temperatura desejada, pode-se dar início à etapa de fermentação. Os fatores que influenciam essa etapa são: temperatura, duração, contrapressão e escolha da levedura. Para leveduras de baixa fermentação, o processo dura em torno de 5 a 7 dias, e deve ocorrer numa temperatura entre 8°C e 11°C. Já para leveduras de alta fermentação, a temperatura ideal encontra-se entre 12°C a 26°C e o processo dura em torno de 3 a 5 dias. Esse processo é realizado em tanques cilíndrico, de fundo cônico e que possuem sistema de refrigeração (WINGERT, 2019).

Na primeira etapa da fermentação do mosto, a fase aeróbia, as leveduras se reproduzem e sua quantidade aumenta de 2 a 6 vezes. Logo em seguida é dado início a segunda etapa da fermentação, a fase anaeróbia, onde ocorre a conversão dos açúcares presentes no mosto e são formados CO<sub>2</sub> e álcool. No fim da fermentação há um excesso de levedo, do qual parte é tratado e reutilizado em nova fermentação, e outra parte é vendido para indústria de alimentos (SANTOS, 2005).

### **2.3.4 Processamento da cerveja**

Após a fermentação, tem-se o que é chamado de “cerveja verde” que consiste no mosto fermentado que já possui diversas características da cerveja, mas é necessário estabilizar a bebida (mais especificamente estabilizar o diacetil produzido durante a fermentação), iniciar a clarificação da cerveja, ainda em temperaturas baixas, num processo denominado de maturação, que pode durar uma semana ou mais (SANTOS, 2005; SCHEFFER et. al, 2013; REBELLO, 2009). Adiciona-se uma etapa de filtração para remoção de impurezas que não decantaram. A filtração deixa a bebida transparente, com maior estabilidade físico-química, melhor palatabilidade e mais brilhante. Entretanto, deve-se tomar cuidados com a filtração da cerveja para evitar a perda de gás carbônico, entrada de oxigênio e contaminação microbiológica (WINGERT, 2019) Ainda é necessário também a carbonatação da cerveja, pois o teor de CO<sub>2</sub> existente no produto até então não é suficiente para atender as necessidades. Após a carbonatação, a bebida permanece em adegas de pressão, onde a pressão e temperatura são controlados a fim de manter o teor de CO<sub>2</sub> até que seja enviada para envasamento (SANTOS, 2005).

### **2.3.5 Envase**

O envasamento é a etapa onde a cerveja é adicionada à sua respectiva embalagem, podendo ser em lata, garrafa ou barril (WINGERT, 2019). É importante que não exista perda de CO<sub>2</sub>, nem contato com oxigênio, pois a qualidade do produto pode ser comprometida, além disso é essencial a correta assepsia das instalações de envase e das embalagens para evitar contaminações microbiológicas (WINGERT,2019; SCHEFFER et. al, 2013). Após envase é realizada a pasteurização do produto da seguinte forma: a 60°C por 15 a 20 minutos; e é responsável pelo aumento da validade da cerveja.

### **2.4 Parâmetros de qualidade**

Para garantir a qualidade do produto e o seu cumprimento diante de aspectos legais, alguns parâmetros da cerveja produzida são analisados. Segundo o decreto n. 6871 da Instrução Normativa n. 65 de 2019, o extrato primitivo é a quantidade de substâncias dissolvidas do mosto, e deve ser sempre maior ou igual a 5,0% em peso. Quanto ao extrato, a cerveja pode ser classificada como cerveja leve, comum, extra ou forte (SCHEFFER et. al, 2013).

Em relação ao teor alcoólico presente na cerveja, essa pode ser classificada em: cerveja sem álcool, com teor inferior ou igual a 0,5% em volume; cerveja com baixo teor alcoólico, com presença de álcool entre 0,5% e 2,0%; e cerveja, cujo teor alcoólico é maior que 2,0% em volume (BRASIL, 2019).

Quanto à fermentação, podem ser classificadas como cerveja de baixa fermentação ou de alta fermentação. Já em relação à cor, existem os tipos de cerveja clara e cerveja escura (SCHEFFER et. al, 2013).

Além desses aspectos, outras características visuais e sensoriais são analisadas por meio de espuma, pH, amargor, turbidez, CO<sub>2</sub> e outros gases (chamado *foreign gas*) presentes na bebida. Os gases presentes na cerveja, mais especificamente o oxigênio é indesejável em excesso. Visto que reações de oxidação causam deterioração do sabor da cerveja, e são intensificadas em altas temperaturas, ou seja, torna-se um problema maior ao passar pela etapa de pasteurização. Além disso, a presença do oxigênio diminui o tempo de vida útil da bebida (OLIVEIRA, 2011; WINGERT, 2019). Com base nesse aspecto é que foi construído o presente trabalho.

## **2.5 Off-flavours**

Uma grande preocupação da indústria de cervejas é a estabilidade organoléptica da bebida. Uma vez que, pode estar sujeita a alterações significativas durante o período de armazenamento e, conseqüentemente, impactar suas propriedades sensoriais. Em relação ao tipo da cerveja, há uma grande variedade de sabores e aromas que podem surgir e influenciar a aceitabilidade do produto aos seus consumidores (TEIXEIRA, 2016).

O Consumidor percebe a qualidade da cerveja, principal e majoritariamente, por meio de suas características sensoriais (VALENTE, 2014). O aparecimento de sabores e aromas diferentes/indesejados pode provocar uma recusa por parte do consumidor, gerando reclamações de mercado e menor adesão à marca. Esses defeitos são chamados de *off-flavours*, termo utilizado para determinar um aroma ou sabor desagradável/indesejável, resultante da degradação, por origem química ou microbiológica, dos componentes presentes na bebida durante seu processamento ou armazenamento (ARAÚJO, 2019).

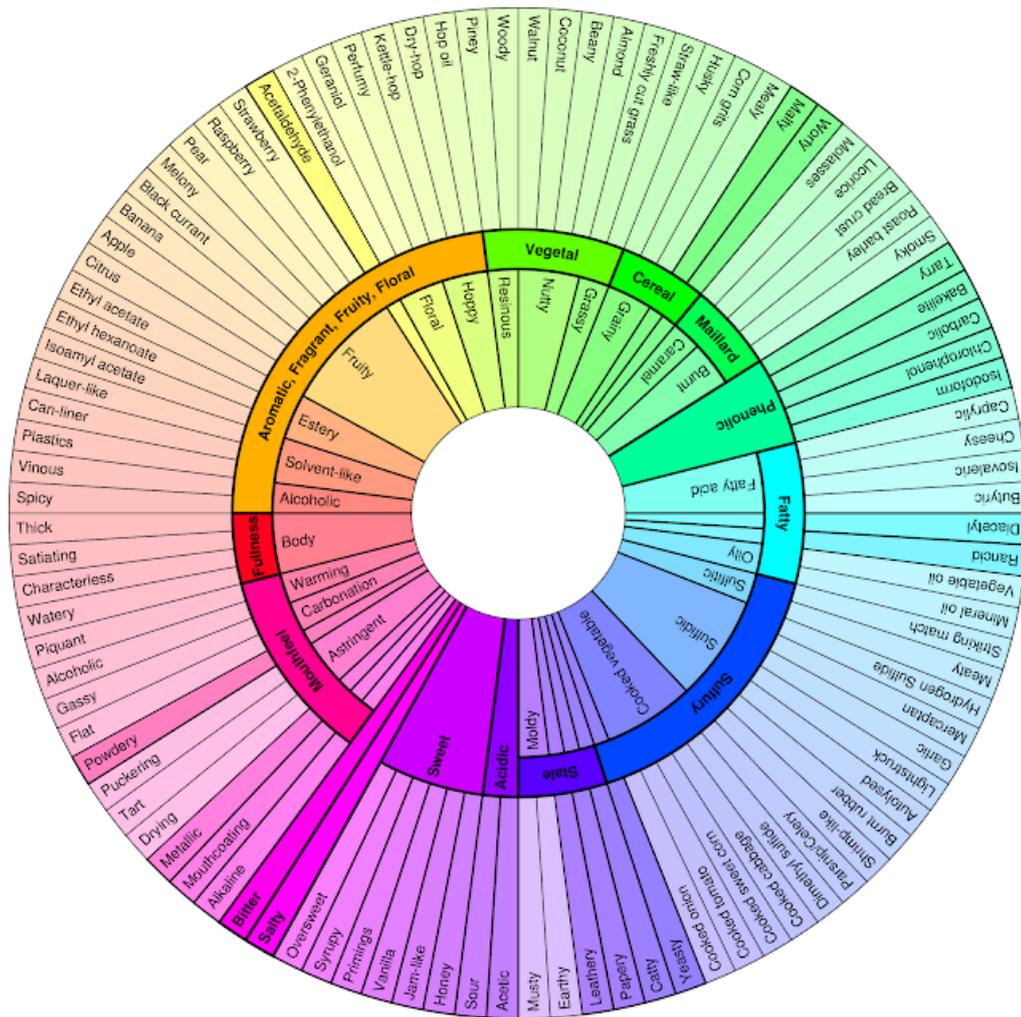
A baixa qualidade de alimentos ou bebidas produzidas são ocorrências que geram defeitos e podem ocasionar a perda de lotes inteiros de uma produção. Esses defeitos podem surgir devido à uma contaminação por fonte externa, como por exemplo devido a uma embalagem ou pode ser proveniente da degradação de componentes do produto, como por exemplo a ocorrência de oxidação lipídica (VALENTE, 2014).

Em geral a oxidação lipídica ocorre por reação de gorduras saturadas e insaturadas com o oxigênio, resultando numa mistura de compostos voláteis como aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, álcoois, hidrocarbonetos, lactonas e ésteres. Dentre esses, os aldeídos e as cetonas são os produtos que mais influenciam no aparecimento de *off-flavours* (VALENTE, 2014).

Com o intuito de identificar possíveis desvios de sabor na cerveja produzida, as indústrias utilizam análises sensoriais, realizadas por um time de degustadores experientes, os quais são responsáveis por identificar e caracterizar os defeitos e intensidade com os quais aparecem na bebida. Como instrumento para auxiliar a caracterização das sensações gustativas e olfativas utiliza-se a roda de aromas e sabores (ou derivados), observada na Figura 3, desenvolvida no ano de 1970 pelo engenheiro químico dinamarquês Morten Meilgaard (TEIXEIRA, 2016).

Dentre a grande diversidade de aromas e sabores a serem detectados, pode-se destacar como os principais: metálico, clorofenol, oxidado, dimetil sulfeto (DMS), acetaldeído, alcoólico, diacetil, gramíneo, butírico, fermento, urina de gato, sabão, solvente, fenólico, mercaptano, *lightstruck* (gosto de luz), adstringente, mofo, cítrico, ésteres/frutado, caprílico, ácido, H<sub>2</sub>S, geraniol, acetato de isoamila, hexanoato de etila.

Figura 3: A roda dos aromas e sabores, desenvolvido por Morten Meilgaard.



Fonte: Wals, 2011.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Metodologia do estudo

Para a realização desse estudo foram realizadas medições e análises que contemplassem a observação das variáveis que influenciam o *foreign gas* total do produto. Inicialmente foi medido o teor de oxigênio dissolvido (OD) no tanque de pressão de cerveja a ser envasado, por meio de um medidor de oxigênio para tanques, como mostra a Figura 4.

Figura 4: Medidor de oxigênio para tanques de pressão



Fonte: Pentair, 2022

Quando a bebida foi direcionada para a linha de envase, observou-se o teor de OD indicado na enchedora (ou envasadora). Essa etapa aplicou-se apenas à linha 03 de envase por ser mais moderna e apresentar esse aparelho internamente e permitindo a visualização do resultado por um painel digital. A linha 01 de envase não apresenta oxímetro em sua enchedora por conter um maquinário antigo.

Imediatamente após o enchimento das embalagens, foram coletadas 20 amostras, das quais 10 amostras foram destinadas para a realização da análise de *foreign gas* no *headspace* e as outras 10 foram identificadas e direcionadas para a pasteurização. Após pasteurização, foi realizada a análise de *foreign gas* total do produto.

Os resultados foram compilados e os gráficos gerados para análise a partir do *software Microsoft Excel*.

### 3.2 Análise de *foreign gas* no *headspace*

#### 3.2.1 Em latas

A medição do *foreign gas* presente no *headspace* das embalagens é realizada imediatamente após enchimento, sem agitação do produto. A amostra a ser analisada é colocada no dispositivo perfurador, mostrado na Figura 5, o qual está acoplado a um frasco Mariotte, visto na Figura 6, contendo solução de hidróxido de sódio a 25% que é direcionada para o preenchimento da bureta, também acoplada ao dispositivo perfurador. O conjunto de medição pode ser observado na figura 7.

Figura 5: Dispositivo perfurador DT – Zahm



Fonte: Atrya, 2022

Figura 6: Frasco Mariotte



Fonte: DidáticaSP, 2022

Figura 7: Conjunto de medição de *foreign gas* formado por aparelho perfurador, frasco mariotte e bureta.



Fonte: Labometric, 2022

Com o dispositivo, a lata é perfurada. Preenche-se, então a bureta com a solução de hidróxido de sódio 25%. Inclina-se o conjunto (aparelho + lata) num ângulo de  $45^\circ$  e abrir a válvula entre o aparelho e a bureta, permitindo a passagem do ar existente na lata. No momento em que não houver mais ar passando para a bureta, a válvula é fechada.

O gás carbônico irá reagir com a solução, enquanto o ar formará uma bolha no topo da bureta, indicando a quantidade de solução que foi consumida. O cálculo do *foreign gas* se dá de acordo com a Equação 1.

$$FG = \left( \frac{\text{volume consumido}}{\text{volume da embalagem}} \right) * 1000$$

1

### 3.2.2 Em garrafas

A determinação de *foreign gas* no *headspace* em garrafas também é realizada imediatamente após enchimento, sem agitação do produto. Ocorre de maneira semelhante à determinação em latas. É preciso colocar a garrafas num protetor, antes de levá-la ao dispositivo perfurador, por questão de segurança do analista. Após a perfuração da tampa da garrafa, preenchimento da bureta com a solução de hidróxido de sódio 25% e abertura da válvula, é utilizado um objeto de madeira com o qual são realizadas algumas batidas contra a garrafa até que comece a entrar espuma na bureta, então a válvula é fechada.

O cálculo do *foreign gas* também é feito por meio da Equação 1, apresentada anteriormente.

### 3.3 Análise de *foreign gas* total

É realizada com produto pasteurizado e a uma temperatura de 20°C e nesse caso não há distinção para a realização em garrafas ou latas.

A amostra é perfurada com o dispositivo, em seguida preenche-se a bureta com solução de hidróxido de sódio 25%. Então, agita-se o conjunto (aparelho + amostra) e abre-se a válvula. Esse processo é repetido até que a pressão indicada no manômetro do dispositivo indique zero ao realizar agitação.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação do cenário inicial da empresa

Com base nas informações expostas anteriormente, realizou-se um levantamento preliminar da baixa qualidade encontrada nas bebidas da cervejaria Heineken Igarassu.

Para essa avaliação, foi utilizado o gráfico de Pareto, uma das ferramentas aplicadas à identificação de causas de problemas de qualidade. O gráfico mostra as causas mais relevantes ao problema estudado. Pelo princípio de Pareto, 20% das causas são responsáveis por 80% dos defeitos (NOVASKI *et. al*, 2020; MARIANI, 2005)

Logo, foi analisado os resultados apresentados das análises sensoriais referentes ao último trimestre de 2021, como mostrado na Figura 8, foi possível observar que dentre as amostras analisadas o principal *off flavour* identificado pela equipe de degustadores foi a oxidação, responsável por cerca de 20% do total de defeitos.

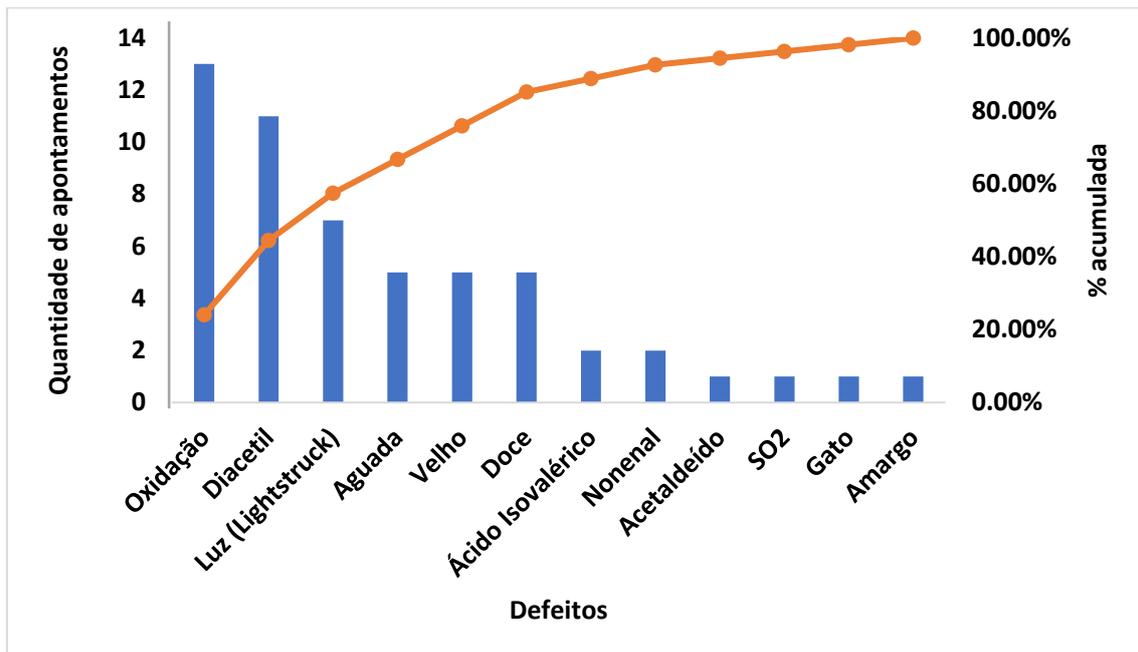
Também pode-se destacar a presença dos defeitos diacetil e gosto de luz identificados pelo painel de degustadores.

O diacetil é causado pelas diacetonas vicinais, subproduto gerado na etapa de fermentação na presença de oxigênio. Sua presença na cerveja em pequenas quantidades (cerca de 100 microgramas por litro) já é o suficiente para produzir um aroma e sabor de manteiga na bebida (KLIEMAN, 2014).

O *Lightstruck*, ou *gosto de luz*, ocorre devido à sensibilidade da bebida à luz. Observado principalmente em cervejas envasadas em garrafas, esse defeito traz à bebida um gosto de envelhecida e alterações na cor, e ocorre principalmente devido à desvios durante o armazenamento, expondo a cerveja à luz por demasiado período (KEUKELEIRE, 2008).

Vale ressaltar a importância do controle desse defeito, visto que o oxigênio é associado à diminuição de antioxidantes e às reações que modificam características sensoriais da cerveja. Esse defeito pode tornar-se um problema maior, uma vez que, indica um envelhecimento antecipado da bebida produzida, gerando a possibilidade de uma intensificação acelerada da percepção desse sabor pelo consumidor.

Figura 8: Gráfico de Pareto de defeitos identificados no último trimestre de 2021.

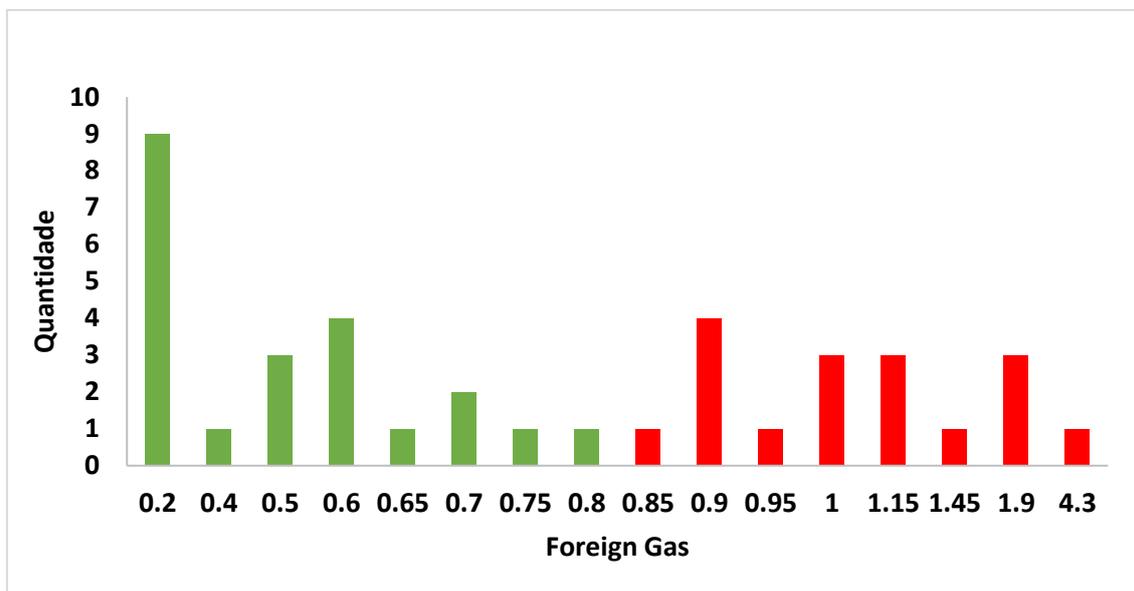


Fonte: Autor, 2022

A quantidade de oxigênio presente na bebida e na embalagem do produto deve ser mínima pois, esse gás é consumido durante o armazenamento da bebida e quanto maior o teor maior é a taxa de deterioração da cerveja (TEIXEIRA, 2016). Conseqüentemente, a quantidade de ar presente na bebida também deve ser o mínimo possível, uma vez que é composto por cerca de 78% de gás nitrogênio, 21% de gás oxigênio e 1% de outros gases (USBERCO E SALVADOR, 2002), sendo o oxigênio reativo com a cerveja.

Em seguida, foram avaliadas as possíveis causas que seriam responsáveis pelo surgimento desse defeito de oxidação. Há indícios de que o ar presente nas embalagens estaria sendo o principal responsável, como visto na Figura 9, a qual mostra através de uma avaliação mensal durante o ano de 2021, que dentre as amostras analisadas, 17 delas apresentaram resultados de *foreign gas* total acima do valor limite de 0,8 mL/L, estabelecido pela Heineken. As barras em cor verde, na figura, indicam os resultados dentro da especificação definida pela empresa, enquanto as barras em vermelho indicam os resultados acima do limite especificado.

Figura 9: resultados das análises mensais de *foreign gas* total durante o ano de 2021



Fonte: Autor, 2022

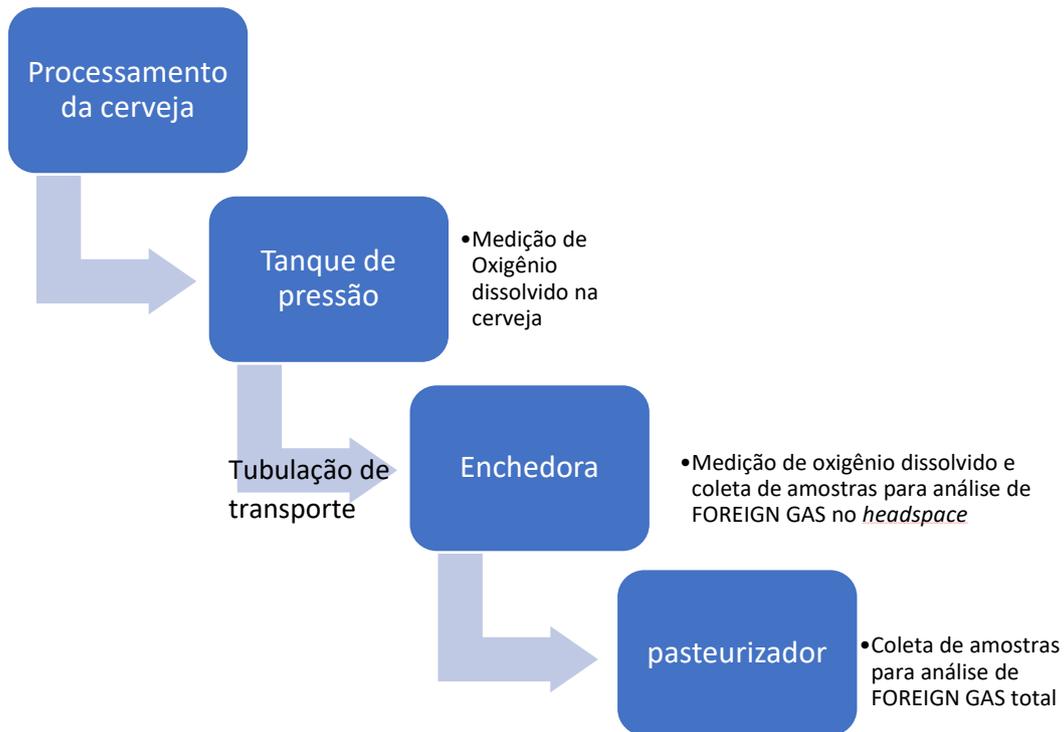
Além disso, também foi observada a carta de controle (ferramenta utilizada para controle de qualidade das análises laboratoriais) da análise de *foreign gas*, apresentada no Anexo I, na qual é possível identificar uma variação com tendência a valores abaixo da média (indicada pela linha azul). Dessa forma, havia a possibilidade de obtenção de falsos resultados nas análises

Sendo assim, após a observação das evidências indicando fortemente a influência do ar contido nas embalagens sobre o principal *off flavour* identificado, foi estabelecido uma metodologia para avaliação das variáveis do processo.

Dessa forma, o principal objetivo de contribuição deste trabalho é atingir uma produção com valores estabilizados de *foreign gas* total dentro do limite tolerável estabelecido pela cervejaria.

A coleta de dados, aconteceu dentro de um intervalo de 3 meses. Esse período permitiu a obtenção de resultados representativos para o objetivo desse trabalho, uma vez que, há o envasamento da cerveja em diferentes tipos de embalagem (variação de volume), de acordo com a demanda de mercado. A Figura 10, mostra um fluxograma indicando os pontos onde foram realizadas as coletas e medições.

Figura 10: Fluxograma dos locais de medições e coletas de amostras



Fonte: Autor, 2022

Foram considerados no momento da coleta das amostras para realização da metodologia: a linha de produção, a quantificação do oxigênio dissolvido na bebida no tanque de pressão (medido em ppb), a quantificação de oxigênio dissolvido na bebida durante o envasamento na enchedora da linha de produção (quando aplicável), o valor do *foreign gas* no *headspace* da embalagem e por fim o valor do *foreign gas* total na embalagem.

#### 4.2 Avaliação do oxigênio dissolvido na bebida no tanque de pressão

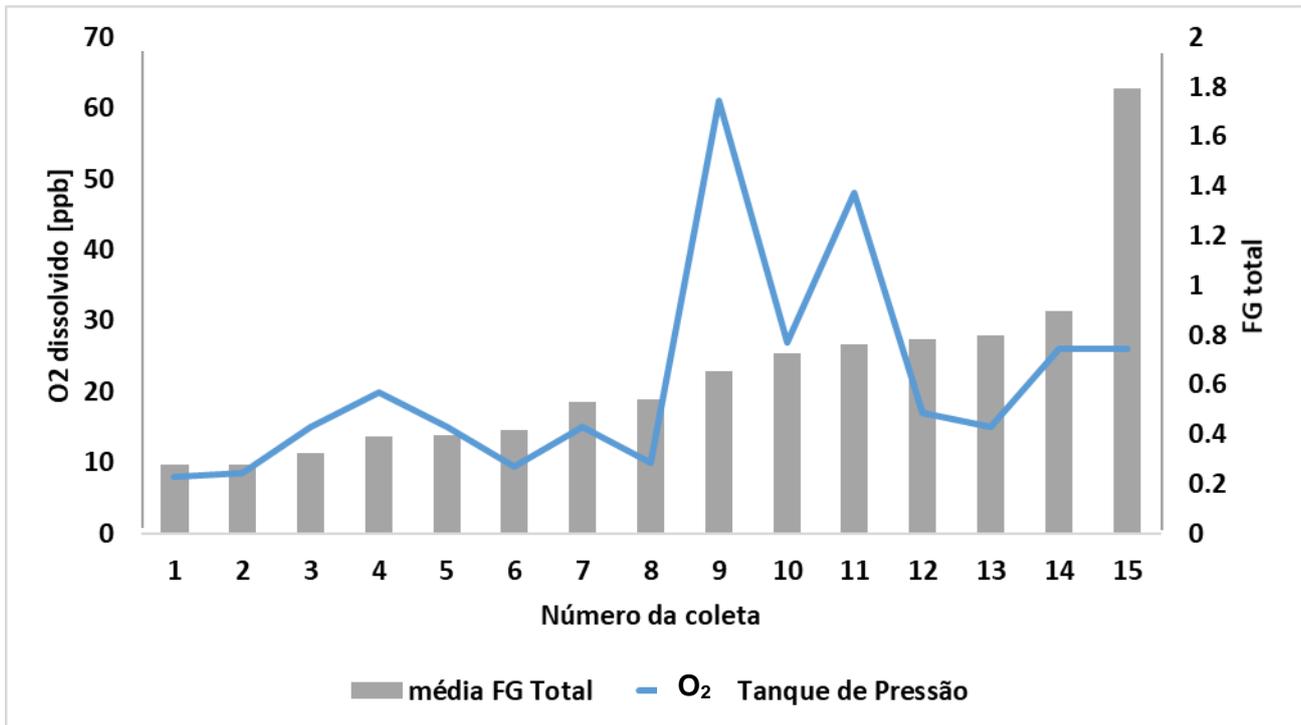
A Figura 11, apresenta o comportamento do *foreign gas* total em relação à quantidade de oxigênio dissolvido nos tanques de pressão no momento de coleta das amostras. Os resultados são apresentados em ordem crescente de *foreign gas* total. Os valores de OD estão apresentados no eixo primário enquanto os valores de *foreign gas* estão no eixo secundário, sendo trazidos na forma de média, uma vez que foram realizadas análises em 10 amostras por coleta.

Inicialmente, é possível observar que os resultados mínimos de *foreign gas* foram registrados quando também houve valores mínimos de OD nos tanques de pressão. Resultado já esperado, uma vez que se trata de uma análise para a quantificação de ar (composto majoritariamente pelos gases oxigênio e nitrogênio, como visto anteriormente) presente na bebida. Então, quanto menor a presença de O<sub>2</sub> na bebida, menor deve ser os valores de *foreign gas* total.

De forma análoga, essa relação também era esperada em se tratando dos valores máximos. No entanto esse comportamento não foi observado. Os valores máximos de OD e *foreign gas* total não ocorreram ao mesmo momento. Os maiores valores de *foreign gas* ocorreram quando os valores de OD foram medianos. Além disso, entre os pontos 9 e 12 da Figura 11, há grandes oscilações nos valores obtidos de OD, enquanto os valores de *foreign gas* permanecem crescentes.

Neste mesmo sentido, há uma grande relevância da variação de *foreign gas* total entre os pontos 14 e 15, onde foi observado que o resultado praticamente duplicou, porém, não houve nenhuma variação de OD, e que, desta forma, era esperado que os valores de *foreign gas* não fossem alterados ou sofressem pequenas variações. Vale ressaltar que, nesses dois pontos citados, o tanque de pressão e o dia em questão eram os mesmos, apenas foi realizado coleta de amostras em diferentes horários.

Figura 11: Comportamento do *foreign gas* total em relação ao OD na bebida no tanque de pressão.



Fonte: Autor, 2022

Esse comportamento divergente ao esperado, traz à tona a possibilidade de influência de uma outra variável, discutida em seguida, do processo produtivo sobre o *foreign gas* do produto acabado.

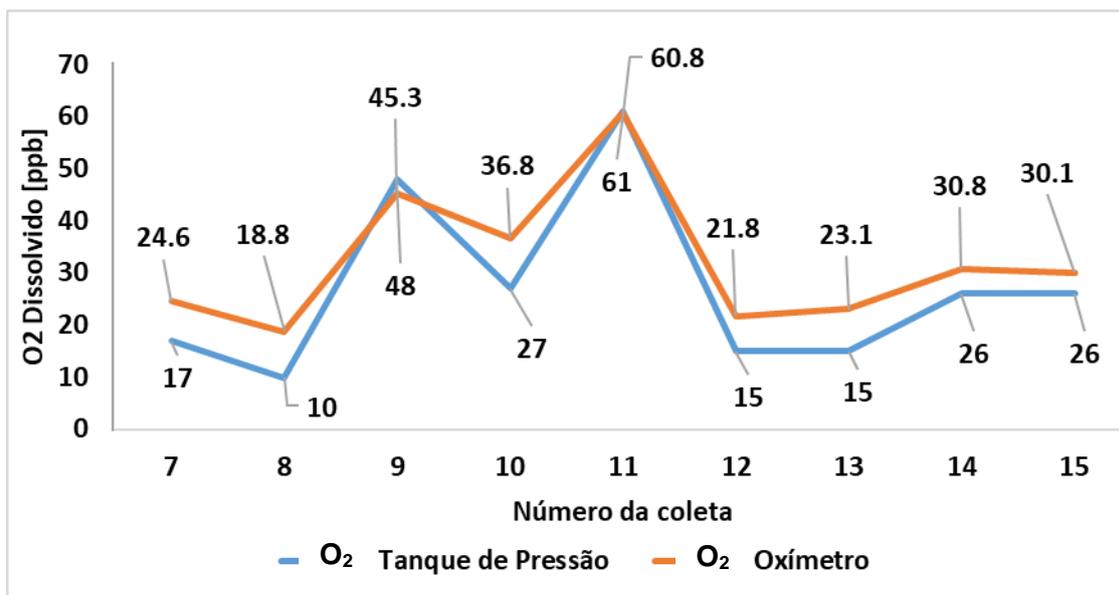
### 4.3 Avaliação do oxigênio dissolvido na bebida na enchedora

Durante o transporte da cerveja do tanque de pressão até o envasamento foi observado se haveria alguma possibilidade de ocorrência de incorporação de ar ao líquido. Neste sentido, como estudo de caso, foi utilizado a linha 03 de envase, visto que esta possui um oxímetro na enchedora de latas indicando a quantidade de OD. Desta forma, na Figura 12, é possível observar que há uma maior presença de OD na bebida no ponto final de seu trajeto até o envase. Assim, podendo indicar que em algum momento, durante o transporte do tanque ao envase, possa existir a incorporação de ar ao produto fabricado.

No ponto 11, praticamente não houve variação (apenas 0,2 ppb), enquanto no ponto 10 houve maior incorporação de oxigênio (aproximadamente 10 ppb). Essas ocorrências podem estar relacionadas à velocidade de produção no momento, ou seja, se houve diferença na quantidade de latas cheias por

segundo na enchedora, e conseqüente uma velocidade maior ou menor do transporte da cerveja para atender à demanda. No entanto, esse caso não foi observado devido a análise, a seguir, mostrar que essa variável não seria o ponto principal de controle para esse estudo.

Figura 12: Resultados comparativos entre quantidade OD na cerveja nos tanques de pressão e na envasadora.



Fonte: Autor, 2022

Dessa forma, também foi avaliado a influência dos dados de OD no momento de envase sobre os resultados de *foreign gas* total. Essa avaliação pode ser constatada na Figura 13, de tal forma que os valores de OD encontram-se no eixo primário e os de *foreign gas* no eixo secundário e os resultados estão distribuídos em ordem crescente de *foreign gas* total.

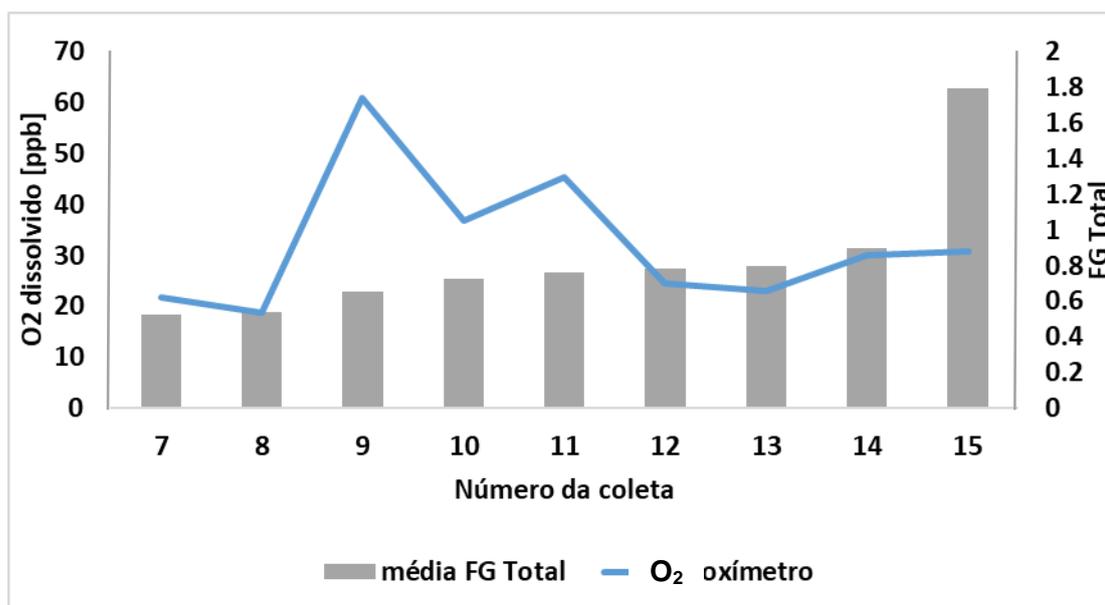
Pode-se observar que o mínimo valor de *foreign gas* obtido não ocorreu quando se teve menor quantidade de OD, porém houve apenas uma pequena variação quando comparado com o valor mínimo de OD, indicado no ponto 2. De forma geral, os dois primeiros pontos do gráfico indicam os menores valores de *foreign gas* e OD, permanecendo conforme o esperado para tal análise.

Novamente, de forma análoga, essa relação também era esperada em se tratando dos valores máximos. No entanto esse comportamento não foi observado. Os valores máximos de OD e *foreign gas* total não ocorreram ao mesmo momento. Os maiores valores de *foreign gas* ocorreram quando os

valores de OD foram medianos. Além disso, entre os pontos 8 e 12 da Figura 13, há grandes oscilações nos valores obtidos de OD, enquanto os valores de *foreign gas* permanecem crescentes.

Neste mesmo sentido, há uma grande relevância da variação de *foreign gas* total entre os pontos 14 e 15, onde foi observado que o resultado praticamente duplicou, porém, não houve nenhuma variação de OD, e que, desta forma, era esperado que os valores de *foreign gas* não fossem alterados ou sofressem pequenas variações. Vale ressaltar que, nesses dois pontos citados, o tanque de pressão e o dia em questão eram os mesmos, apenas foi realizado coleta de amostras em diferentes horários.

Figura 13: comportamento do *foreign gas* total em relação ao OD na cerveja presente na enchedora linha 03.



Fonte: Autor, 2022

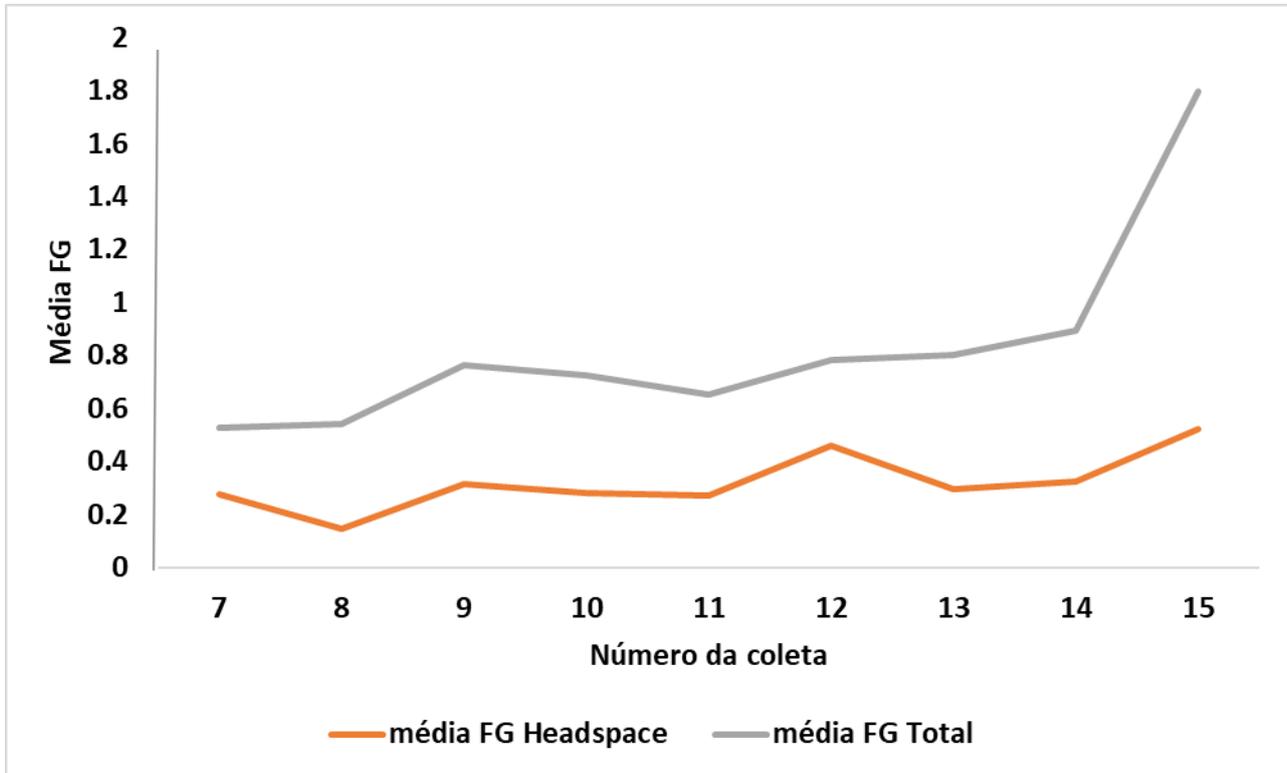
Mais uma vez o comportamento divergente do esperado traz à tona a possibilidade de influência de outra variável, discutida em seguida, do processo produtivo sobre o *foreign gas* do produto acabado.

#### 4.4 Avaliação do *foreign gas* no *headspace* da embalagem

Investigou-se também a influência do *foreign gas* do *headspace* sobre o *foreign gas* total no produto acabado. As Figuras 14 e 15 mostram os gráficos que contêm as curvas comportamentais das duas análises, realizadas nas linhas

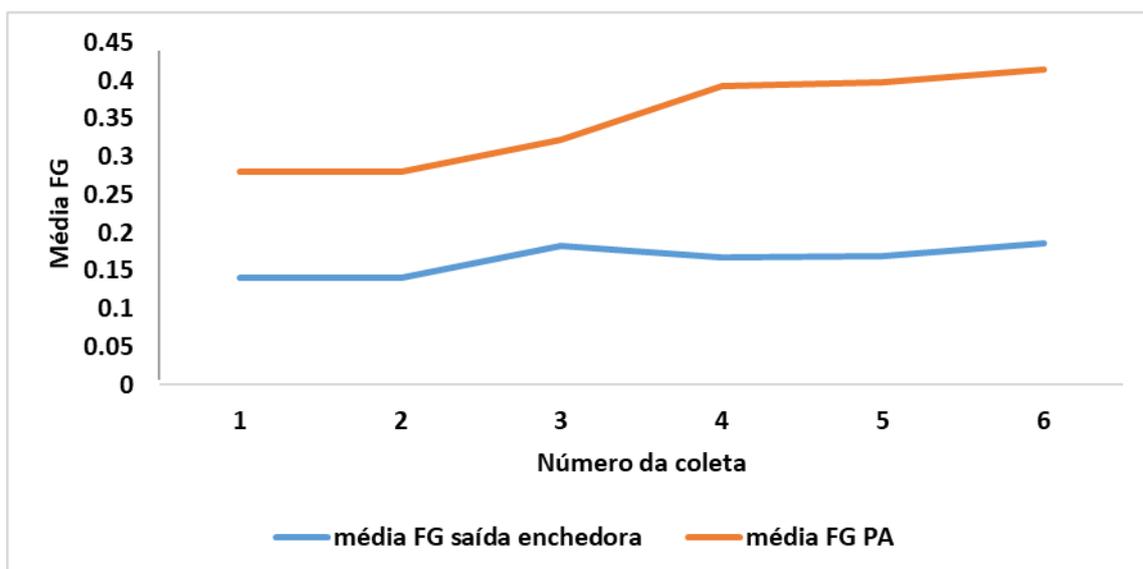
de envase. Cada ponto é formado pela média das 10 amostras analisadas segundo a metodologia descrita anteriormente. É perceptível a semelhança de comportamento das duas variáveis.

Figura 14: Curvas de *foreign gas* do *headspace* e *foreign gas* total das análises realizadas na linha 03 de envase.



Fonte: Autor, 2022

Figura 15: Curvas de *foreign gas* do *headspace* e *foreign gas* total das análises realizadas na linha 01 de envase.



Fonte: Autor, 2022

Esse fato revisitou a necessidade de uma melhor avaliação da relação dos dados dessas análises. Por meio da Tabela 1, com base nos dados obtidos pelo Anexo II, é possível visualizar os valores encontrados de *foreign gas* no *headspace* e *foreign gas* total, de forma individual, ao invés de observar a média, como anteriormente.

A coluna denominada “Frequência1” indica quantas vezes se repetiram os valores de *foreign gas* no *headspace* enquanto a coluna denominada “Frequência2” indica a quantidade de repetição dos valores de *foreign gas* total.

Tabela 1: Resultados individuais das análises de *foreign gas* no *headspace* e *foreign gas* total das coletas realizadas.

Coleta	Volume da embalagem [mL]	Linha de envase	<i>foreign gas</i> <i>headspace</i> [mL/L]	Frequência1	<i>foreign gas</i> Total [mL/L]	Frequência2
1	355	1	0.14	10	0.28	10
2	355	1	0.14	10	0.28	10
3	355	1	0.14	7	0.28	7
			0.28	3	0.42	3
4	355	1	0.14	8	0.28	4
			0.28	2	0.42	4
			-	-	0.56	2
			0.17	10	0.33	6
5	300	1	-	-	0.5	4
			0.17	9	0.33	5
6	300	1	0.33	1	0.5	5
			0.14	1	0.43	5
			0.29	9	0.57	3
7	350	3	-	-	0.71	2
			0.1	6	0.52	8
8	473	3	0.21	4	0.63	2
			0.21	4	0.63	8
9	473	3	0.31	6	0.74	2
			0.28	10	0.71	9
10	350	3	0.28	10	0.71	9

			-	-	0.86	1
			0.21	2	0.74	9
11	473	3	0.31	6	0.95	1
			0.42	2	-	-
			0.43	8	0.57	2
12	350	3	0.57	2	0.71	3
			-	-	0.86	3
			-	-	1	2
13	350	3	0.28	9	0.71	4
			0.42	1	0.86	6
			0.28	7	0.71	1
14	350	3	0.42	3	0.85	5
			-	-	1	4
			0.42	4	1.57	2
			0.57	5	1.71	2
15	350	3	0.71	1	1.85	4
			-	-	2	2

Fonte: Autor, 2022.

No momento, é adotado pela empresa como ideal (faixa de especificação do produto) um valor máximo de 0,50 mL/L para o *foreign gas* no *headspace* e de 0,80 mL/L para o *foreign gas* total (Padrão Operacional Interno).

Com base nos resultados obtidos é possível observar que:

- Para embalagem de 350mL, quando o valor máximo de *foreign gas* no *headspace* é de 0,29mL/L, o *foreign gas* total permaneceu dentro da faixa de especificação;
- Para embalagem de 473mL, quando o valor máximo de *foreign gas* no *headspace* é de 0,31mL/L, o *foreign gas* total permaneceu dentro da faixa de especificação;
- Para embalagem de 300mL, quando o valor máximo de *foreign gas* no *headspace* é de 0,33 mL/L, o *foreign gas* total permaneceu dentro da faixa de especificação;

- Para embalagem de 355mL, quando o valor máximo de *foreign gas* no *headspace* é de 0,28 mL/L, o *foreign gas* total permaneceu dentro da faixa de especificação.

Houve diferença na quantidade de coletas de cada volume de embalagem devido à programação de produção da fábrica, que segue a demanda de mercado. Sendo assim, alguns produtos foram produzidos em menor quantidade ou não foram produzidos, como foi o caso dos produtos com embalagem de volume de 269mL.

As coletas 14 e 15 mostram resultados obtidos no mesmo dia, com cerveja proveniente do mesmo tanque de pressão, porém com coletas realizadas em horários diferentes. Foi possível observar que com menores resultados de *foreign gas* no *headspace* há, também, menores valores no *foreign gas* total. Na coleta 14 os parâmetros de controle da enchedora foram ajustados, enquanto na coleta 15 nenhum ajuste foi realizado. Os parâmetros de ajuste são a injeção de CO<sub>2</sub> nas embalagens, com intuito de expulsar o ar existente; pressão; e altura do equipamento responsável pela quebra de bolhas formadas durante o enchimento.

Apesar de existir mais de uma variável que causa influência sobre o *foreign gas* total, sendo elas a quantidade de oxigênio dissolvido e *foreign gas* no *headspace*, é possível observar grande impacto do *foreign gas* no *headspace* sobre os resultados, de uma forma que mesmo quando os valores ainda estão dentro do limite aceitável, há uma consequência negativa no resultado do *foreign gas* total. Então, viu-se a necessidade de alterar os limites de operação para a variável de *foreign gas* no *headspace*, conforme Tabela 2.

Tabela 2: novos limites máximos aceitáveis para *foreign gas* no *headspace* da embalagem.

Volume da embalagem (mL)	Antigo Limite Máximo de <i>foreign gas</i> no <i>headspace</i> (mL/L)	Novo limite máximo de <i>foreign gas</i> no <i>headspace</i> (mL/L)
300	0,50	0,33
350	0,50	0,29

355	0,50	0,28
473	0,50	0,31

Fonte: Autor, 2022

Para validação desses novos limites foi realizada uma nova coleta de dados, realizando dessa vez apenas a análise de *foreign gas* total pois, os resultados de *foreign gas* no *headspace* foram avaliados e controlados dentro dos limites estabelecidos pela frequência das análises de rotina diária.

O resultado desta avaliação está presente na Tabela 3, com base nos resultados compilados no quadro do Anexo III, pela qual tem-se que do total de análises realizadas, cerca de 16% dos resultados encontraram-se fora do limite máximo de especificação. Esse resultado foi avaliado como satisfatório pela equipe de qualidade pois, como observado na Figura 16, os valores que excederam o limite atingiram o valor máximo de 0,86mL/L que corresponde a apenas 7,5% a mais que o permitido.

É perceptível o elevado número de resultados para embalagens de 350 mL em comparação com as demais, devido programação de produção da fábrica. Assim que possível, será realizado maior amostragem de dados para os demais volumes. Dessa forma, será possível atribuir maior confiança nos resultados obtidos e, conseqüentemente, uma melhor avaliação para continuar a validação da modificação realizada visando a melhoria da qualidade do produto.

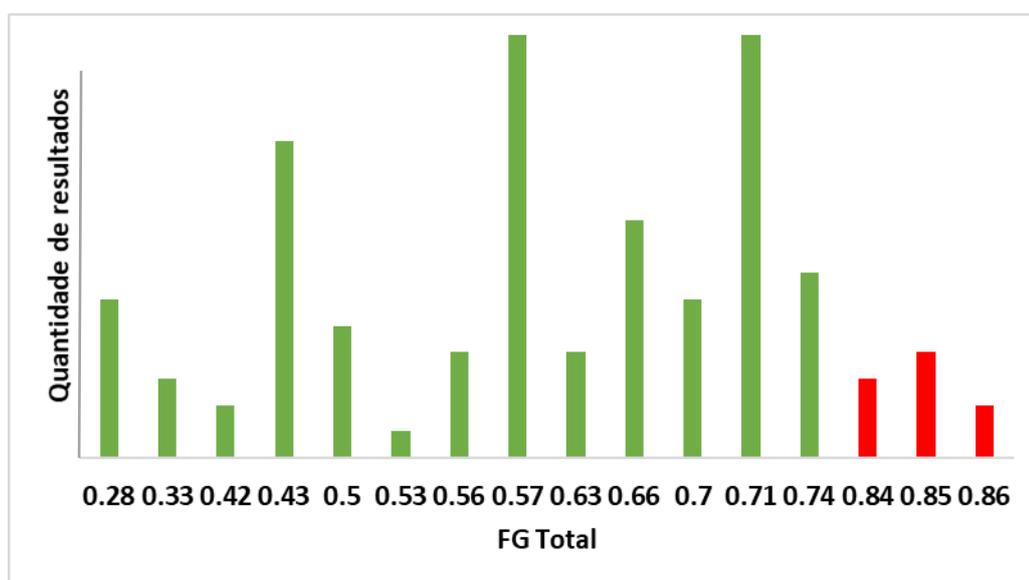
Tabela 3: Resultados de *foreign gas* total após definição de novos limites de *foreign gas* no *headspace*.

Volume da embalagem (mL)	Nº total de análises	Nº total de resultados fora da especificação	% de resultados fora da especificação
300	19	1	5,3
350	77	6	7,8
355	10	0	0,0
473	12	3	25,0
Total	118	19	16,1

Fonte: Autor, 2022

Na Figura 16 é possível observar os valores das análises de *foreign gas* total realizadas em todos os quatro diferentes tipos de embalagem já citados, após modificação dos limites de *foreign gas* no *headspace*. As barras em cor verde, na figura, indicam os resultados dentro da especificação definida pela empresa, enquanto as barras em vermelho indicam os resultados acima do limite especificado.

Figura 16: Resultados de *foreign gas* total após modificação dos limites máximos de *foreign gas* do *headspace*.



Fonte: Autor, 2022

Houve satisfatório resultado de melhoria da qualidade do produto em relação à quantidade de ar presente nas embalagens, visto através da redução dos valores de *foreign gas* e conseqüentemente redução do O<sub>2</sub> contido, uma vez que é irrelevante na cervejaria em questão a presença do N<sub>2</sub> pois, não é utilizado em nenhuma etapa do processo.

A próxima etapa deste projeto irá continuar posteriormente, com a obtenção de novos dados das análises sensoriais após estabilização dos valores de *foreign gas* total dentro do limite máximo especificado.

## 5 CONCLUSÃO

O *foreign gas* total presente na cerveja em excesso ocasiona o surgimento de defeitos sensoriais na bebida, devido à elevada proporção de oxigênio. Manter o controle dessa variável permite a produção de uma cerveja com maior qualidade.

Tendo em vista os resultados obtidos, o *foreign gas* do *headspace* das embalagens é uma variável do processo determinante para o resultado do *foreign gas* total, sendo então necessário um rígido controle dela. Para tal, foram definidos novos limites de aceitação dessa variável durante a produção da cerveja, através do controle de parâmetros da enchedora no envasamento.

Essa medida incrementou a qualidade da cerveja produzida diminuindo a quantidade de *foreign gas* total que inicialmente atingia valores de 4 mL/L, para um valor máximo de aceitação de 0,8 mL/L, e agora atinge valores de 0,85 mL/L, apenas 7,5% acima do limite máximo e em apenas 16% dos casos analisados.

## 6. REFERÊNCIAS

A roda dos sabores da cerveja. Disponível em [http://walscervejas.blogspot.com/2011/10/roda-dos-sabores-da-cerveja.html?sm\\_auiHVMvJpJ0NsQ5vsrs3tLfK6JMkHHC](http://walscervejas.blogspot.com/2011/10/roda-dos-sabores-da-cerveja.html?sm_auiHVMvJpJ0NsQ5vsrs3tLfK6JMkHHC) acessado em 07 de junho de 2022.

AMBEV (Companhia de bebidas das américas), **Os principais ingredientes da cerveja.** <Disponível em <https://www.ambev.com.br/blog/categoria/cerveja/>> 2019, acessado em 20 fevereiro de 2022.

ARAÚJO, F.R.V; **IMPACTO SENSORIAL DA MICROBIOTA NO OFF-FLAVOUR DA CERVEJA ARTESANAL SESSION IPA DURANTE O ARMAZENAMENTO.** Dissertação, Pós Graduação em Ciência e Tecnologia do Alimento, Universidade Federal do Ceará, 2019.

Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CERVBRASIL). **A Cerveja.** <Disponível em [http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/a-cerveja/](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/a-cerveja/)> Acessado em 22 de fevereiro de 2022.

Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CERVBRASIL). **O Brasil é o 3º maior produtor de cerveja do mundo.** Disponível em <<https://www.poder360.com.br/economia/producao-brasileira-de-cerveja-sobe-29-pontos-em-2020-e-retoma-patamar-de-2014/com.br>> Acessado em 22 de maio de 2022.

Dispositivo perfurador DT -Zahm <<https://atrya.com.mx/vases-y-pet>> acessado em 17 de maio de 2022.

FRASCO MARIOTTE 1L COM OLIVA DE VIDRO Disponível em <<https://www.didaticasp.com.br/frasco-mariotte-com-oliva-de-vidro-1lcom.br>> > acessado em 17 de maio de 2022.

G1; **Consumo de cerveja 'migra' para dentro de casa e volume de vendas no Brasil é o maior desde 2014.** Disponível em < [Consumo de cerveja 'migra' para dentro de casa e volume de vendas no Brasil é o maior desde 2014 | Economia | G1 \(globo.com\)](#) > Acessado em 17 de maio de 2022.

KEUKELEIRE, D; HEYERICK, A; HUVAERE, L; SKIBSTED, L. H; ANDERSEN, M. L; **Beer lightstruck flavor: the full story**, 2008.

KLIEMANN, N. C; **Monitoramento das dicetonas vicinais durante o processamento da cerveja**. Trabalho de conclusão de curso em Tecnologia em Processos Químicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

MARCUSSO, E.F; MULLER, C.V. **A Cerveja no Brasil: O Ministério da Agricultura Informando e Esclarecendo**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017.

Mariani, C. A. **Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso**. RAI - Revista de Administração e Inovação, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 110-126, 2005.

Medidor de oxigênio para tanque Pentair. Disponível em <<https://foodandbeverage.pentair.com/en/products/haffmans-portable-optical-o2-tpo-meter-o-dgm>> acessado em 07 de junho de 2022.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, **Instrução normativa nº65, de 10 de dezembro de 2019**. Disponível em <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-65-de-10-de-dezembro-de-2019-232666262>> acessado em 20 de fevereiro de 2022.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Mercado Cervejeiro cresce no Brasil e aumenta interesse pela produção nacional de lúpulo e cevada**, 2021. <Disponível em <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/08/mercado-cervejeiro-cresce-no-brasil-e-aumenta-interesse-pela-producao-nacional-de-lupulo-e-cevada>> Acessado em 22 de fevereiro de 2022.

NOVASKI, V; FREITAS, J. L; BILLIG, O. A. **Aplicação de matriz GUT e gráfico de Pareto para priorização de perdas no processo produtivo de uma panificadora**. International Journal of Development Research Vol. 10, Issue, 11, pp. 42203-42207, November, 2020

*off-flavours* ou falhas na cerveja. Disponível em <<https://concerveja.com.br/off-flavours/>> acessado em 20 de abril de 2022.

OLIVEIRA, N.A.M. de; **Leveduras Utilizadas no Processo de Fabricação da Cerveja**. Monografia, Pós-graduação em Microbiologia. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2011.

PAULISTA, P.H; ALVEZ, R.A. **Ferramentas da qualidade: revisão bibliográfica e análise bibliométrica**. IV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2014.

PO1, **Padrão Operacional Interno: *Foreign gas* no Headspace**.

PO2, **Padrão Operacional Interno: *Foreign gas* total**.

PO3, **Padrão Operacional Interno: Faixas de controle operacional**.

PO4, **Padrão Operacional Interno: Teste de identificação de *off-flavours***.

PO5, **Padrão Operacional Interno: Primeira linha de controle**.

REBELLO, F. F. P., **Produção de Cerveja**. Revista Agrogeoambiental, 2009. p. 145-155.

SANTOS, M. S. dos., **Cervejas e refrigerantes**. 21 ed. São Paulo: CETESB, 2005. p. 16. Cap 3.

SCHEFFER, R.C; DIAS, E.N; LEMES, B.K; LEMOS, A.J; **Processo produtivo da cerveja tipo pilsen**. VII EEPA- Encontro de Engenharia de Produção Agroindústria, 2013.

TEIXEIRA, S.P.R.B; **Compostos responsáveis pelo “off-flavour” da cerveja: caracterização e impacto sensorial**. Mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar, Universidade do Porto, 2016.

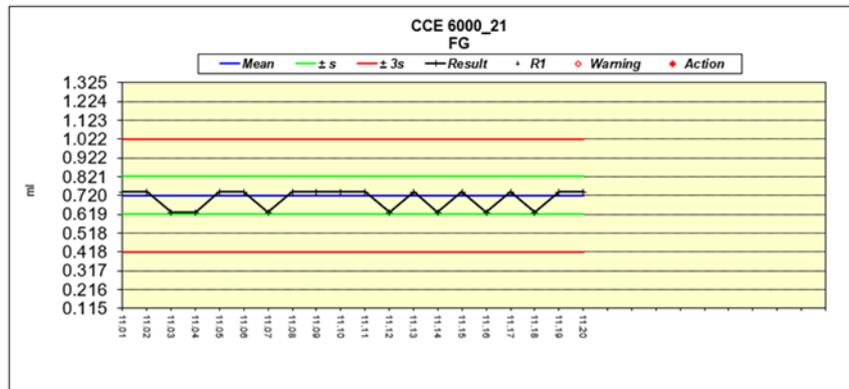
USBERBCO, J; SALVADOR, E. **Química. Volume único**. 5. ed., São Paulo. Saraiva, 2002.

VALENTE, I.M.F; **Desenvolvimento de Metodologias Analíticas para a determinação de *off-flavours* em bebidas**. Doutorado em Química Sustentável, Departamento de Química e Bioquímica, Universidade do Porto, 2014

WINGERT, S; **Acompanhamento do Processo Produtivo de Cervejaria**. Relatório de estágio, Instituto Federal de Santa Catarina, 2019.

# ANEXO I

## CARTA CONTROLE DA ANÁLISE DE FOREIGN GAS TOTAL



Fonte: Autor, 2022

## ANEXO II

QUADRO 1: COLETA DE DADOS DAS VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM NO  
*FOREIGN GAS TOTAL.*

VOLUME	Tanque	SKU	O2 DO TANQUE	O2 no oxímetro	<i>FOREIGN GAS DO</i>	<i>FOREIGN</i>
					<i>HEADSPACE</i>	<i>GAS TOTAL</i>
1	TFM05	355	15	NA	0.28	0.42
1	TFM05	355	15	NA	0.28	0.28
1	TFM05	355	15	NA	0.14	0.42
1	TFM05	355	15	NA	0.14	0.28
1	TFM05	355	15	NA	0.14	0.28
1	TFM05	355	15	NA	0.14	0.28
1	TFM05	355	15	NA	0.14	0.42
1	TFM05	355	15	NA	0.28	0.28
1	TFM05	355	15	NA	0.14	0.28
1	TFM05	355	15	NA	0.14	0.28
3	BBT02	473	10	18.8	0.10	0.52
3	BBT02	473	10	18.8	0.10	0.52
3	BBT02	473	10	18.8	0.21	0.52
3	BBT02	473	10	18.8	0.10	0.52
3	BBT02	473	10	18.8	0.21	0.52
3	BBT02	473	10	18.8	0.10	0.52
3	BBT02	473	10	18.8	0.10	0.52
3	BBT02	473	10	18.8	0.21	0.63
3	BBT02	473	10	18.8	0.21	0.63
3	BBT02	473	10	18.8	0.10	0.52
3	BBT01	350	27	36.8	0.28	0.71
3	BBT01	350	27	36.8	0.28	0.71
3	BBT01	350	27	36.8	0.28	0.71
3	BBT01	350	27	36.8	0.28	0.71
3	BBT01	350	27	36.8	0.28	0.71
3	BBT01	350	27	36.8	0.28	0.71
3	BBT01	350	27	36.8	0.28	0.71
3	BBT01	350	27	36.8	0.28	0.71
3	BBT01	350	27	36.8	0.28	0.71

3	BBT01	350	27	36.8	0.28	0.86
3	BBT01	350	27	36.8	0.28	0.71
3	BBT03	350	26	30.8	0.42	2.00
3	BBT03	350	26	30.8	0.57	1.57
3	BBT03	350	26	30.8	0.57	1.85
3	BBT03	350	26	30.8	0.42	1.85
3	BBT03	350	26	30.8	0.57	1.71
3	BBT03	350	26	30.8	0.71	1.71
3	BBT03	350	26	30.8	0.42	2.00
3	BBT03	350	26	30.8	0.57	1.85
3	BBT03	350	26	30.8	0.42	1.85
3	BBT03	350	26	30.8	0.57	1.57
3	BBT03	350	26	30.1	0.28	1.00
3	BBT03	350	26	30.1	0.42	1.00
3	BBT03	350	26	30.1	0.28	0.71
3	BBT03	350	26	30.1	0.28	0.85
3	BBT03	350	26	30.1	0.28	0.85
3	BBT03	350	26	30.1	0.42	0.85
3	BBT03	350	26	30.1	0.28	1.00
3	BBT03	350	26	30.1	0.42	0.85
3	BBT03	350	26	30.1	0.28	1.00
3	BBT03	350	26	30.1	0.28	0.85
1	tfm01	355	20	NA	0.28	0.56
1	tfm01	355	20	NA	0.14	0.42
1	tfm01	355	20	NA	0.14	0.42
1	tfm01	355	20	NA	0.14	0.42
1	tfm01	355	20	NA	0.28	0.28
1	tfm01	355	20	NA	0.14	0.56
1	tfm01	355	20	NA	0.14	0.42
1	tfm01	355	20	NA	0.14	0.28
1	tfm01	355	20	NA	0.14	0.28
1	tfm01	355	20	NA	0.14	0.28
3	BBT01	473	48	49.3	0.21	0.74

3	BBT01	473	48	49.3	0.21	0.74
3	BBT01	473	48	49.3	0.31	0.74
3	BBT01	473	48	49.3	0.42	0.74
3	BBT01	473	48	49.3	0.31	0.95
3	BBT01	473	48	49.3	0.31	0.74
3	BBT01	473	48	49.3	0.42	0.74
3	BBT01	473	48	49.3	0.31	0.74
3	BBT01	473	48	49.3	0.31	0.74
3	BBT01	473	48	49.3	0.31	0.74
3	BBT02	473	61	60.8	0.31	0.74
3	BBT02	473	61	60.8	0.31	0.63
3	BBT02	473	61	60.8	0.21	0.74
3	BBT02	473	61	60.8	0.31	0.63
3	BBT02	473	61	60.8	0.21	0.63
3	BBT02	473	61	60.8	0.21	0.63
3	BBT02	473	61	60.8	0.31	0.63
3	BBT02	473	61	60.8	0.31	0.63
3	BBT02	473	61	60.8	0.31	0.63
3	BBT02	473	61	60.8	0.21	0.63
1	TFM04	355	8	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8.5	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8.5	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8.5	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8.5	NA	0.14	0.28

1	TFM04	355	8.5	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8.5	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8.5	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8.5	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8.5	NA	0.14	0.28
1	TFM04	355	8.5	NA	0.14	0.28
3	bbt01	350	15	23.1	0.28	0.86
3	bbt01	350	15	23.1	0.28	0.71
3	bbt01	350	15	23.1	0.28	0.71
3	bbt01	350	15	23.1	0.28	0.86
3	bbt01	350	15	23.1	0.28	0.71
3	bbt01	350	15	23.1	0.28	0.86
3	bbt01	350	15	23.1	0.28	0.71
3	bbt01	350	15	23.1	0.28	0.86
3	bbt01	350	15	23.1	0.28	0.71
3	bbt01	350	15	23.1	0.42	0.86
3	bbt01	350	15	23.1	0.28	0.86
3	bbt01	350	15	23.1	0.28	0.86
1	TP01	300	15	NA	0.17	0.50
1	TP01	300	15	NA	0.17	0.33
1	TP01	300	15	NA	0.17	0.33
1	TP01	300	15	NA	0.17	0.33
1	TP01	300	15	NA	0.17	0.50
1	TP01	300	15	NA	0.17	0.33
1	TP01	300	15	NA	0.17	0.33
1	TP01	300	15	NA	0.17	0.50
1	TP01	300	15	NA	0.17	0.50
1	TP01	300	15	NA	0.17	0.33
1	TP01	300	15	NA	0.17	0.33
3	BBT01	350	17	24.6	0.43	1.00
3	BBT01	350	17	24.6	0.43	0.71
3	BBT01	350	17	24.6	0.43	0.57
3	BBT01	350	17	24.6	0.43	0.71
3	BBT01	350	17	24.6	0.57	0.71
3	BBT01	350	17	24.6	0.57	0.57
3	BBT01	350	17	24.6	0.43	0.86

3	BBT01	350	17	24.6	0.43	1.00
3	BBT01	350	17	24.6	0.43	0.86
3	BBT01	350	17	24.6	0.43	0.86
3	BBT01	350	15	21.8	0.29	0.71
3	BBT01	350	15	21.8	0.29	0.71
3	BBT01	350	15	21.8	0.29	0.43
3	BBT01	350	15	21.8	0.29	0.57
3	BBT01	350	15	21.8	0.14	0.57
3	BBT01	350	15	21.8	0.29	0.43
3	BBT01	350	15	21.8	0.29	0.57
3	BBT01	350	15	21.8	0.29	0.43
3	BBT01	350	15	21.8	0.29	0.43
3	BBT01	350	15	21.8	0.29	0.43
1	TFM02	300	9.5	NA	0.33	0.50
1	TFM02	300	9.5	NA	0.17	0.50
1	TFM02	300	9.5	NA	0.17	0.50
1	TFM02	300	9.5	NA	0.17	0.50
1	TFM02	300	9.5	NA	0.17	0.33
1	TFM02	300	9.5	NA	0.17	0.33
1	TFM02	300	9.5	NA	0.17	0.33
1	TFM02	300	9.5	NA	0.17	0.33
1	TFM02	300	9.5	NA	0.17	0.50
1	TFM02	300	9.5	NA	0.17	0.33

### ANEXO III

Quadro 2: Resultados de *foreign gas* total após modificação dos limites de *foreign gas* no *headspace*.

<b>FOREIGN GAS DO</b>		
<b>Volume</b>	<b>HEADSPACE</b>	<b>FOREIGN GAS TOTAL</b>
473mL	0.21	0.74
473mL	0.31	0.84
473mL	0.21	0.84
473mL	0.21	0.74
473mL	0.11	0.63
473mL	0.11	0.63
473mL	0.21	0.63
473mL	0.11	0.63
355mL	0.14	0.7
355mL	0.14	0.53
355mL	0.28	0.7
473mL	0.31	0.74
473mL	0.21	0.74
355mL	0.14	0.7
355mL	0.14	0.56
355mL	0.28	0.7
473mL	0.21	0.74
473mL	0.31	0.84
300mL	0.28	0.7
350mL	0.28	0.43
350mL	0.28	0.71
350mL	0.14	0.42
350mL	0.14	0.57
350mL	0.28	0.57
350mL	0.14	0.43
350mL	0.14	0.57
350mL	0.14	0.57
350mL	0.14	0.71

350mL	0.28	0.71
350mL	0.28	0.85
350mL	0.28	0.71
350mL	0.28	0.71
350mL	0.14	0.43
350mL	0.14	0.57
300mL	0.33	0.66
350mL	0.14	0.57
350mL	0.14	0.57
350mL	0.14	0.71
350mL	0.14	0.71
300mL	0.17	0.5
350mL	0.28	0.85
300mL	0.17	0.5
350mL	0.14	0.71
350mL	0.14	0.43
350mL	0.14	0.28
350mL	0.14	0.28
350mL	0.14	0.28
300mL	0.17	0.66
350mL	0.28	0.57
350mL	0.28	0.57
350mL	0.14	0.43
350mL	0.14	0.43
350mL	0.14	0.57
350mL	0.28	0.86
350mL	0.14	0.71
350mL	0.14	0.71
350mL	0.28	0.71
300mL	0.17	0.33

350mL	0.28	0.85
350mL	0.14	0.71
350mL	0.14	0.57
350mL	0.14	0.57
350mL	0.14	0.57
355mL	0.14	0.42
350mL	0.28	0.71
355mL	0.14	0.57
350mL	0.28	0.85
350mL	0.14	0.57
350mL	0.14	0.57
350mL	0.14	0.43
350mL	0.14	0.57
300mL	0.17	0.5
350mL	0.14	0.28
350mL	0.43	0.57
350mL	0.14	0.28
350mL	0.14	0.28
350mL	0.28	0.57
350mL	0.14	0.57
350mL	0.14	0.43
350mL	0.14	0.43
350mL	0.14	0.43
300mL	0.17	0.66
300mL	0.17	0.66
300mL	0.17	0.50
300mL	0.17	0.66
350mL	0.14	0.57
300mL	0.17	0.66
350mL	0.14	0.57
300mL	0.17	0.33
350mL	0.14	0.57
350mL	0.14	0.71

300mL	0.17	0.66
355mL	0.14	0.70
350mL	0.14	0.71
355mL	0.14	0.56
350mL	0.14	0.86
300mL	0.17	0.5
350mL	0.14	0.43
300mL	0.17	0.66
350mL	0.14	0.57
300mL	0.17	0.66
350mL	0.14	0.57
300mL	0.17	0.33
350mL	0.28	0.71
350mL	0.14	0.57
300mL	0.17	0.83
350mL	0.14	0.57
350mL	0.14	0.57
350mL	0.14	0.57
350mL	0.14	0.43
350mL	0.14	0.57

