



Filipe Rafael Tai

Licenciatura em Engenharia Química e Bioquímica

Validação do equipamento TPA e a consequente redução dos níveis de Oxigénio do produto acabado

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Química e Bioquímica

Orientador:

Doutora Teresa Sampaio Geirinhas
Quality Control - Analytical Manager
Sociedade Central de Cervejas e Bebidas SA

Co-orientador:

Professor Doutor Mário Eusébio,
Professor auxiliar
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Doutora Maria Madalena Alves Campos de Sousa Dionísio Andrade
Arguente(s): Eng^a. Maia Dulce Brás Trindade da Silva
Vogal(ais): Doutora Teresa Isabel Silvestre Sampaio Geirinhas

24 de setembro de 2018



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA



Filipe Rafael Tai

Licenciatura em Engenharia Química e Bioquímica

**Validação do equipamento TPA e a
consequente redução dos níveis de
Oxigénio do produto acabado**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Química e Bioquímica

Orientador:

Doutora Teresa Sampaio Geirinhas
Quality Control - Analytical Manager
Sociedade Central de Cervejas e Bebidas SA

Co-orientador:

Professor Doutor Mário Eusébio
Professor auxiliar
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

Validação do equipamento TPA e a conseqüente redução dos níveis de Oxigénio do produto acabado

Filipe Rafael Tai, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

Copyright ®

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm direito, perpétuo o e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha orientadora Teresa Sampaio, pela oportunidade de realizar o estágio de dissertação na Sociedade Central de Cervejas e Bebidas SA, a confiança depositada em diversas atividades realizadas, dedicação e transmissão de ensinamentos que contribuíram para o meu o crescimento profissional e pessoal. Por conseguir reforçar sempre a ideologia de apresentar o melhor de mim tanto em tarefas básicas como com alto grau de importância, que irá me acompanhar sempre ao longo da vida. Um obrigado especial pela amizade e todos os bons momentos passados nos últimos 6 meses.

Ao Professor Doutor Mário Eusébio por toda ajuda e conselhos oferecidos e tempo dedicado para que conseguisse obter e apresentar o melhor trabalho.

À minha família pelo apoio nos últimos 5 anos, principalmente à minha mãe e ao meu irmão pela motivação, auxílio e tolerância nos momentos mais exaustivos permitindo que continuasse e nunca desistir.

Aos meus colegas de estágio, Mónica Martins, Catarina Marques, André Silva e Rui Assunção pela companhia, motivação, ajuda e amizade, proporcionando o melhor ambiente e conforto dentro e fora da área de trabalho.

A todos os membros da equipa de melhoria TPM no qual sem a sua ajuda nada teria sido possível, mas um obrigado especial à Ângela Candeias e Marcelo Correia pelos ensinamentos e dedicação e que foram uma das bases para o avanço do trabalho.

A todos os envolvidos direta ou indiretamente no trabalho, Maria José Sousa, Sílvia Racha, Jorge Castro, Raquel Mendes, Elisete Cordeiro, Sónia Mendes e Maria Tomás pela amizade e motivação.

Por fim a todos os meus amigos que foram a minha escapatória sobre a pressão de terminar o curso e que sempre me motivaram para ser bem-sucedido.

Resumo

O controlo da concentração de Oxigénio (O_2) é um dos fatores críticos para garantir a Qualidade da cerveja devido às reações de oxidação que podem ocorrer após o enchimento. De modo a assegurar os baixos níveis de O_2 , foi criada uma equipa de melhoria “*Total Productive Management*” (TPM) com o objetivo de reduzir os níveis de “*Total Package Oxygen*” (TPO) de uma linha de enchimento. Apenas foi possível avaliar este parâmetro com a aquisição de um novo equipamento, Orbisphere 6110 Total Package Analyser (TPA), que analisa a concentração de Oxigénio Dissolvido e Oxigénio do espaço vazio (“*Pick-up*”) em separado, a concentração de Dióxido de carbono (CO_2) e Ar no Colo,

A validação das medições de CO_2 e Ar no Colo consistiu na comparação de critérios de validação, precisão (repetibilidade) através do “*Relative Standard Deviation*” (RSD) e a exatidão através do “z-score”, dos métodos tradicionais, Zahm & Nagel (CO_2) e Hidróxido de Potássio (Ar no Colo) com dois métodos do equipamento TPA, na validação das análises de Oxigénio, foram avaliados os parâmetros da sensibilidade, precisão e exatidão (erro relativo).

O equipamento TPA é mais preciso para as determinações de CO_2 e Ar no Colo, com o RSD inferior, comparativamente com os respetivos métodos tradicionais. Por outro lado, a exatidão apenas se destaca para as análises de Dióxido de Carbono, tendo o Método com Hidróxido de Potássio um z-score inferior ao do TPA. A determinação da concentração de Oxigénio tem uma sensibilidade próxima de 1, a precisão foi validada ao apresentar uma diferença entre a média real e teórica inferior a 20 ppb, em toda a gama de volume de ar injetado analisado, 100, 250, 300 e 500 μl e o erro relativo foi **2 e 3%**, inferiores ao limite superior de 5%.

A equipa de melhoria TPM identificou dois modos de defeito, Oxigénio Dissolvido e Oxigénio no espaço vazio sendo o último o modo de defeito mais crítico e originado no processo de enchimento, mais precisamente na enchedora. Desta forma, a equipa decidiu que o foco do trabalho seria o Oxigénio no espaço vazio. As causas raízes para o elevado nível de “*Pick-up*” são, a pressão do sistema de HDE e o comprimento dos bicos de enchimento. Com a validação do equipamento para as análises de TPO, foi possível iniciar os ensaios para analisar o impacto da variação da pressão e redução do comprimento, e ao fim de 5 ensaios, foi possível reduzir os níveis de TPO de **a ppm** para **0,274 ppm**, que equivale a uma redução de **49%**. Com a implementação de ações de melhoria sobre as causas raízes, foi possível alcançar o objetivo de reduzir a média de concentração de Oxigénio no espaço vazio para **0,084 ppm** reduzindo em cerca de **58%** face aos resultados anteriores à formação da equipa de melhoria contínua.

Palavras-Chave: Qualidade, Oxigénio, CO_2 , Ar no Colo, TPA

Abstract

The control of the levels of Oxygen is critical to assure the quality due to the oxidation of the beer that can occur after the filling process. To ensure the low levels of O₂, it was formed an improvement team following the Total Productive Management philosophy with the purpose to reduce the Total Package Oxygen (TPO) of one of the fillers. It was only possible to analyze the Oxygen with the acquisition of a new equipment, Orbisphere 6110 Total Package Analyser (TPA), that can analyze Dissolved Oxygen and Pick-up Oxygen in separate, Carbon Dioxide (CO₂) and Foreign Gas.

The TPA equipment was validated through the comparison of validation standards, precision (repeatability) by Relative Standard Deviation (RSD) and accuracy by z-score, of traditional methods, Zahm & Nagel (CO₂) and Potassium Hydroxide (Foreign Gas), with two methods of TPA equipment. The Oxygen analysis was validated through sensitivity, precision and accuracy (percent error).

TPA is more precise for CO₂ and Foreign Gas analysis, presenting an RSD lower than traditional methods, but in other hand, only was accurate for Carbon Dioxide. In addition, the method Potassium Hydroxide had lower values of z-score. The sensitivity of the Oxygen analysis is near 1, the precision was validated for presenting a difference between experimental and theoretical mean lower than **20** ppb in all range of injected volume analyzed, 100, 250, 300 and 500 µl and a percent error of **2-3%**, that is lower than the established limit of 5%.

The TPM team was able to identify the two defect modes, Dissolved oxygen and Pick-up Oxygen. The last one is the critical defect mode and it is caused by the filling process, more specifically the filler itself. For this reason, the team decided that the focus of all the activities were around the Oxygen in the headspace. The root causes for the high level of pick-up were the HDE pressure and the size of the filling nozzles. Once the TPA equipment is validated for the TPO analysis, it was possible to initiate the trails and assess the impact of the variation of pressure and reduction of the size of the filling nozzle. After 5 trials, it was possible to reduce the TPO from **a** ppm to **0,274** ppm, thus obtaining a reduction of **49%**. By implementing improvement actions over the root causes, it was possible to achieve the goal to reduce the mean concentration of Oxygen in headspace to **0,084** ppm verifying a reduction of **58%** comparing with the results before the formation of the improvement team.

Key-Words: Quality, Oxygen, CO₂, Foreign Gas, TPA

Índice

1.	Enquadramento e Motivação.....	1
1.1	Objetivos.....	1
1.2	Sociedade Central de Cervejas e Bebidas SA, SCC	2
1.2.1	História e Grupo <i>HEINEKEN</i>	3
1.2.2	Produtos	4
1.2.3	Certificações.....	6
1.2.4	TPM.....	7
1.2.5	LSS.....	7
2	Introdução teórica.....	9
2.1	Cerveja	9
2.1.2	Matérias-primas.....	9
2.1.3	Processo cervejeiro.....	10
2.1.4	Controlo de Oxigénio nos materiais	13
2.1.5	Controlo do enchimento	14
2.2	Validação e Implementação de Métodos Analíticos	18
2.2.1	Especificidade	19
2.2.2	Sensibilidade	19
2.2.3	LD (limite de deteção)	20
2.2.4	LQ (limite de quantificação).....	21
2.2.5	Precisão.....	22
2.2.6	Exatidão.....	24
2.2.7	Ensaio interlaboratoriais.....	27
2.2.8	Testes comparativos	27
2.2.9	Robustez	27
2.2.10	Controlo estatístico de um processo.....	28
2.3	Melhoria Contínua	29
2.3.1	Pilares do TPM.....	30
2.3.2	KPI – indicador de produtividade	32
2.3.3	Ferramentas TPM	33
3	Materiais e Métodos	35
3.1	Validação do Equipamento TPA	35
3.1.1	Equipamento TPA (Total Package Analyser).....	35

3.1.2 Plano de validação para a determinação da concentração de Dióxido de Carbono e Ar no Colo	38
3.1.3 Plano de validação para a determinação da concentração de Oxigénio total	41
3.1.4 Tratamento de Resultados	43
3.1.5 Implementação do Novo Método	45
3.2 Redução dos níveis de Oxigénio do Produto Acabado	46
3.2.1 Equipa	47
3.2.2 Desdobramento	48
3.2.3 Rota de redução de defeitos	49
3.2.4 Recolha de amostras	51
3.2.5 Equipamentos de análise	52
3.2.6 Conceitos e materiais aplicados na rota de redução de defeitos	54
3.2.7 Descrição da Linha de enchimento	57
4 Apresentação e discussão de resultados	59
4.1 Validação do equipamento TPA – Comparação do equipamento Zahm & Nagel com o TPA para a determinação da concentração de Dióxido de Carbono	59
4.1.1 Precisão.....	59
4.1.2 Exatidão.....	61
4.2 Validação do equipamento TPA – Comparação do método com Hidróxido de Potássio com o equipamento TPA para a determinação da concentração de Ar no Colo.....	62
4.2.1 Precisão.....	62
4.2.2 Exatidão.....	63
4.3 Validação do equipamento TPA – Medição da concentração de Oxigénio	64
4.3.1 Sensibilidade	64
4.3.2 Precisão.....	66
4.3.3 Exatidão.....	68
4.4 Redução dos níveis de Oxigénio (atividades da Rota)	69
4.4.1 Atividade 1: Identificar as origens dos defeitos.....	69
4.4.2 Atividade 2: Restabelecer as condições básicas das áreas críticas e estabelecer os padrões.....	73
4.4.3 Atividade 3: Descobrir as causas raízes dos defeitos atuais	76
4.4.4 Atividade 4: Implementação de ações de melhoria	102
4.4.5 Atividade 5: Análise de cada defeito	103
4.4.6 Atividade 6: Melhorar o sistema da qualidade do processo para manter os resultados	107

5 Conclusões e propostas de trabalho futuro	111
Referências Bibliográficas	115
Anexo I – Ficha Técnica do anti-espumante do equipamento TPA.....	119
Anexo II – Método de análise com o equipamento TPA.....	121
Anexo III – Verificação da medição da concentração de Oxigénio no equipamento TPA	125
Anexo IV – Método Tradicional para a determinação da concentração de CO ₂ , Zahm & Nagel .	129
Anexo V – Método Tradicional para a determinação da concentração de Ar no Colo, Hidróxido de Potássio	131
Anexo VI – “Troubleshooting” do equipamento TPA.....	135
Anexo VII – Instruções do equipamento TPA	147
Anexo VIII – Manutenção do equipamento TPA	149
Anexo IX – Planeamento das manutenções do equipamento TPA	153
Anexo X – Calibração manual do sensor de Dióxido de Carbono	157
Anexo XI – Método para a determinação do conteúdo efetivo	161
Anexo XII – Tabelas de valores da empresa	163
Anexo XIII – Ficha técnico do equipamento TPA.....	165
Anexo XIV – LUP das pressões de parametrização do sistema de HDE da enchedora.....	167
Anexo XV – Proposta de melhoria para o alinhamento do eixo do braço do sistema de HDE	169
Anexo XVI – Proposta de melhoria para a implementação do manómetro de pressão e temperatura no esguicho do sistema de HDE	171

Lista de Figuras

Figura 1.1-Produtos produzidos e comercializados pela Sociedade Central de Cervejas e Bebidas SA.....	4
Figura 1.2-Evolução da garrafa de 33cl de Sagres Branca desde 1940 a 2016	5
Figura 2.1- Estrutura química de Trans-2-nonenal	14
Figura 2.2-Distribuição de O ₂ em uma garrafa.....	15
Figura 2. 3-Os 8 Pilares do TPM.....	30
Figura 3.1-“Team Initial Report” da equipa de melhoria TPM "Redução de TPO na linha de enchimento	47
Figura 3. 2-Desdobramento do objetivo da equipa de melhoria TPM	48
Figura 3.3-Rota de redução de defeitos.....	50
Figura 3.4-Master Plan das atividades da rota de redução de defeitos.....	51
Figura 3.5-Medidor portátil de Oxigénio Dissolvido	53
Figura 4.1-Comparação dos parâmetros para validação da precisão do equipamento nas análises de CO ₂	61
Figura 4.2-Análise da exatidão do equipamento TPA para a determinação da concentração de CO ₂ através da comparação do z-score do método tradicional, Agitação Automática e Agitação Manual .	62
Figura 4.3 Análise da exatidão do equipamento TPA para a determinação da concentração de Ar no Colo através da comparação do z-score do método tradicional, Agitação Automática e Agitação Manual	63
Figura 4.4-TPA1: Curva de calibração linear dos valores médios de concentração de O ₂ por volume de ar injetado nas amostras “blank”	65
Figura 4.5-TPA2: Curva de calibração linear dos valores médios de concentração de O ₂ por volume de ar injetado nas amostras “Blank”	65
Figura 4.6-Curva de calibração linear para a análise da correlação entre a concentração real e teórica de O ₂ determinada no equipamento TPA.....	67
Figura 4.7-Comparação da média da concentração de O ₂ por volume de ar injetado nas amostras “Blank” dos equipamentos TPA 1 e 2.....	68
Figura 4.8-Níveis de TPO das amostras analisadas na linha de enchimento no último semestre de 2017 e início de 2018	70
Figura 4.9-Diagrama de percurso da cerveja desde a área da filtração ao enchimento do produto acabado, para a análise da equipa de melhoria TPM.....	70
Figura 4.10-Identificação dos pontos de amostragem para a medição dos níveis de Oxigénio Dissolvido ao longo do percurso da cerveja.....	71
Figura 4.11-Matriz QA preliminar da equipa de melhoria TPM, antes de ser aplicada qualquer tipo de ação de melhoria	72

Figura 4.12-Relação entre o C. Efetivo e espaço vazio de uma garrafa	76
Figura 4.13-Análise 5 Porquês ao variador de pressão do sistema de HDE da enchedora	78
Figura 4.14-Análise 5 Porquês: Comprimentos dos bicos de enchimento da enchedora da.....	80
Figura 4.15-1º ensaio: resultados de “Pick-up” de Oxigénio, antes da implementação de qualquer ação de melhoria (semana 18).....	85
Figura 4.16-2º Ensaio: resultados de “Pick-up” de Oxigénio, após a manutenção do variador de pressão (semana 19).....	86
Figura 4. 17-2º ensaio: resultados de conteúdo efetivo, após a manutenção do variador de pressão do sistema de HDE (semana 19)	87
Figura 4.18-3º ensaio: resultados de “Pick-up” de Oxigénio, após a redução do comprimento dos bicos para 95,2 mm (semana 20 a 23).....	88
Figura 4.19-3º ensaio: resultados de conteúdo efetivo, após a redução do comprimento dos bicos para 95,2 mm (semana 20 a 23)	89
Figura 4.20-4º ensaio: resultados de “Pick-up” de Oxigénio, após a redução do comprimento dos bicos para 93,2 mm (semana 24 e 25).....	90
Figura 4.21-4º ensaio: resultados de conteúdo efetivo, após a redução do comprimento dos bicos para 93,2 mm (semana 24 e 25)	90
Figura 4.22-4º ensaio (semana 25 dia 19 de julho): comparação de conteúdo efetivo de amostras analisadas, manhã (a) e tarde (b)	91
Figura 4.23-4º ensaio (semana 25 dia 20 de julho): resultados de conteúdo efetivo, parte da manhã	92
Figura 4.24-5º ensaio: resultados de “Pick-up” de Oxigénio, após a redução do comprimento dos bicos para 92,2 mm (semana 26 a 28).....	93
Figura 4.25- 5º ensaio: resultados de conteúdo efetivo, após a redução do comprimento dos bicos para 92,2 mm (semana 26 a 28)	93
Figura 4.26-Resumo dos resultados de “Pick-up” de Oxigénio ao longo do período de atividade da equipa de melhoria TPM	94
Figura 4.27-Resumo de resultados de TPO das amostras analisadas ao longo do período de atividade da equipa de melhoria TPM.....	95
Figura 4.28-Comparação de C. efetivo entre o 2º e o 5º ensaio	96
Figura 4.29-Matriz QA final da equipa de melhoria TPM após a aplicação das ações de melhoria e análise das causas raízes	97
Figura 4.30-Diagrama de Pareto: Análise das etapas do percurso da cerveja por modo de defeito, gerado pela matriz QA final	98
Figura 4. 31-Diagrama de Pareto: análise das etapas do percurso da cerveja através contribuição acumulada dos 5M, gerado pela Matriz QA final	99
Figura 4.32-Análise das etapas do percurso da cerveja através contribuição individual dos 5M, gerado pela Matriz QA final	100
Figura 4.33-Distribuição dos 5M aplicados ao percurso da cerveja	101

Figura 4.34-Proposta para o alinhamento do eixo do braço do sistema de HDE 102

Figura 4.35-Template de registo da concentração de CO₂ e Oxigénio 104

Figura 4.36-Exemplo de um de registo e controlo diário da média de resultados de “Pick-up” 104

Figura 4.37-“Troubleshooting” do processo de enchimento caso o “Pick-up” de Oxigénio das amostras analisadas esteja fora das especificações 106

Figura 4.38 Localização dos manómetros atuais (a) e propostos (b) no sistema de HDE..... 108

Figura 4.39-Posicionamento dos novos manómetros de pressão e temperatura no esguicho do HDE 108

Validação do equipamento TPA e a consequente redução dos níveis de Oxigênio do produto acabado

Lista de Tabelas

Tabela 2.1-Intervalo e interpretação dos resultados dos z-score	26
Tabela 2.2-Avaliação da capacidade do processo mediante os possíveis resultados de Cp e Cpk	29
Tabela 3.1-Variáveis para a validação de um método.....	35
Tabela 3.2-Materiais necessário para garantir o bom funcionamento do equipamento TPA.....	36
Tabela 3.3-Plano de ensaios para a determinação da concentração de Dióxido de Carbono e posterior análise e comparação de métodos	39
Tabela 3.4-Plano de ensaios para a determinação da concentração de Ar no Colo e posterior análise e comparação de métodos	39
Tabela 3.5-Materiais necessários para a determinação da concentração de CO ₂ através do método tradicional	40
Tabela 3.6-Materiais necessários para a determinação da concentração de Ar no Colo através do método tradicional	41
Tabela 3.7-Plano de ensaio para a determinação da concentração de O ₂ para a posterior validação	42
Tabela 3.8-Materiais necessário para realizar os ensaios de determinação da concentração de Oxigénio e posterior validação do equipamento TPA.....	42
Tabela 3.9-Template de registo de resultados de CO ₂ para o Método Tradicional, Agitação Automática e Manual.....	43
Tabela 3.10- Template de registo de resultados de Ar no Colo para o Método Tradicional, Agitação Automática e Manual.....	43
Tabela 3.11-Template de registo das concentrações de O ₂ das diversas amostras analisadas no equipamento TPA.....	44
Tabela 3.12-Template de registos das concentrações médias de O ₂ analisadas no equipamento TPA	44
Tabela 3.13- Parâmetros considerados para a validação das medições de Oxigénio no equipamento TPA.....	45
Tabela 3.14-Documentos criados e adaptados relativos à validação do equipamento Orbisphere 6110 Total Package Oxygen	46
Tabela 3.15-Constituição da equipa de melhoria TPM.....	48
Tabela 3.16-Limites de controlo estipulados para o “Pick-up” de Oxigénio.....	49
Tabela 3.17- Procedimento de recolha de amostras por bico de enchimento da enchedora	51
Tabela 3.18- Procedimento de recolha de TPO, Oxigénio Dissolvido, “Pick-up” e C. efetivo de cada amostra.....	52
Tabela 3.19-“Template” e parâmetros avaliados para o planeamento da tese e método para a verificação aplicados	54
Tabela 3.20-“Template” de registo das áreas críticas.....	56

Tabela 4.1-Determinação da concentração de CO ₂ à temperatura ambiente (a) e de enchimento (b)	60
Tabela 4.2- Determinação da concentração de Ar no Colo à temperatura ambiente	63
Tabela 4.3-Concentração das amostras “blank” analisadas no equipamento TPA à temperatura ambiente	66
Tabela 4.4- Determinação da concentração média de O ₂ teórico e real para diferentes volumes de ar injetado nas amostras “blank”	67
Tabela 4.5-Determinação da concentração média de O ₂ teórico e real para diferentes volumes de ar injetado nas amostras “Blank”	68
Tabela 4.6-Determinação do erro relativo referentes às concentrações médias de Oxigénio teórico e real para os volumes de ar injetado nas amostras “Blank”	69
Tabela 4.7-Pressões do sistema de HDE a diferentes cadências, antes da manutenção do variador de pressão	73
Tabela 4.8- Identificação das áreas críticas, métodos de verificação e resultados da equipa de melhoria TPM na área da filtração e enchimento	74
Tabela 4.9-Resultados e Conclusões das verificações das teses sobre os elementos da Matriz QA na área de Filtração e Enchimento	82
Tabela 4.10-Variáveis e alterações efetuadas ao longo dos 5 ensaios realizados pela equipa de melhoria TPM	84
Tabela 4.11-Posições da enchedora onde foram recolhidas amostras ao longos dos 5 ensaios...	84
Tabela 4.12-Pressões de teste do sistema de HDE para o 2º ensaio	85
Tabela 4.13-Resumo de resultados do 2º ensaio, após a manutenção do variador de pressão do sistema de HDE (semana 19)	87
Tabela 4.14-Resumo de resultados do 5º ensaio, após a redução do comprimento dos bicos de enchimento para 92,2 mm (semana 26 a 28)	94

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

SCC – Sociedade Central de Cervejas e Bebidas S.A.

TPM – Total Productive Management

TPO – Total Package Oxygen

TCF – Tanque de Cerveja Filtrada

OD – Oxigénio Dissolvido

Pick-up – Oxigénio no espaço vazio

TPA – Total Package Analyser

CO₂ – Dióxido de Carbono

U.P. – Unidades de Pasteurização

C. efetivo – Conteúdo Efetivo

EBC – European Brewery Convention

LST – Limite superior de tolerância

LIT – Limite inferior de tolerância

KPI – Key performance indicator

RSD – Relative Standard Deviation

PDCA – Plan, Do, Check, Act

SDCA – Standard, Do, Check, Act

LUP – Lição de Um Ponto

5M – Meio Ambiente, Material, Mão de Obra, Método e Máquina

Matriz QA – Matriz Quality Assurance

CILT – Cleaning, inspection and lubrication

Ponto Q – Pontos de Qualidade

1. Enquadramento e Motivação

1. Enquadramento e Motivação

1.1 Objetivos

Hoje em dia a qualidade dos produtos comercializados em todas as indústrias deve ser garantida e a indústria alimentar não é exceção. A Sociedade Central de Cervejas e Bebidas S.A. (SCC), uma indústria alimentar localizada em Vialonga, tem como foco a produção e distribuição de bebidas a nível nacional e exportações. E por este motivo, tem de garantir a Qualidade dos seus produtos juntos dos seus clientes.

O Oxigénio é um composto inerente à cerveja devido à exposição de todos os materiais ao ar atmosférico. A sua presença é indesejada devido às reações de oxidação provocadas por este na cerveja, alterando as características ideais, como a formação de turvação e a formação de “*off-flavour*” (sabor a papel de cartão molhado). Estas alterações não têm ação imediata, as reações podem ocorrer com o tempo e são aceleradas em certas condições, como elevadas temperaturas, e só captadas pelos consumidores. Deste modo existem limites de segurança para cada parâmetro sendo fundamental analisar amostras de cada enchimento certificando que não estão fora de especificação. Para tal, é proposto a criação de uma equipa de melhoria contínua seguindo a metodologia de “*Total Productive Management*” (TPM) com o objetivo de reduzir a concentração total de Oxigénio, também conhecido como “*Total Package Oxygen*” (TPO), de cerveja engarrafada em uma das linhas de enchimento. Apesar deste limite ser muito inferior ao Limite superior de tolerância (LST), ao reduzir os níveis para o limite de controlo de 0,2 ppm, valor é estipulado para cervejeiras de **High Reference**, tornará o processo de enchimento desta linha mais capaz. A equipa deve seguir as atividades da rota de redução de defeitos estipulado pela empresa.

O grande foco da equipa é a área da filtração e de enchimento, as últimas duas fases do processo cervejeiro. A área da filtração é onde se dão os processos de filtração, carbonatação e diluição da cerveja e posteriormente é armazenada no tanque de cerveja filtrada (TCF), a última etapa onde são controlados os níveis de Oxigénio Dissolvido (OD) antes do produto acabado. Na área de enchimento, dá-se a pasteurização da cerveja (pasteurização Flash), reduzindo parte da concentração de Oxigénio Dissolvido. Após a pasteurização, a cerveja segue para a enchedora e nesta etapa é fundamental controlar o processo de enchimento de modo a minimizar os níveis de Oxigénio no espaço vazio (“*Pick-up*”).

Apenas é possível realizar este trabalho com a aquisição de um novo equipamento, Orbisphere 6110 Total Package Analyser (TPA) que permite a determinação dos parâmetros que constituem TPO, Oxigénio Dissolvido (OD) e Oxigénio do espaço vazio (“*Pick-up*”). Isto porque ao analisar estas componentes em separado, é possível rastrear a área que origina o elevado TPO. Para elevado OD a origem poderá ser ao longo do processo cervejeiro até à pasteurização Flash e o elevado “*Pick-up*” é originada no processo de enchimento.

De modo a prosseguir com a atividade da equipa de melhoria TPM, primeiramente é necessário validar o equipamento TPA para garantir a sua capacidade em realizar as análises para a determinação

1. Enquadramento e Motivação

de TPO. Este aparelho além de analisar os níveis de Oxigénio, também determina a concentração de Dióxido de Carbono (CO₂) e Ar no Colo pelo que a validação do equipamento será relativo a estes 3 parâmetros.

O controlo sobre o CO₂ inicia na área da filtração, onde se dá a carbonatação da cerveja, até à área de enchimento onde a cerveja é enchida e capsulada/cravada nas respetivas embalagens. Em altas concentrações de CO₂, pode comprometer a segurança física, perigo de rebentamento das embalagens e em baixas concentrações pode alterar certas propriedades organoléticas e reduzir as defesas contra as contaminações microbiológicas.

O Oxigénio apenas é desejado na fase da fermentação e deve ser controlado porque em baixa ou alta concentração pode prejudicar a conversão dos açúcares em CO₂ e álcool por parte das leveduras. Nas fases seguintes a quantidade de O₂ deve ser minimizada.

Sendo o enchimento a última fase de todo o processo cervejeiro e última fase onde é possível detetar uma inconformidade, é de extrema importância realizar o controlo sobre estes parâmetros através de análises realizadas pelos enchedores e posteriormente pelo laboratório de qualidade. As análises realizadas seguem um método previamente validado e aceite como o modelo ideal. Mas com o avançar do tempo, novas tecnologias vão surgindo tornando as análises mais seguras (o método tradicional de Ar no Colo, requer o uso de um composto corrosivo), maior fiabilidade dos resultados assim como a redução do tempo total despendido por amostra.

Atualmente, na SCC, existem métodos definidos (métodos tradicionais) para a determinação da concentração de CO₂ (Pressão e Temperatura com equipamento Zahm & Nagel) e Ar no Colo (Hidróxido de Potássio) mas existem muitos erros associados a cada um pelo fato de serem procedimentos manuais e realizados por diversos analistas. A medição da concentração de Oxigénio segue um método em que o TPO é determinado através do Oxigénio Dissolvido na cerveja. O aparelho usado para a medição deste parâmetro não é o mais apto para realizar esta análise em produto acabado, pois foi desenhado para medir os níveis de OD em uma corrente contínua.

1.2 Sociedade Central de Cervejas e Bebidas SA, SCC

A Sociedade Central de Cervejas e Bebidas S.A. é uma unidade fabril localizada em Vialonga que tem como foco a produção e comercialização de diversas bebidas, nomeadamente cerveja, sidras, águas e refrigerantes, a nível nacional e exportações.

A empresa tem como visão “Juntos, fazemos as marcas que as pessoas preferem e adoram beber”, um conceito que visa para o despertar do interesse junto dos consumidores, contribuindo para uma maior cultura cervejeira e a paixão por diversas marcas de bebidas, tentando sempre assegurar a satisfação e a qualidade dos produtos distribuídos. Além da preocupação para com os clientes, a SCC também valoriza o trabalho de equipa agregando competências de várias áreas, proporcionando um melhor ambiente de trabalho, segurança e bem-estar.

1. Enquadramento e Motivação

1.2.1 História e Grupo **HEINEKEN**

A Sociedade Central de Cervejas e Bebidas S.A. (SCC) foi criada em 1934 através da associação da Companhia Produtora de Malte e Cerveja Portugália, Companhia de Cervejas Estrela, Companhia da Fábrica de Cerveja Jansen e a Companhia de Cervejas de Coimbra. Um ano mais tarde, a Fábrica de Cervejas Trindade integra nesta associação.

1943: a SCC conquista o mercado de exportação. Iniciando por Gibraltar, Açores, Angola, Cabo-Verde, Guiné, São Tomé e Príncipe, Timor, Goa, Macau e pontualmente Moçambique. Anualmente eram exportados cerca de 70 mil litros [1].

1960: é comprada a LUSO, a água mineral mais antiga de Portugal.

1966: a produção aumenta em 60% face ao volume produzido em 1960, atingindo os 50 milhões de litros [1].

22 de junho de 1968: é inaugurada a Fábrica de Vialonga, a maior unidade fabril dedicada à produção de cerveja a nível nacional. Tinha a capacidade de produzir 110 milhões de litros de cerveja, 21 milhões de litros de refrigerantes e 50 mil toneladas de malte [1].

1970: a SCC obtém grande parte da cota do capital (52,5%) da Sociedade da Água de Luso podendo assim iniciar a comercialização dos seus produtos [1].

1989: incremento nas vendas da principal marca da SCC, **Sagres**, que se posiciona como a marca líder de mercado com uma quota de 45% que representa a viragem na situação económica e financeira da empresa. Nesse mesmo ano, é anunciada a privatização total do capital da empresa e como consequência, foi reestruturada e modernizada as instalações de modo a competir com o mercado europeu [1].

1996: o Sistema de Qualidade da Central de Cerveja é certificado segundo a norma ISO 9001 pelo Instituto Português da Qualidade [1].

2000: início do século XX, o grupo Bavaria vendou a sua parte da empresa à Parfil (Portugália, BES, Fundação Bissaya Barreto, Olinveste e Fundação Oriente) e mais tarde, a **Scottish & Newcastle** passou a ser detentora de 49% da Central de Cervejas. Um ano mais tarde, a Central de Cervejas aliou-se a outras quatro empresas pertencentes ao grupo Central Control. Após esta fusão, a Sede Social foi transferida para as instalações de Vialonga e o grupo passou a denominar-se por **Sociedade Central de Cervejas, SA** [1].

2002: a Sagres foi a marca de cerveja portuguesa mais vendida no mundo, tendo como principais mercados de exportação, Angola, Cabo Verde, Espanha, França e Suíça [1].

2003: a **Scottish & Newcastle** assumiu o control total da Sociedade Central de Cervejas [1].

1. Enquadramento e Motivação

2004: assumiu a designação de **Sociedade Central de Cervejas e Bebidas SA**. Com esta mudança promove a postura de não vender somente cerveja, mas também estar dedicada a outras bebidas [1].

29 de abril de 2008: o grupo **Scottish & Newcastle** foi comprado pelo grupo **HEINEKEN**, passando agora a ser a detentora da Central de Cervejas e Bebidas SA [1].

1.2.2 Produtos

O grande foco da SCC é a produção de cerveja, nomeadamente Sagres, Imperial, Cergal e a cerveja premium Bohemia. Dentro da marca Sagres e Bohemia existe uma vasta gama de variedade e características com o objetivo de agradar todo o tipo de consumidor. Além destes produtos, apesar de não serem produzidas nesta unidade fabril, também são comercializadas Strongbow e Bandida do Pomar. São enviadas para esta instalação como concentrado e percorrem as etapas da filtração, onde são diluídas e carbonadas, e enchimento. Os produtos podem ser embalados conforme o formato, material e volume da embalagem [1].

Os produtos estão apresentados na **figura 1.1**.

				
Sagres Branca	Sagres Cascade	Sagres Preta	Bohemia Original	Bohemia Trigo
				
Bohemia Puro Malte	Bohemia Bock	Bohemia Hoppy Weiss	Sagres Radler	Sagres Radler 0.0%
				
Sagres Branca sem álcool	Cergal	Imperial	Strongbow	Bandida do Pomar

Figura 1.1-Produtos produzidos e comercializados pela Sociedade Central de Cervejas e Bebidas SA

Sagres Branca: criada em 1940, é uma cerveja Lager do tipo Pilsner com m teor alcoólico de 5.0% volume. São usados somente produtos naturais para a sua produção e tem como base a água, malte cereais não maltados lúpulos e não são adicionados aditivos ou conservantes. Cor dourada,

1. Enquadramento e Motivação

mediamente encorpada, carácter seco, amargo. Esta cerveja é comercializada em diversos formatos, Barril (20, 30 e 50 litros), Garrafa Tara retornável (20 e 33 cl), Garrafa Tara perdida (20, 25, 30 cl e 1 L) e lata (25, 33 e 50 cl). A primeira embalagem comercializada, em 1940, é de 33 cl. Este formato sofreu alterações ao longo dos anos (**figura1.2**) [1-2].



Figura 1.2-Evolução da garrafa de 33cl de Sagres Branca desde 1940 a 2016 [2]

Sagres Cascade: da gama da cerveja Sagres, é uma cerveja Lager do tipo Pilsner e é confeccionada matérias-primas 100% naturais e com um lúpulo aromático, Cascade, que confere características cítricas e notas florais. Tem um teor de álcool de 4,9% volume e apenas é comercializada em garrafas Tara perdida, 20 cl, de abertura fácil.

Sagres Preta: criada em 1940, a cerveja Sagres é uma Lager do tipo Munique. É uma cerveja escura, medianamente encorpada com um leve toque a caramelo e um teor alcoólico de 4,1% volume. É comercializada em diversos formatos Barril (30 L), Garrafa Tara retornável (20 e 30 cl) e Garrafa Tara perdida (20 e 30 cl).

Bohemia: em 2005 foi lançada a cerveja Bohemia e mais tarde foram lançadas 5 variedades desta cerveja, Original, Trigo, Puro Malte, Bock e Hoppy Weiss com carácter intenso, aroma frutado e espuma cremosa. Foram criadas juntamente com o conceito “da cerveja à comida” em que cada variedade deve acompanhar um tipo de prato. São comercializadas em Garrafas Tara perdida de 33 cl próprias para este tipo de cerveja. Somente a Bohemia Original é comercializada em Barril (20 L).

- Original (2005) – Cerveja Ruiva do tipo Marzen, fermentação suave e notas a malte torrado, tornando-a menos amarga. Tem um teor alcoólico de 6,2% volume
- Trigo (2016) – Cerveja clara do tipo Weisen com base em mante de trigo, com baixo amargor, não é filtrada, não é uma cerveja límpida como Sagres Branca e com aroma mais suave. Tem um teor alcoólico de 5,5% volume
- Puro Malte (2016) – Cerveja dourada, 100% malte e lúpulos aromáticos, com aroma mais herbal. Tem um teor alcoólico de 6% volume

1. Enquadramento e Motivação

- Bock (2017) – é uma cerveja com um processo de fermentação longo conferindo um corpo denso e um elevado teor alcoólico (7%). A adição de malte torrado confere à cerveja uma tonalidade mais escura e sobressai no aroma da cerveja.
- Hoppy Weiss (2018) – a base da cerveja é uma mistura de maltes de trigo e cevada e 3 variedades de lúpulos que lhe confere um aroma herbal único. Tem um teor alcoólico de 4,8% volume

Sagres Radler: a receita da Sagres Radler, criada em 2013, baseia-se na receita tradicional bávara e com ingredientes naturais. Esta bebida é a combinação única de Sagres Branca e sumo de limão natural. Tem um teor alcoólico de 2% volume e é comercializada em Garrafa Tara perdida (33 cl), lata (33 cl) e Barril (10 L). Em 2014 foi criada uma versão de Sagres Radler com 0% volume de teor alcoólico denominada de Sagres Radler 0.0%.

Sagres Branca sem álcool: criada em 2005 com o nome de Sagres zero, é uma cerveja com corpo ligeiro e caráter refrescante. O lançamento desta bebida visa na apreciação do sabor de Sagres Branca por parte dos consumidores em momentos onde não é possível consumir álcool.

Strongbow: criada em 1960 em Inglaterra, esta sidra é produzida a partir de pequenas maçãs ácidas que conferem um sabor verdadeiramente refrescante. Existem 2 variedades, Gold e Red Berries com um teor alcoólico de 5% e 4,5% volume respetivamente. Ambas são comercializadas em garrafas de Tara perdida e on-trade de 33 cl. Somente o Strongbow Gold tem disponível o Barril (30 e 50 L).

Bandida do Pomar: surgiu em dezembro de 2016, com aroma frutado, leve, refrescante e com intenso sabor a maçã. É comercializada em Barril (20 L) e Garrafa de Tara retornável (33 cl). Tem um teor alcoólico de 4,5% volume.

1.2.3 Certificações

1996: A Sociedade Central de Cervejas e Bebidas SA foi a primeira cervejeira portuguesa a receber o Certificado da Qualidade de acordo com a ISO 9001 pelo Instituto Português da Qualidade

2008: Atribuída pela APCER, a Certificação Ambiental de acordo com a norma ISO 14001. Este certificado permite o reconhecimento da SCC na implementação constante de melhores e mais adequadas práticas de gestão ambiental.

2011: Atribuída pela APCER, a Certificação do Sistema de Gestão da Segurança Alimentar segundo a norma ISO 22000

2014: Atribuída pela APCER, a Certificação da Saúde Ocupacional e Sistema de Gestão de Segurança

2018: Atribuição do certificado de cumprimento dos requerimentos de FSSC 22000 que inclui a ISO 22000, ISO/TS 22002-1 e os restantes requisitos dessa certificação para a Gestão de Segurança Alimentar pela entidade ISACert B.V.

1. Enquadramento e Motivação

1.2.4 TPM

O “**Total Productive Management**”, originado no Japão, é um sistema de gestão produtiva que auxilia na redução de qualquer tipo de defeito, perda, avaria e desperdício, tanto no sector de produção como administrativo da empresa. Os principais objetivos deste programa é a redução de custos e tempo e melhorar a qualidade, segurança e formação dos colaboradores de modo a assegurar a compreensão da visão da empresa e as boas práticas de trabalho. Com isto melhorar as condições da empresa para o nível das indústrias de topo deste setor ao redor do mundo.

Em 2004 foi implementado o TPM, mas apenas em 2005 foi possível executar na área de enchimento, mais concretamente a L1. Isto porque esta era a área mais crítica devido às perdas e desperdício ocorrido até à data. Devido os bons resultados obtidos, em 2006 foi decidido expandir para as restantes linhas de enchimento e em 2007 para as outras áreas de produção, Filtração, Adegas e Brassagem [1].

Em 2008, com a mudança de liderança de **Scottish & Newcastle** para o grupo **HEINEKEN**, o programa TPM sofreu algumas alterações. Apesar dos objetivos e conceitos continuarem os mesmos, a metodologia aplicada era de certo modo diferente, baseava-se numa filosofia japonesa mais moderna, e este modelo de TPM foi mantida até os dias de hoje.

Com a nova metodologia TPM da **HEINEKEN**, as análises segues o princípio do “**First Time Right**” (FTR), fazer bem à primeira, focando na confiabilidade, eficiência e melhoria contínua de todas as análises.

$$FTR = \frac{N^{\circ} \text{ de análises} - N^{\circ} \text{ de inconformidades}}{N^{\circ} \text{ de análises}} \times 100 \quad (2.1)$$

1.2.5 LSS

A certificação de 1 estrela do “**Laboratory Quality Star**” (LSS) foi atribuída em 2011 aos laboratórios da qualidade da unidade fabril de Vialonga pelo grupo detentor destas instalações, **HEINEKEN**. Este certificado baseia-se na norma ISO 17025 e tem como missão “Produzir e divulgar indicadores de Qualidade de natureza Físico-Química, Microbiológica e Sensorial, que permitam avaliar a conformidade das características dos materiais processo e produtos com as especificações definidas, bem como a adequação dessas especificações”, descrito no LSS.

Em 2016, foi atribuída a certificação de 2 estrelas após a verificação do cumprimento dos 14 requisitos: Pessoal Competente e Qualificado, Melhoria Contínua, Métodos de acordo com as normas de Laboratório da **HEINEKEN**, Codificação e Identificação, Equipamento, Auditorias Internas, Garantia de Qualidade dos resultados analíticos, Logística da amostragem, Rastreabilidade, Ambiente, Controlo e Arquivo de Documentos, Gestão da Qualidade, Gestão de Amostras Extra Rotina e “**FeedBack**” do Cliente permitindo assim o processo de produção (apenas a etapa da filtração e enchimento) de marcas corporativas, nomeadamente as sidras **Strongbow** e **Bandida do Pomar**.

Validação do equipamento TPA e a consequente redução dos níveis de Oxigénio do produto acabado

1. Enquadramento e Motivação

2. Introdução teórica

2 Introdução teórica

2.1 Cerveja

A cerveja é uma bebida alcoólica sem data de origem, mas segundo estudos, existem registos provenientes do Egipto com mais de 5.000 anos de existência onde a sua receita era escrita em papiro. O procedimento de produção dos egípcios era colher e triturar a cevada parcialmente germinada, misturar com água e deixar a mistura secar. No final da germinação, era adicionada novamente água em recipiente de fermentação onde os microrganismos que se acumulavam à superfície da mistura convertia os açúcares em CO₂ e álcool [3-4].

Com o passar dos anos, o conhecimento sobre o processo de produção e a própria cerveja têm vindo a aumentar. Atualmente existem diversos processos e produtoras de cervejas ao redor do mundo onde são produzidos diferentes tipos de cerveja para diferentes apreciadores.

A cerveja tem como base 4 ingredientes, cereais, água, lúpulo e levedura. A mistura destes 4 ingredientes nas condições apropriadas é o suficiente para produzir o que conhecemos hoje como cerveja. Claramente que as receitas podem e devem variar de forma a conferir diferentes sensações organoléticas e aspeto à cerveja através da adição de outros aditivos e é isto que torna o processo cervejeiro uma indústria de grande dimensão e um mundo ainda por explorar.

2.1.2 Matérias-primas

Cereais

As cervejas produzidas ao redor do mundo podem ter como base diversos tipos de cereais e com características específicas e únicas que depende da sua origem e altura de colheita. Este ingrediente é a fonte de açúcar consumida pelas leveduras para a produção de álcool e CO₂ na etapa da fermentação. Também pode influenciar o estilo de cerveja produzida e confere sabor, aroma e cor. Atualmente as cervejas têm como base um tipo de cereal, mas podem ser adicionadas pequenas quantidades de outras variedades proporcionando diferentes sensações organoléticas ao consumidor [5].

Água

A cerveja é composta por cerca de 90 a 95% de água e a característica deste ingrediente pode influenciar as propriedades organoléticas finais da cerveja. A água usada deve ser límpida e isenta de odores. Estas características podem afetar o pH e/ou contaminar o produto final, formando “*off-flavours*”. Este também pode influenciar negativamente a perceção dos sabores do malte, lúpulo e outros produtos originados da fermentação [5-6].

2. Introdução teórica

Lúpulo

O lúpulo é uma planta da espécie *Humulus lupulus* da família de *Cannabaceae* com origem na Europa, Ásia Ocidental e América do Norte e com grande resistência a temperaturas negativas (cerca de -30°C). Tem como papel principal adicionar o amargor à cerveja, libertando as resinas através de calor, mas também aumenta a estabilidade microbiológica, estabilização da espuma e contribui para o aroma do produto final. Existe uma grande variedade de lúpulos com características e específicas e únicas conferindo à cerveja o equilíbrio entre o doce e amargo. Também funciona como um conservante natural [5, 7].

Levedura

As leveduras usadas para a fermentação do mosto são da espécie *Saccharomyces* e são responsáveis pela produção de etanol e Dióxido de Carbono através do consumo dos açúcares provenientes dos cereais. Também conferem certos sabores que estão associadas ao produto final. Os tipos de leveduras reagem de forma distintas perante as condições proporcionadas na fase da fermentação. Existem dois tipos de leveduras fermentativas, Ale e Lager. A levedura do tipo Ale, também conhecida como alta fermentação, no final do processo forma uma camada composta por estes organismos no topo da cerveja e as do tipo Lager, baixa fermentação, depositam-se no fundo do fermentador [8].

2.1.3 Processo cervejeiro

Maltagem

A maltagem o primeiro passo para a produção da cerveja e consiste na transformação da cevada em malte através do processo natural de germinação do cereal. Esta etapa é composta por 3 fases, molha, germinação e secagem. No final da maltagem obtêm-se o malte para a produção do mosto na fase seguinte.

Após uma primeira fase de seleção e remoção de impurezas da cevada, esta é emersa em água através de tinas de molha até alcançar cerca de 42 a 48% de humidade por absorção da água. Esta é a quantidade necessária para iniciar a germinação dos grãos. Em seguida são transportadas para caixas de germinação onde permanecem durante 4 a 6 dias com controlo de temperatura (12 a 20°C), humidade e taxa de arejamento em que a fonte é ar comprimido. Ao longo deste tempo e sob as condições certas, são ativadas as enzimas necessárias para a conversão do amido em açúcares simples. Assim que houver uma quantidade suficiente de amido disponível, inicia-se a última fase, secagem, antes deste se tornar em uma planta. Nesta etapa é interrompida a germinação da cevada através de da circulação de ar quente, reduzindo a humidade e consequentemente a atividade de germinação. Também é nesta fase que se altera a coloração dos grãos assim como as propriedades organolépticas em torres de torreficação. Após o arrefecimento da cevada, são removidas as radículas aproveitando apenas o malte [9].

2. Introdução teórica

Brassagem

Na fase seguinte da maltagem, o malte é moído/triturado (**Moagem**) de modo a reduzir o tamanho do endosperma dos grãos. Em seguida é adicionada água (**Mistura**) e posteriormente aquecida. A quantidade de água depende do extrato (açúcar) que se pretende extrair. O aquecimento da água (**Empastagem**) é gradual e tem como objetivo dissolver os compostos solúveis (açúcares, aminoácidos, minerais e algumas vitaminas) e os compostos insolúveis (amido, gorduras e proteínas). À temperatura de adição os compostos solúveis são praticamente todos dissolvidos, mas os insolúveis (a 58°C) apenas se dissolvem a uma temperatura mais elevada. Assim que a mistura atingir a temperatura necessária, o aquecimento é interrompido. Nesta fase, a mistura é formada pelo mosto e partículas insolúveis (cascas e sedimentos). A sua remoção é realizada através de uma filtração ou clarificação (**Filtração do Mosto**) onde são retidos os sólidos e o mosto segue para a fabricação de cerveja. Em seguida o mosto é colocado em uma cadeira (**Fervura**) que irá remover o excesso de água até atingir a quantidade de extrato desejado. Outros efeitos originados pelo calor é a coagulação das proteínas e a redução do pH, intensificando a cor da cerveja, destruição enzimática, remoção de substância voláteis indesejadas e a esterilização do mosto. Também é nesta fase que é adicionado o lúpulo e com o calor, é extraído os aromas que irá conferir o sabor amargo à cerveja. As partículas de proteína coagulada não podem permanecer no mosto pelo que são removidas (**Remoção**) através do **Whirpool** ou centrífuga seguindo para a última fase (**Arrefecimento**) em que é reduzida a temperatura do mosto [10]–[12].

Fermentação

É nesta etapa que, com o auxílio de leveduras, é convertido os açúcares do mosto em etanol e Dióxido de Carbono. Este processo requer diversos passos para que no final se obtenha a quantidade desejada de álcool e de extrato na cerveja que nesta fase é chamada de cerveja verde.

A levedura é introduzida no fermentador juntamente com o mosto. Inicialmente o microrganismo não consome os açúcares, a sua atividade é separa em duas fases. Primeiro, é proporcionado as condições de Oxigenação necessárias para o crescimento e reprodução das leveduras (**Aeróbia**) e assim que esta fase acaba, inicia a produção de álcool e Dióxido de Carbono (**Anaeróbia**). O mosto contém maltose, cerca de 80% são fermentáveis, que é consumida pelas leveduras. Nesta conversão também são originados subprodutos (ex: ésteres e compostos de enxofre) que proporcionam à cerveja certos aromas e sabores. Assim que se obtém o grau alcoólico e extrato desejados, aplica-se o golpe frio (2°C) à mistura que irá cessar a atividade das leveduras acabando por se depositar no fundo do fermentador. A levedura deve ser armazenada e reaproveitada para as seguintes fermentações. O etanol e pequena parte do Dióxido de Carbono permanece dissolvido na cerveja verde, mas a maior parte desse gás é evaporado pelo que existe um sistema de recuperação de gases que reaproveita esse composto para processos posteriores como a contrapressão da dos tanques e purificação de equipamentos [5, 8, 13-14].

2. Introdução teórica

Guarda

Depois da fermentação e a levedura sedimentada ser removida, a cerveja verde é transferida para tanques de Guarda onde permanece com o objetivo de produzir um produto estável e com a qualidade desejada. Para tal, é armazenada a baixas temperaturas ($\pm 0^{\circ}\text{C}$) em que permite a estabilização das reações que conferem os aromas e sabores e a eliminação de compostos voláteis indesejados. Também são removidas, através da deposição, os resíduos sólidos e restos de leveduras que não foram retiradas após o golpe frio eliminando a turvação provocada por estas substâncias. Apesar de ser um processo demorado, a esta temperatura a atividade das leveduras é baixa pelo que não existe a preocupação desta consumir os açúcares e produzir álcool e CO_2 em demasia.

Assim que é enchido um tanque de Guarda, é necessário controlar os níveis de Oxigénio para que esta não oxide durante o tempo de residência da cerveja [5].

Filtração

Uma vez que se obtém uma cerveja estável, segue para a área da filtração onde se torna numa cerveja límpida, carbonatada e pronta para ser engarrafada. Nesta etapa, a cerveja percorre 3 equipamentos antes de ser armazenada no TCF.

Primeiro é filtrada em um filtro de placas, mais conhecido como filtro de “*Kieselghur*”, que é um composto de origem fóssil misturada com água, e é constantemente adicionada à cerveja para remover as partículas por agregação. Esta mistura sólida é retida pelo filtro deixando apenas passar a cerveja. Em seguida, a cerveja é carbonatada com o CO_2 reaproveitado da fermentação do mosto até à concentração desejada e diluída com água isenta de Oxigénio. Isto porque a cerveja proveniente da Guarda é um concentrado de álcool e extrato e a diluição irá reduzir estes parâmetros para os níveis desejados. Caso necessário, também podem ser adicionados aditivos para corrigir a cor ou o amargor. Após a carbonatação e a diluição, a cerveja é novamente filtrada removendo as partículas que o filtro de placas não conseguiu filtrar [5].

Enchimento

Assim que a cerveja é armazenada no TCF, está pronta para seguir para a área de enchimento onde é enchida na respetiva embalagem, fechada e rotulada. Mas antes desta ser embalada, a cerveja deve passar por um tratamento a quente (pasteurização), eliminando qualquer contaminação microbiológica. Existem dois tipos de pasteurização:

- **Pasteurização Flash:** este tipo de tratamento ocorre antes da cerveja entrar na enchedora e consiste no aquecimento da cerveja por meio de permutadores de calor (cerca de 70°C) e de modo a reduzir os custos de fabrico, a cerveja pode ser arrefecida com a entrada de nova cerveja a baixa temperatura (TCF) e esta aquecida para ser pasteurizada. Esta permutação térmica não é o suficiente para atingir as temperaturas necessárias pelo que são recorridas a outras utilidades para acertar a temperatura [5].

2. Introdução teórica

- **Pasteurização Túnel:** após o enchimento, a cerveja e a embalagem, são pasteurizadas sendo este, o tratamento mais eficiente contra a contaminação microbiológica. Este processo é mais demorado (cerca de 1h) pois é necessário aquecer primeiro a embalagem. A cerveja passa por uma câmara (túnel) onde é aquecida na primeira metade do percurso através da pulverização contínua de água quente durante um período e na segunda metade é arrefecida [15].

Na pasteurização é fundamental controlar a temperatura e o tempo de residência e esta relação é denominada de Unidades de Pasteurização (U.P.) que pode ser calculada segundo a **equação 1.1**. É necessário ter em atenção às U.P. porque para valores baixos, a cerveja pode estar contaminada e valores elevados pode alterar as propriedades organoléticas ao acelerar algumas reações indesejadas [15].

$$U.P = 1,393^{(T-60)} \times tempo \quad (1.1)$$

Onde,

U.P – unidades de pasteurização

T – Temperatura de aquecimento (°C)

Tempo – tempo de residência (minutos)

O processo de enchimento é realizado através de uma enchedora onde a cerveja é continuamente alimentada e enchida nas respetivas embalagens. Nesta fase há um grande controlo sobre o nível de conteúdo efetivo (C. efetivo) e o incremento de Oxigénio no espaço vazio. O passo final desta etapa é a colocação de rótulos. À saída da enchedora e da rotuladora deve existir um inspetor de nível e de rótulos respetivamente, para o controlo das embalagens enviadas para a embaladora.

2.1.4 Controlo de Oxigénio nos materiais

Como referido anteriormente, a única fase onde é necessário a presença de Oxigénio é a fermentação, pelo que é fundamental minimizar o incremento de O₂ nas seguintes etapas do processo cervejeiro. Por este motivo deve existir um controlo sobre diversos materiais:

- **Material de transporte:** todo o material usado para o transporte da cerveja deve ser previamente purificado, principalmente as tubagens portáteis que estão expostos ao ar quando estes não estão operacionais.
- **CO₂:** o Dióxido de Carbono recuperado na fermentação não é puro pelo que deve ser previamente purificado minimizando ao máximo o nível de Oxigénio [5]

2. Introdução teórica

- **Água:** o nível de Oxigénio da água usada em todas as etapas deve ser reduzido, na ordem dos ppm ou ppb. Existem diversos métodos para a remoção de gases dissolvido pelo que deve ser aplicado aquele que melhor se adapta para o processo [16].
- **TCF:** a cerveja é retirada do tanque com a contrapressão efetuada com uma camada de CO₂ e outra de ar comprimido. Para este tipo de procedimento, é importante manter a primeira camada pois impede o contato direto da cerveja com o Oxigénio [13].

2.1.5 Controlo do enchimento

Oxigénio

O Oxigénio é um composto que pode deteriorar a cerveja ao longo do processo cervejeiro ou durante o armazenamento do produto acabado. É desejado na etapa da fermentação do mosto para o crescimento das leveduras que irão fermentar os açúcares em álcool e CO₂. Nas etapas seguintes, além de não ser necessário a participação desse gás, a sua presença, em elevadas quantidades, é indesejada devido às reações de oxidação que possam ocorrer durante toda a sua produção e/ou após o enchimento do produto. Essas reações, podem conferir à cerveja alterações organoléticas e físicas [13, 17].

A turvação é uma das alterações físicas na cerveja devido à polimerização de compostos fenólicos com algumas proteínas. Estes compostos estão inerentes à matéria-prima (malte e lúpulo) utilizada, que não são totalmente removidas. Essa reação pode ser estimulada por diversos fatores externos como a temperatura de armazenamento, pasteurização e a presença de oxigénio [17].

O aroma e o sabor são as alterações organoléticas que podem ocorrer na cerveja depois de embalada. Este efeito deve-se à oxidação dos ácidos gordos em aldeídos. O principal composto que confere o sabor de “cartão molhado”. O produto desta reação é o trans-2-nonenal (**figura 2.1**), um aldeído insaturado que tem uma grande atividade de sabor. Esta reação é mais comum em cervejas mais leves. A oxidação da cerveja é acelerada pelas altas temperaturas e outras condições de armazenamento [13, 18].

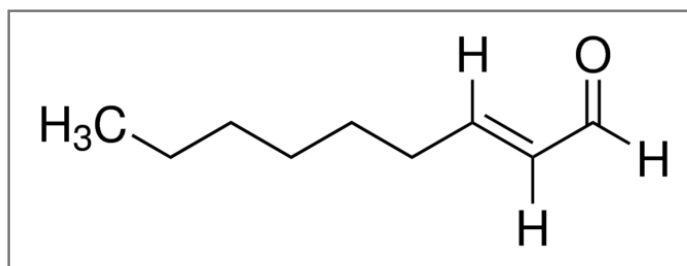


Figura 2.1- Estrutura química de Trans-2-nonenal [18]

No processo cervejeiro existe controlo de Oxigénio em todas as etapas. Durante a Maltagem, é necessário assegurar a oxigenação das caixas de germinação para que os grãos se desenvolvam o

2. Introdução teórica

suficiente. Após o envio do malte para a preparação do mosto, é necessário assegurar a quantidade de oxigénio presente na caldeira pois em elevada concentração, poderá oxidar os ingredientes e em pouca, poderá retardar a etapa da Fermentação. É necessário garantir o equilíbrio de oxigénio com as leveduras para certificar que os organismos cresçam o suficiente para fermentar. Em elevada quantidade podem ocorrer duas situações, a oxidação do mosto e/ou crescimento excessivo das leveduras, consumindo os açúcares somente para a sua sobrevivência e não convertendo em álcool e CO₂. Em baixa quantidade, as leveduras não crescem o suficiente para consumir os açúcares na totalidade obtendo baixa concentração de álcool e há um grande desperdício da sua fonte de alimentação. Após a fermentação do mosto, a cerveja produzida é armazenada em tanques de Guarda, passando pela Filtração e por fim o Enchimento. Estas últimas três etapas devem ser isentas de oxigénio e são controlados os níveis de O₂ nos tanques de Guarda, TCF e produto acabado respetivamente [19, 20].



Figura 2.2-Distribuição de O₂ em uma garrafa [21]

A causa mais comum para o elevado nível de TPO é a exposição prolongada da embalagem ao ar atmosférico antes deste ser capsulada que promove o incremento de Oxigénio no espaço vazio.

Ao longo do processo cervejeiro existem diversos fatores que podem contribuir para o incremento da concentração de Oxigénio, matérias-primas (ex: água para mistura e/ou diluição), materiais (ex: tubagens não isentas de O₂), equipamentos (ex: enchedora que contribui para o “Pick-up”), etc. Por esta razão é fundamental avaliar o nível de pureza e otimizar o processo de modo a minimizar as entradas de Oxigénio [19].

- **Oxigénio Dissolvido** – concentração de Oxigénio presente na cerveja ao longo de todas as etapas do processo cervejeiro
- **“Pick-up” de Oxigénio** – concentração de Oxigénio presente no espaço vazio da embalagem, originada no processo de enchimento

2. Introdução teórica

Existem diversos métodos que têm como base diferentes princípios para a determinação da presença/concentração de TPO:

Oxigênio Dissolvido – a concentração total de Oxigênio do produto acabado é determinada pela medição do Oxigênio Dissolvido de uma amostra em equilíbrio, por agitação. Ao OD é aplicado um fator Z que depende da temperatura e da fração de volume ocupada pelo espaço vazio face ao C. efetivo [22].

$$\%HS = \frac{HV}{C.efetivo} \times 100 \quad (2.2)$$

$$Z = 1 + \left[\frac{3777 \times (4,15 \times 10^{-7} \times T^2 + 2 \times 10^{-4} \times T - 0,0701)}{T} \right] \quad (2.3)$$

$$TPO = OD \times Z \quad (2.4)$$

Onde,

%HS – razão entre o Volume de espaço vazio e C. efetivo (%)

HV – Volume de espaço vazio

C. efetivo – Volume de cerveja na embalagem

Z – fator z

TPO – Oxigênio total na embalagem

OD – Oxigênio Dissolvido na cerveja

Sensor eletroquímico – a determinação da concentração de Oxigênio é efetuada através da reação de Oxidação-Redução com uma solução condutora de corrente elétrica. Posteriormente é medido a corrente elétrica produzida pela oxidação ou redução do Oxigênio que é diretamente proporcional à concentração de O₂ reagido [23].

Sensor ótico – é emitido um feixe de luz sobre as moléculas organometálicas que emitem fluorescência a um dado comprimento de onda. As moléculas de oxigênio ligam-se às moléculas excitadas e atenuam a fluorescência. A foto díodo deteta a intensidade do feixe de luz e mede a pressão parcial do Oxigênio que por sua vez é diretamente proporcional ao intervalo de tempo entre a recepção e emissão de luz [24].

Dióxido de Carbono

O CO₂ é o gás que confere “vida” e tem uma forte influência sobre os sabores, aromas e a aparência da cerveja. É um dos produtos derivados da fermentação dos açúcares pelas leveduras. Após a fermentação, uma pequena percentagem desse composto permanece dissolvido na mistura, mas a maior parte é evaporado para o ar. Em cervejeiras mais modernas, existe ou foi implementado um sistema de recuperação de gases, nomeadamente para o reaproveitamento do CO₂ para a posterior carbonatação da cerveja e em processos onde é necessário a utilização do mesmo [25].

2. Introdução teórica

A cerveja é carbonatada na etapa da Filtração e é fundamental controlar níveis de Dióxido de Carbono na cerveja. Em elevada concentração, o CO₂ pode arrastar compostos mais leves que são responsáveis pelo aroma, há o perigo de rebentamento das embalagens, formação excessiva de espuma, gosto muito agressivo e dificuldade ao servir a cerveja. Em baixa concentração, também apresenta defeitos como cerveja sem vida, conhecido como “cerveja morta”, alterações no sabor, ligeira acidez, e a diminuição das defesas contra micro-organismos [13].

O nível de CO₂ deve ser controlado a partir da carbonatação da cerveja até ao produto acabado. Na última análise, ao produto acabado, também requer o cuidado de recolher e analisar as amostras à saída da enchedora. Ao contrário do O₂, o Dióxido de Carbono não é consumido pela cerveja, mas a taxa de dissolução diminui com o aumento da temperatura. Para não gerar resultados incertos, essa análise deverá ser realizada momentos após a recolha [26].

Existem diversos métodos que têm como base diferentes princípios para a determinação da presença/concentração de CO₂:

Pressão e Temperatura – a concentração de CO₂ é determinada através do Princípio da Lei de Henry em que relaciona o equilíbrio entre a fase gasosa e aquosa da cerveja. Pode ser calculada tendo em conta a pressão parcial de Dióxido de Carbono dissolvido na cerveja e a temperatura do líquido. Este método assume que 100% da pressão parcial medida é somente Dióxido de Carbono [27].

$$p = k_H c \quad (2.5)$$

Onde,

p – pressão parcial

k_H – constante de Henry que varia com a temperatura

c – concentração do composto

“Volume expansion” – consiste na múltipla expansão de uma pequena quantidade de amostra de cerveja, e uma vez que o Oxigênio e o Azoto são compostos com uma solubilidade cerca de 50 vezes inferior à de Dióxido de Carbono, evaporam-se restando apenas o CO₂. Conseguindo assim eliminar a influência dos outros gases. A concentração é determinada segundo a Lei de Henry e Lei de Dalton [13, 28-29].

Condutividade térmica – a concentração é determinada através da condutividade térmica (CT) de Dióxido de Carbono. É colocado um sensor CT juntamente com uma membrana permeável a gases que permite a passagem da mistura de compostos gasosos. O sensor analisa a condutividade térmica do CO₂ da mistura e ao comparar com o do gás de referência, determina a concentração do Dióxido de carbono sem a influência dos outros gases [13, 28].

Ar no Colo

O Ar no colo, por definição, é o conjunto de gases, presentes no espaço vazio da embalagem. É um parâmetro que está relacionado com o “Pick-up” de Oxigênio. Grande parte provém do ar atmosférico

2. Introdução teórica

(azoto e oxigénio) mas após o fecho da embalagem, parte do Dióxido de Carbono dissolvido na cerveja pode evaporar, associando-se aos gases do espaço vazio.

A determinação deste parâmetro foi o primeiro método de controlo de Oxigénio no espaço vazio do produto acabado. Apenas 21% (fração no ar atmosférico) do volume determinado é considerado como o volume de O₂. Este método não é o mais indicado pois a análise por não ser realizada após o processo de enchimento e sendo a cerveja uma matriz em constante modificação é fundamental ter um método que analise amostra à saída da enchedora. O Ar no Colo é uma avaliação de tendência do consumo de Oxigénio ao longo do tempo, sendo importante para verificar se existem alterações nas características da cerveja.

Existem diversos métodos que têm como base diferentes princípios para a determinação da presença/concentração de Ar no Colo:

Hidróxido de Potássio – o procedimento deste método não requer qualquer tipo de tecnologia moderna, consiste na medição do volume de ar presente no espaço vazio. O ar percorre uma solução de Hidróxido de Potássio, absorvendo o CO₂ libertado pela cerveja e o volume de ar medido é o Ar no Colo do volume da respetiva embalagem.

Cálculo de Ar no Colo – a concentração de Ar no Colo pode ser determinada através da pressão, volume e pureza de CO₂ no espaço vazio, conteúdo efetivo e Pressão barométrica. A equação é definida por:

$$Ar\ no\ Colo = \frac{1000 \times P_{HS} \times V_{HS} \times (100 - \%CO_2)}{C_{efetivo} \times 100 \times P_{Barométrica}} \quad (2.6)$$

Onde,

Ar no Colo – concentração de gases no espaço vazio ml/L

P_{HS} – pressão medida na perfuração da embalagem

V_{HS} – volume de espaço vazio da embalagem

%CO₂ – pureza de CO₂ na mistura de gases no espaço vazio

C. efetivo – volume de líquido na embalagem

P_{Barométrica} – pressão atmosférica

2.2 Validação e Implementação de Métodos Analíticos

Antes de implementar um novo método de análise é necessário validar para garantir que o procedimento seguido é apto para a finalidade proposta. Para tal, este tem de passar por uma série de teste. Todo o processo de validação deve ser executado de igual forma para não apresentar desvios nos resultados. O laboratório de análises onde será implementado o método também deverá ser capaz de reproduzir todo o procedimento seguido, segundo a norma ISO 17025 [30].

Os métodos analíticos devem respeitar certos requisitos para que a sua validação seja válida e aplicado corretamente para a análise em questão. Os requisitos mínimos podem ser diferentes para

2. Introdução teórica

cada método. De uma forma geral pode-se diferenciar métodos analíticos que avaliam qualitativamente e outros quantitativamente. Para estas duas avaliações não é justificável avaliar segundo os mesmos parâmetros. O primeiro caso é mais correto avaliar parâmetros como Limite de Detecção (LD), seletividade/especificidade e robustez. Já para o último, todos os parâmetros podem ser avaliados desde que seja aplicável ao próprio método [31].

2.2.1 Especificidade

As amostras analisadas por um método/equipamento muitas vezes podem conter uma mistura de componentes que podem interferir com o desempenho, não conseguindo determinar a concentração de um composto específico com rigor, pelo que é necessário avaliar a capacidade do equipamento em determinar a presença desse composto no meio de uma mistura complexa [31].

É definido como específico, o método/equipamento que consegue determinar com rigor a presença de uma substância. Para tal, deve ser elaborado um ensaio com amostras complexas (multicompetente) em que se pode realizar um teste de recuperação, em que se varia a concentração do composto, a partir de uma mesma amostra padrão, em proporções bem conhecidas e ao longo de toda a gama de medição. Deve ter uma taxa de recuperação dos ensaios de recuperação próximas do valor definido pelo próprio laboratório. O rigor não é igual para todas as análises, dependendo das características do próprio método, pelo que este valor deve ser definido tem em conta dados e fatos credíveis [31].

2.2.2 Sensibilidade

A sensibilidade pode ser definida como a razão entre a variação de valor medido e a variação da concentração adicionada. Quanto maior for o seu valor, maior variação terá o valor real face ao pequeno incremento de concentração e vice-versa.

$$\text{Sensibilidade} = \frac{\Delta L}{\Delta C} \quad (2.7)$$

É a capacidade de um método/equipamento de distinguir pequenas diferenças de concentração pelo que pode ser determinada através da derivada de primeira ordem da curva de calibração.

Caso essa curva siga um modelo linear, a sensibilidade será igual ao declive da reta e constante ao longo de toda a gama de medição. Se a curva de calibração for um polinómio de segundo grau, a sensibilidade será uma função [31].

Primeira ordem	$y = mx + b$	$\text{sensibilidade} = m$
Segunda ordem	$y = cx^2 + dx + e$	$\text{sensibilidade} = 2cx + d$

2. Introdução teórica

A sensibilidade tem bastante interesse pelo seu aspeto relativo, isto é:

- Quando se pretende averiguar a evolução desta grandeza a longo do tempo
- Quando se compara a sensibilidade de diversos métodos analíticos, segundo o modelo linear, para um mesmo composto
- Quando se compara a sensibilidade para vários compostos

2.2.3 LD (limite de deteção)

É a capacidade de um método/equipamento detetar a presença de um composto, mas não tem de ser necessariamente um valor exato. Apenas corresponde ao valor mínimo detetável com uma certeza estatística razoável. Uma leitura inferior a este não traduz na ausência do composto, mas apenas que a concentração medida é inferior ao limite de deteção.

Em termos qualitativos, pode ser definida como a concentração mínima que o método/equipamento consegue distinguir de uma amostra em branco e existem dois tipos de erros estatísticos [31]:

- Tipo I (risco α) – probabilidade de concluir pela presença do componente em análise quando de fato não existe esse componente na amostra
- Tipo II (risco β) – a probabilidade de concluir pela ausência do componente em análise, quando ele de fato existe

Em termos quantitativos, o limite de deteção pode ser calculado por:

a) Caso geral

$$LD = X_0 + K \cdot \sigma_0 \quad (2.8)$$

Se o método tiver uma distribuição normal com um nível de confiança cerca de 99,7%:

$$LD = X_0 + 3,3 \cdot \sigma_0 \quad (2.9)$$

Onde,

X_0 – média de resultados das amostras padrão

σ_0 – desvio padrão associado aos resultados X_0

b) Se o método tiver uma curva de calibração com o modelo linear:

$$LD = \frac{3,3 \times S_{y/x}}{m} \quad (2.10)$$

Onde,

$S_{y/x}$ – desvio padrão residual da curva de calibração

m – declive da curva de calibração

2. Introdução teórica

2.2.4 LQ (limite de quantificação)

É a capacidade de do método/equipamento determinar a concentração de um composto e quantificar com uma dada precisão e exatidão. Por norma, corresponde ao padrão de calibração de menor concentração.

Após a determinação do mesmo, é necessário avaliar a precisão e exatidão. Os ensaios podem ser realizados através da precisão intermédia de uma série de padrões internos com amostras com concentração próxima do limite de quantificação [31].

Quantitativamente, o limite de quantificação pode ser determinado por:

a) Caso geral

$$L.Q = X_0 + 10. \sigma_0 \quad (2.11)$$

Onde,

X_0 – média dos valores obtidos nos ensaios das amostras padrão

σ_0 – desvio padrão associado a X_0

b) Caso do Padrão vestígio ou branco fortificado

A determinação do LQ pode ser realizada através de ensaios com um conjunto de padrões vestígio ou brancos fortificados, independentes, em condições pré-definidas de precisão intermédia, precisão (RSD) e exatidão (erro relativo). O LQ é aceitável se os parâmetros anteriormente citados cumprirem os requisitos.

c) Caso em que o método envolve a utilização de uma curva de calibração com modelo linear

$$LQ = \frac{10.Sy/x}{m} \quad (2.12)$$

Onde,

Sy/x – desvio padrão residual da curva de calibração

m – declive da curva de calibração

O método/equipamento deve ser sujeito a esta validação quando [32]:

- Sempre que ocorrem alterações de fatores que influênciam o procedimento, tais como analista, reagentes, equipamento, ambiente, entre outros
- Sempre que se faz nova curva de calibração e se utiliza um modelo linear, poderá ser feito um estudo ao longo do tempo e adotar como limiares analíticos a média dos limites de deteção e de quantificação de uma série significativa de curvas de calibração, desde que se observe estabilidade nos valores de limiares obtidos.

2. Introdução teórica

2.2.5 Precisão

A precisão é a avaliação da dispersão de resultados a partir de ensaios com amostras padrão (concentração conhecida) com condições definidas e mantidas ao longo de todas as análises. Este parâmetro é avaliado através de três medidas repetibilidade, reprodutibilidade e precisão intermédia. Geralmente a precisão varia com a gama de concentrações [31,32].

Repetibilidade

A repetibilidade avalia a precisão de um método/equipamento ao longo de um ensaio com amostras padrão onde devem ser mantidas as condições de análise, tais como:

- Mesmo laboratório
- Mesmo analista
- Mesmo equipamento
- Mesmo tipo de reagentes
- Curtos intervalos de tempo

Nestes ensaios são analisados a dispersão de resultados e podem ser realizados em intralaboratoriais e interlaboratoriais com um mínimo de 10 amostras onde deve ser analisado diferentes concentrações, em toda a gama de medição [31].

Com uma dada probabilidade específica (normalmente 95%), a diferença absoluta entre dois resultados ($X_n - X_{n+1}$) deve ser inferior ao limite de repetibilidade (r) que pode ser determinado por:

$$r = t_{0,05(m-1)}^u \times \sqrt{2} \times S_{ri} \quad (2.13)$$

Onde,

$t_{0,05(m-1)}^u$ – valor crítico da distribuição de t-student com m nível de significância de 5%

m – nº de réplicas

S_{ri} – desvio padrão dos resultados do ensaio de repetibilidade

Caso a amplitude entre dois resultados for superior ao limite de repetibilidade, é necessário realizar uma análise crítica e avaliar se é necessário repetir ensaios segundo um plano assente em dados bibliográficos ou normas, nomeadamente ISO 5725-2 e ISO 5275-6 [31].

Nesta avaliação também se pode verificar o Coeficiente de Variação de Repetibilidade (CV_r) ou desvio padrão relativo (RSD) para cada nível de concentração considerada da gama de medição.

$$RSD = \frac{S_{ri}}{\bar{x}} \times 100 \quad (2.14)$$

Onde,

RSD – desvio padrão relativo

S_{ri} – desvio padrão dos resultados do ensaio de repetibilidade

\bar{x} – valor médios dos resultados do ensaio de repetibilidade

2. Introdução teórica

Reprodutibilidade

A reprodutibilidade é a avaliação da precisão do método/equipamento a analisar a mesma amostra padrão segundo o mesmo procedimento, mas alterando certas condições de análise, tais como:

- Diferentes laboratórios
- Diferentes operadores
- Diferentes equipamentos
- e/ou épocas diferentes

Pode ser avaliada através de ensaios interlaboratoriais em que são enviadas amostras padrão para os laboratórios participantes.

Com uma dada probabilidade específica (normalmente 95%), a diferença absoluta entre dois resultados ($X_n - X_{n+1}$) deve ser inferior ao limite de reprodutibilidade (R) que pode ser determinado por:

$$R = R_{0,05(m-1)}^u \times \sqrt{2} \times S_{Ri} \quad (2.15)$$

Nesta avaliação também se pode verificar o Coeficiente de Variação de Repetibilidade para cada nível de concentração considerada da gama de medição [32].

$$\%CV_r = \frac{S_{ri}}{\bar{x}} \times 100 \quad (2.16)$$

Precisão intermédia

A precisão intermédia avalia a precisão de um método/equipamento da medição de amostras padrão no mesmo laboratório ou em laboratórios distintos, mas delinear quais os parâmetros a variar, tais como:

- Diferentes analistas
- Diferentes equipamentos
- Diferentes épocas
- Com/sem verificação da calibração

A determinação da precisão intermédia é efetuada através da medição de n amostras em replicado, duplicado ou em ensaio único em condições previamente definidas. Também deve ser organizado outros ensaios com amostras com diferentes concentrações. A precisão intermédia de um método/equipamento é calculada a partir dos resultados obtidos nos ensaios a diversas concentrações, onde numa primeira fase são eliminados os valores "Outliers" (ISO 5725-2, ASTM E178) [31].

A precisão intermédia pode ser determinada através de vários métodos:

- a) A partir de cartas de controlo, deve ser recolhida t amostras ou padrões de n ensaios. A seguinte **equação 2.17** para o cálculo da precisão intermédia baseia-se na dispersão entre ensaios e é recomendado que t(n-1) seja superior a 15 e é calculada através da seguinte equação:

2. Introdução teórica

$$Si_0 = \sqrt{\frac{1}{t(n-1)} \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n (y_{jk} - \bar{y}_j)^2} \quad (2.17)$$

Onde,

Si() - desvio padrão de precisão intermédia (onde os símbolos relativos às condições intermédias de precisão podem aparecer entre parêntesis, Ex: Si(T.O.) significa tempo e Operadores diferentes)

t - nº de amostras

n - nº ensaios efetuados por amostra,

j – nº da amostra (que vai de 1 a t amostras);

k – nº do resultado obtido para a amostra j (que vai de 1 a n);

y_{jk} – resultado individual (k) para a amostra j de 1 a t

\bar{y}_j – representa a média aritmética dos resultados da amostra j de 1 a t

b) Outro método (mais simplificado), baseia-se na realização de n ensaios (n ≥ 15) em condições previamente definidas sobre as análises:

- Uma mesma amostra
- Amostra supostamente idênticas
- Padrões

$$Si_0 = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y})^2} \quad (2.18)$$

Onde,

Si() - desvio padrão de precisão intermédia (onde os símbolos relativos às condições intermédias de precisão podem aparecer entre parêntesis, Ex: Si(T.O.) significa tempo e Operadores diferentes)

n – nº de amostras / padrões;

y_k – resultado individual obtido;

\bar{y} – representa a média dos resultados individuais obtidos. y

2.2.6 Exatidão

A exatidão é definida como a proximidade dos valores obtidos em ensaios com o valor aceite como referência e definido como verdadeiro. Implica que os ensaios estão sujeitos a um conjunto de erros aleatórios e componentes de erros sistemáticos. Este pode ser avaliado segundo diversos processos, tais como [31]:

- Materiais de Referência certificados
- Ensaio Interlaboratoriais
- Testes comparativos

2. Introdução teórica

Materiais de Referência Certificados

Os Materiais de Referência Certificados (MRC) possuem um valor de concentração e uma incerteza associada para do parâmetro analisado. A aquisição deste deve ser realizado por uma entidade reconhecida e credível para este tipo de processo. Consiste na análise do desempenho do laboratório e procura-se comparar os resultados obtidos nos ensaios com o valor tido como referência, determinando o erro e exatidão do método/equipamento. Caso o valor obtido não se encontrar dentro do intervalo de incerteza, deve ser realizado uma análise crítica de modo a identificar a causa para o desvio verificado. Cada laboratório deve adotar critérios de aceitação e agir de acordo com o seu regulamento [31].

A avaliação dos resultados na análise MCR pode ser efetuado através de Erro relativo, Teste de hipóteses (teste t), z-score e erro normalizado.

Erro relativo

O erro relativo avalia a componente de erros sistemáticos associado ao ensaio realizado. Cada laboratório deve definir o seu grau de exigência, através de dados bibliográficos, e assim estipular o limite para a percentagem de erro relativo no qual o Er não deve ultrapassar [32].

$$Er = \frac{X_{lab} - X_v}{X_v} \times 100 \quad (2.19)$$

Onde,

X_{lab} – média dos valores reais

X_v – valor de referência

No caso de ausência do limite para o Er, é possível assumir o valor 5% que para certos casos é satisfatório, mas neste caso, é meramente indicativo [31].

Teste de hipótese (teste t)

O teste de hipóteses é um processo que avalia a componente de erros sistemáticos associados ao método/equipamento e pode ser calculado por:

$$t = \frac{(X_{lab} - X_v)\sqrt{N}}{S_{xlab}} \quad (2.20)$$

Onde,

X_{lab} – média dos valores reais

X_v – valor de referência

S_{xlab} – desvio padrão associado aos valores reais

2. Introdução teórica

O valor de t , em módulo deve ser comparado com o valor crítico e tabelado, t_{tab} , determinado através o grau de confiança e $N-1$ graus de liberdade.

- Se $|t| \geq |t_{tab}|$, não ficou estatisticamente evidenciada a existência de erros sistemáticos e logo o ensaio é satisfatório
- Se $|t| < |t_{tab}|$, ficou estatisticamente evidenciada a existência de erros sistemáticos e logo o ensaio não é satisfatório

z-score

o z-score avalia o número de desvio padrão (s) dos valores reais face ao valor tido como referência, tendo em conta uma S estipulado como referência. Pode ser calculado por:

$$z = \frac{X_{lab} - X_v}{S} \quad (2.21)$$

Onde,

X_{lab} – média dos valores reais

X_v – valor de referência

S – desvio padrão de referência

A avaliação do resultado pode ser realizada tendo em conta a seguinte escala.

Tabela 2.1-Intervalo e interpretação dos resultados dos z-score [31]

z-score ≤ 2	Satisfatório
2 < z-score ≤ 3	Questionável
3 < z-score	Incorreto

Erro normalizado

O processo de erro normalizado (En) é aplicado para avaliar o desempenho e a exatidão de um método/equipamento quando é X_v se encontra fora do intervalo de incerteza de X_{lab} .

$$En = \frac{X_{lab} - X_v}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \quad (2.22)$$

Onde,

X_{lab} – média dos valores reais

X_v – valor de referência

U_{lab} – incerteza associada ao valor real

U_{ref} – incerteza associada ao valor de referência

Se $|En| \leq 1$, então U_{lab} está bem estimada.

2. Introdução teórica

Caso o processo de avaliação identificar o método/equipamento como insatisfatório, deve ser elaborado um plano para definir a causa e aplicar ações corretivas [31].

2.2.7 Ensaio interlaboratoriais

- Ensaio interlaboratorial de aptidão: avalia o desempenho de um laboratório face aos restantes laboratórios participantes, funcionando em algumas indústrias como uma condição de acreditação do laboratório. O método usado pode ser definido pelo próprio laboratório
- Ensaio interlaboratorial de normalização: avalia o desempenho do método usado pelo laboratório analisando a repetibilidade e reprodutibilidade. O método usado deve ser o mesmo para todos os laboratórios

2.2.8 Testes comparativos

A exatidão pode ser avaliada através da comparação de resultados de um método/equipamento a validar com o de referência. Devem ser planeados ensaios com as mesmas amostras e condições, alterando apenas o equipamento usado nas análises. O objetivo deste ensaio comparativo é avaliar a proximidade dos resultados obtidos dos métodos aplicados face ao valor de referência assim como entre eles. Este método pode ser realizado sobre uma gama restrita de concentrações ou em toda a gama de concentrações.

2.2.9 Robustez

A robustez de um método/equipamento é a sensibilidade do mesmo nas análises a amostras quando está sujeita a pequenas variações de condições. É robusto se o método não afetar os resultados das análises perante as variações que possam ocorrer ao longo do procedimento.

A determinação da robustez pode ser realizada através do teste de **YOUDEN** que permite não só avaliar a robustez do método, mas também identificar quais as condições e como pode influenciar no processo (por defeito ou excesso) de cada análise realizada. É importante salientar que quanto maior for a robustez, maior será a precisão do método uma vez que o processo de medição e consequentemente os resultados não são impactados por fatores externos [31-32].

Existe outro método de validação em alternativa ao teste de **YOUDEN**. Realizar um teste em condições de precisão intermédia, onde se variam condições operatórias dentro do mesmo laboratório, ao longo de um período, conseguindo assim obter uma vasta gama de resultados. Apesar de não ter certas vantagens do teste de **YOUDEN**, os resultados destes ensaios são capazes de fornecer informações de alto nível sobre o impacto dos fatores externos no processo de análise [31-32].

2. Introdução teórica

2.2.10 Controlo estatístico de um processo

O controlo estatístico de um processo é importante que visa na avaliação do cumprimento das especificações inerentes aos produtos. Para isso, filosofia “*Lean*” (também conhecido “*Toyota Production System*”) que tem como objetivo a erradicação de todos os desperdícios e desta forma, a produção deve ser operação capaz e previsível. Desta forma garantir o cumprimento dos requisitos desejados pelos clientes. O processo pode ser avaliado através de índices de capacidade [33].

Capacidade

O C_p avalia a dispersão de resultados dos produtos em relação ao limite inferior e superior de tolerância, LIT e LST respetivamente. Assumindo que o processo segue uma distribuição normal, o C_p é calculado segundo:

$$C_p = \frac{LST - LSI}{6\sigma} \quad (2.23)$$

Onde,

- C_p – capacidade do processo
- LST – limite superior de tolerância
- LIT – limite inferior de tolerância
- σ – desvio padrão dos valores reais

Centralização

O C_{pk} avalia a centralização do processo em relação ao valor médio de referência dentro do intervalo dos limites de tolerância. Pode ser calculado segundo:

$$C_{pk} = \text{MIN} \left[\frac{LST - \bar{X}}{3\sigma}; \frac{\bar{X} - LIT}{3\sigma} \right] \quad (2.24)$$

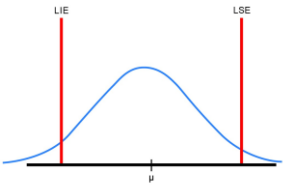
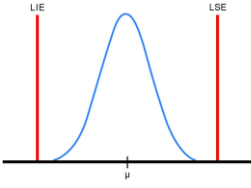
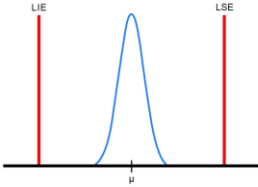
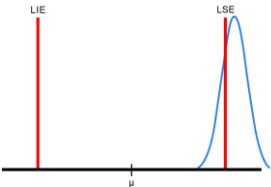
Onde,

- C_{pk} – centralização do processo
- \bar{X} – média dos resultados reais

Para ambos os critérios, quanto maior o seu valor mais capaz e centralizado estará o processo. Existem diversos cenários que um processo pode apresentar (**tabela 2.2**) [33-34]:

2. Introdução teórica

Tabela 2.2-Avaliação da capacidade do processo mediante os possíveis resultados de Cp e Cpk

<p>Cp baixo Cpk baixo</p>		<p>Incapaz</p>
<p>Cp médio Cpk médio</p>		<p>Satisfatório</p>
<p>Cp elevado Cpk elevado</p>		<p>Capaz</p>
<p>Cp elevado Cpk baixo</p>		<p>Incapaz</p>

2.3 Melhoria Contínua

A linha de produção de uma unidade fabril é um sistema em constante otimização e requer um acompanhamento contínuo ao longo do tempo. Esta melhoria é possível através da comunicação entre as diversas áreas de modo a garantir a qualidade do produto e a segurança no trabalho. Para a área da indústria alimentar é de extrema importância cumprir e respeitar as especificações impostas ao produto comercializado.

O TPM foi originado no Japão em 1971 pela *Toyota Production System* que visa na melhoria contínua do processo tentando sempre identificar e erradicar todos os tipos de defeito, perda, avaria e desperdício. Apenas é possível através do envolvimento de todos os trabalhadores em que é incutido uma cultura organizacional, espírito de equipa e partilha de conhecimento desde operadores formados na área e superiores de cargo. A partir desta filosofia, crê-se que é possível otimizar e garantir a eficiência do processo e consequentemente reduzir o número de manutenções do processo e os custos associados atingindo a ideologia dos “Zero Defeitos” [35].

2. Introdução teórica

Este sistema é suportado através da realização de diversas atividades segundo os 8 pilares do TPM baseadas na organização dos 5S.

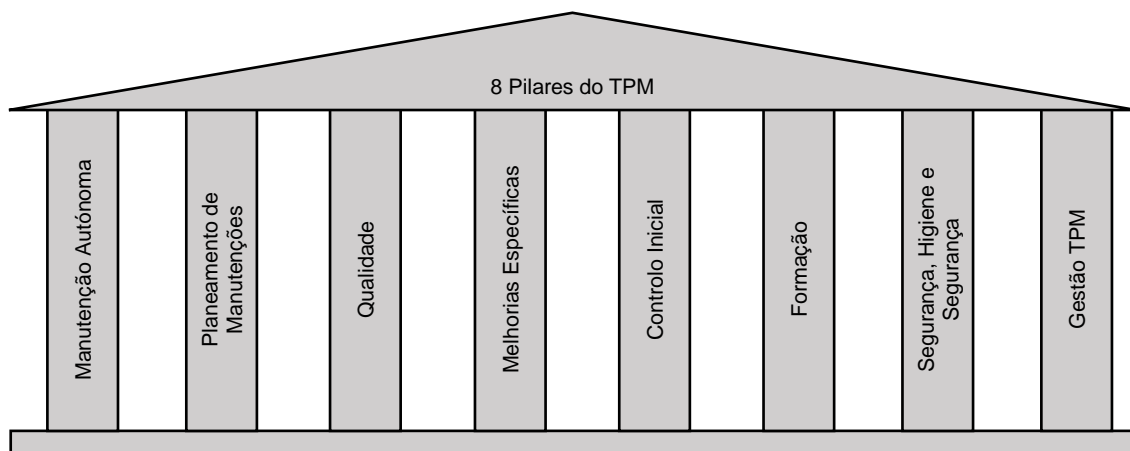


Figura 2. 3-Os 8 Pilares do TPM [36]

2.3.1 Pilares do TPM

Pilar 1 - Manutenção autónoma

Desenvolvimento das competências dos operadores através de formação e treinos por equipas especializadas, para a realização das tarefas elementares e necessárias, tais como a manutenção e limpeza, de modo a prolongar a vida útil e manter as condições básicas dos equipamentos tornando o processo mais autónomo e sem interrupções de atividade. Para tal, é fundamental os operadores, antes de desenvolver procedimentos, conhecerem e compreenderem pormenorizadamente todo o processo relativo às máquinas [37].

Pilar 2 – Planeamento de manutenções

Após a aquisição de qualquer equipamento, é imperativo realizar manutenções sobre diversos componentes de modo a garantir o bom desempenho e consequentemente garantir que os produtos produzidos tenham as características desejadas. Para tal, devem ser realizadas inspeções periódicas e planeamento de manutenções corretivas e preventivas. Desta forma podem reduzir as paragens de produção e a reduzir o número de defeitos [38].

Pilar 3 - Qualidade

A base para a produção de produtos sem defeitos está na compreensão e eliminação das causas que o podem provocar e assim garantir a satisfação dos consumidores. A qualidade dos produtos é garantida através da monitorização das características desejadas em cada fase do processo e esta é conseguida com as análises realizadas em laboratórios de qualidade, mas também é fundamental

2. Introdução teórica

compreender as causas dos defeitos de modo a prevenir qualquer inconformidade nos produtos. Para tal, é necessário controlar a eficiência das componentes inerentes ao processo e caso necessário, proceder à sua manutenção e alcançar o objetivo de zero reclamações por parte dos clientes [38].

Pilar 4 – Melhorias específicas

Neste pilar, o objetivo é erradicar qualquer tipo de falha e otimizar o processo. Apesar de existirem planos de manutenção e serem aplicadas ações de melhoria, por vezes os defeitos encontrados podem não ser necessariamente de resolução rápida, pelo que são formadas equipas multidisciplinares que incluem engenheiros, operadores e superiores de cargo de forma a analisar mais afincadamente o problema encontrado e tentar desenvolver uma ação corretiva, planejar ações preventivas e padronizar procedimentos [36-37].

Pilar 5 – Controlo inicial

O pilar tem como base a experiência de equipamentos anteriormente trabalhados, e com a aquisição de novos ou durante a fase de aplicação de ações de melhoria, transmitir o conhecimento do passado para ser implementado de modo a desenvolver novos métodos e/ou melhorar a capacidade de o equipamento realizar a tarefa proposta e garantir a redução de falhas [37].

Pilar 6 - Formação

Os colaboradores são uma das peças fundamentais para manter a atividade da empresa viva. É através de formações, treinos e prática que é alcançado e implementado o “como” reagir caso ocorra um problema. Mas para otimizar todo o processo, não basta ensinar o procedimento, é necessário incutir o “porquê” dos defeitos encontrados e assim formar pessoas curiosas que no futuro conseguirão procurar melhores formas de proceder à falha encontrada.

As formações devem seguir 4 fases: 1) Não sabem, 2) Sabem a teoria, mas não a prática, 3) Sabem a prática, mas não conseguem ensinar e 4) Sabem a prática e conseguem ensinar [38].

Pilar 7 – Segurança, Higiene e Ambiente

O pilar visa na eliminação de riscos, redução de poluição, aumento de segurança e limpeza, de modo a melhorar as condições tanto para o meio ambiente como para o ser humano e assim tornar o local de trabalho uma área em que se sintam bem e origine o bem-estar dos mesmos [38]

Pilar 8 – Gestão TPM

O TPM é um sistema que necessita de constante monitorização sobre as atividades dos diversos pilares, para tal, a administração deve analisar [37].

2. Introdução teórica

2.3.2 KPI – indicador de produtividade

Os processos necessitam de ser controlados para garantir o cumprimento dos objetivos. Pode ser medido através de “*Key Performance Indicators*” (KPI) que são os indicadores chaves que avaliam o percurso de um processo, comparando o trajeto atual com o desejado, e escolhendo os indicadores chaves corretos, poderá identificar as falhas e atuar sobre os mesmos conseguindo melhorar a qualidade do processo. Cada empresa pode definir diversos indicadores, mediante as suas necessidades e objetivos, e a sua avaliação é processada através de recolha de dados e avaliações que possibilita o acompanhamento do desenvolvimento das atividades. Estes indicadores além de proporcionar informações de produtividade à empresa, os colaboradores também devem ter acesso de modo a compreender e melhorar as práticas necessárias. Um bom sistema de medição de produtividade ter em conta 3 aspetos: tecnologia, colaboradores e organização. Com uma boa gestão, é possível identificar os fatores de risco e desenvolver os indicadores necessários para melhorar a produtividade do processo [39].

2.3.2 Metodologias

Filosofia “Kaizen”

A palavra “*Kaizen*” provém de duas palavras japonesas, “*Kai*” significa mudança e “*Zen*” significa melhor, pelo que esta filosofia tem a ideologia que caminhar para o melhor não requer grande alterações ou investimentos. Segue o princípio de que pequenas melhorias em abundância é melhor do que poucas grandes melhorias e que têm um efeito mais eficaz no ambiente da empresa.

Esta filosofia tem o objetivo de atingir conceito zero perdas em todas as áreas aplicadas, reduzir o custo associado a todas as atividades, melhorar a eficiência de todos os processos, colaboradores e materiais que afetam a produtividade da empresa. As atividades do “*Kaizen*” não são só direcionadas para a vertente da produção, também podem ser aplicadas à área administrativa [38].

Esta filosofia é uma ferramenta que auxilia na implementação do TPM e alcançar os objetivos desejados.

PDCA/SDCA

Os ciclos PDCA e SDCA são métodos que visam no melhoramento e aperfeiçoamento de qualquer processo e atividade e tem uma grande importância no controlo da Qualidade. Estes métodos podem ser separados em duas categorias [40]:

- a) PDCA que é aplicado para a implementação de uma melhoria no processo
 - “**Plan**” – definir os objetivos e s métodos de verificação
 - “**Do**” – realizar todas as análises de modo a obter resultados
 - “**Check**” – analisar os resultados e avaliar se alcançaram os objetivos
 - “**Action**” – caso necessário, executar as ações de melhoria

2. Introdução teórica

- b) SDCA é aplicado após o PDCA de modo a manter os bons resultados
- “**Standard**” – padronizar todos os procedimentos para manter os resultados
 - “**Do**” – formação dos operadores e avaliar se o procedimento é bem executado
 - “**Check**” – verificar se se a meta foi ou não alcançada
 - “**Do**” – caso a meta não tenha sido alcançada, agir sobre as causas raiz

Esta é uma das ferramentas mais importantes do TPM para a realização de qualquer atividade de forma organizada e atingir os objetivos definidos.

2.3.3 Ferramentas TPM

5S

É um sistema de organização e gestão de atividades com o propósito de simplificar e padronizar todos os procedimentos que envolvam a ação humana garantindo a segurança e a produtividade. Além destes pressupostos, também envolve a limpeza e disposição de todo o material tornando mais fácil a identificação de alguma ocorrência menos apropriada [38].

Cada “S” deste sistema corresponde a uma palavra japonesa com os seguintes conceitos, Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke.

- **Seiri – Arrumação:** Tem em conta o conceito da facilidade em alcançar os materiais necessário através da disposição organizada dos mesmos. Para tal, podem ser organizados segundo diversos critérios tais como, importância, que devem estar dispostos num local visível e de fácil acesso, frequência de uso, em locais perto da tarefa a realizar e utilidade que podem ser considerados como materiais imprescindíveis ou sem utilidade podendo neste caso ser destinado para outras áreas.
- **Seiton – Disposição:** Segue o conceito, que todos os matérias devem estar sempre arrumados no seu local. Após o seu uso, deve se guardado para que qualquer outro trabalhador possa usufruir sem a preocupação de procurar. Os locais destinados para esses materiais são sempre identificados através de marcas, placas e o cuidado de colocar os materiais volumosos e pesados no nível inferior.
- **Seiso – Limpeza:** O conceito de Seiso tem como objetivo a limpeza total do local de trabalho assim como a organização de todos os materiais indevidamente exposto (cabos ou fugas) para garantir a segurança e prevenção de qualquer tipo de acidente.
- **Seiketsu – Padronização:** Todas os procedimentos de organização e limpeza devem ser respeitados e aplicados por parte de todos os colaboradores, de modo a garantir que o local de trabalho se encontre sempre cuidado, melhor ambiente de trabalho e que reduza o número de acidentes.

2. Introdução teórica

- **Shitsuke – Disciplina:** A perfeição apenas é conseguida através da colaboração de todos envolventes pelo que cada colaborador deve respeitar e pôr em prática os ensinamentos transmitidos. Além de melhorar as condições da empresa, as boas práticas e hábitos podem auxiliar ao longo do percurso de vida de uma pessoa.

LUP

As Lições de Um Ponto (LUP) são ferramentas que auxiliam na realização de diversas tarefas. São documentos que descrevem sucintamente o procedimento, “*standard*” ou outro tipo de informação de forma simplificada e ilustrativa, facilitando a sua compreensão quando recorridas de forma a evitar qualquer tipo de trabalho extra [41].

Esta ferramenta está ligada ao Pilar de Formação, pois é um documento de orientação de atividades.

5 Porquês

A análise 5 Porquês ou RCFA (“*Root Cause Failure Analysis*”) é uma ferramenta cujo o objetivo é a identificação da causa raiz de um defeito através de cinco perguntas e de forma simplificada por não ser necessário muitos materiais. Esta ferramenta apenas indica que a hipótese mais provável, alcançada através de reuniões de “*Brainstorming*”, de ser a causa raiz, mas de forma a certificar esta conclusão é necessário realizar ensaios. No final dos 5 Porquês, deve ser atribuído um dos 5M (Meio Ambiente, Material, Mão de Obra, Método e Máquina) à causa encontrada, planear ação corretiva e preventiva [42].

Matriz Quality Assurance

A Matriz Quality Assurance (QA) não é só mais uma ferramenta de identificação de causa raiz, também avalia as atuais ou potenciais causas do processo que podem impactar no defeito a analisar e comprometer a qualidade do produto e a satisfação do consumidor. Esta avaliação é realizada através da atribuição de ponderações, definidas pela empresa, segundo o impacto que tem sobre o defeito [43].

Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe é conhecido por relacionar o defeito/problema encontrado com as diferentes possibilidades para a causa raiz. Esta é uma boa ferramenta em reuniões de “*Brainstorming*” por analisar todas as possíveis causas ou quando não é claro a origem do problema e através de troca de ideias surgiu a solução.

Em indústria, geralmente as causas de qualquer defeito são atribuídas a 5Ms, Máquina, Método, Mão-de-Obra, Material e Meio Ambiente [44].

3. Materiais e Métodos**3 Materiais e Métodos****3.1 Validação do Equipamento TPA**

A implementação do novo método laboratorial visa no melhoramento das condições de trabalho, redução do tempo despendido e na maior confiança dos resultados. Mas antes de implementar, é necessário validar. O desempenho prestado pelo novo método deverá ser igual ou melhor comparativamente aos métodos antigos. Essa avaliação será realizada através do estudo de uma amostragem onde é analisada o comportamento do novo método face aos antigos nas mesmas condições.

O plano de recolha é importante para garantir que o melhor método seja escolhido com distinção e os resultados obtidos sejam confiáveis. Para tal é necessário garantir todas as condições dos ensaios como as condições de análise e o procedimento seguido. Na **tabela 3.1** são apresentadas as variáveis consideradas:

Tabela 3.1-Variáveis para a validação de um método

Analista	As repetições das análises devem ser feitas sempre pelo mesmo analista
Equipamento	As análises devem ser realizadas sempre com os mesmos equipamentos
Laboratório	Manter as condições do laboratório para reproduzir os ensaios
Produto	Os ensaios devem ser realizados com amostras de referência ou originados da mesma produção
Amostragem	Definir o mesmo nº de amostras para os métodos em estudo de modo a garantir que não existem desvios num dos métodos por falta ou excesso de resultados
Condições	Manter as condições de armazenamento e análise das amostras para não gerar resultados falsos ou desviados devido a fatores externos
Procedimento	Os ensaios devem seguir sempre o mesmo procedimento para não gerar resultados com erros associados

3.1.1 Equipamento TPA (Total Package Analyser)

O Orbisphere 6110, Total Package Analyser, é um equipamento moderno que tem como propósito melhorar as condições e tornar a realização das análises do produto acabado mais seguras. O TPA analisa vários tipos de embalagens, garrafas e latas (alumínio e PET) com um mínimo de 150 ml de volume e altura compreendida entre 90 mm e 340 mm. Para o seu funcionamento, o TPA requer duas fontes de alimentação gasosa, Gás de Purga (CO₂ ou Azoto) para a limpeza das tubagens e a

3. Materiais e Métodos

determinação de certos parâmetros e Ar Comprimido para as funções mecânicas. Também é necessária uma fonte de eletricidade para manter o equipamento ativo.

Na **tabela 3.2** estão apresentados os materiais necessários para a realização das análises com o equipamento.

Tabela 3.2-Materiais necessário para garantir o bom funcionamento do equipamento TPA [46]

Agitador automático	Agita previamente a amostra para ser analisada no equipamento TPA
Fonte de CO₂ (99% de pureza)	Como gás de purga, mantém o equipamento pronto para analisar amostras com níveis baixos de oxigénio e também a determinação do volume de espaço vazio
Fonte de Ar Comprimido	As funções mecânicas do equipamento são acionadas através do ar comprimido
Eletricidade	Fonte de alimentação do equipamento
Água	É necessário manter um certo nível de água no sonotrodo para tornar a transferência de energia do ultrassom da base para a embalagem mais eficiente
Anti-espuma	Uma pequena quantidade é injetada no líquido para impedir a formação de espuma

As análises alvo do TPA é a medição de Dióxido de Carbono, Ar no Colo e TPO (Oxigénio Dissolvido e no espaço vazio). Além destes, também é possível determinar o volume de líquido e consequentemente o volume de espaço vazio, temperatura e volume de conteúdo líquido.

Internamente, o equipamento é composto por seis sensores: pressão barométrica, pressão, temperatura, CO₂, fluxo e Oxigénio. Cada análise é auxiliada pelos diversos sensores e partem de diferentes fundamentos teóricos para o cálculo e determinação dos parâmetros [45].

Determinação de:

- **Dióxido de Carbono**

- a) CO₂ (P/T): este parâmetro é calculado através da pressão de gás no espaço vazio e a temperatura medida do líquido.

3. Materiais e Métodos

- b) CO₂ True: está diretamente ligado ao CO₂ (P/T)

$$CO_2True = CO_2(P/T) \times \text{Pureza de } CO_2 \quad (3.1)$$

Onde,

CO₂ (P/T) – concentração total dos gases presentes na amostra

Pureza de CO₂ – percentagem de Dióxido de Carbono no total de gases presentes na amostra

Na validação do equipamento, apenas foi analisado o parâmetro de CO₂ (True), por este considerar a pureza de Dióxido de Carbono na mistura de gases da amostra, ao contrário do CO₂ (P/T) que determina a concentração através da pressão exercida por todos os gases

Oxigênio

- a) “Pick-up” de Oxigênio: A quantidade de Oxigênio é medida através da integração do seu volume por unidade de tempo que o composto demora a abandonar a embalagem
- b) Oxigênio Dissolvido: O sinal de O₂ libertado no líquido misturado com os gases do espaço vazio, é uma função exponencial e o Oxigênio dissolvido pode ser calculado através da integração da mesma.
- c) TPO: é a soma entre as parcelas Oxigênio Dissolvido e “Pick-up” de Oxigênio

Volume

- a) Volume de espaço vazio (V_{esp}): este volume é determinado através do Princípio dos Gases Perfeitos
- b) Volume Total (V_T): introduzido manualmente no sistema
- c) Volume de líquido (V_{liq}): diferença entre o Volume total e de espaço vazio

$$V_T = V_{liq} - V_{esp} \quad (3.2)$$

Ar no Colo

O equipamento não vem programado para analisar o Ar no Colo, mas é possível inserir equações com variáveis determinados pelo equipamento como a Pressão do espaço vazio e a pureza de CO₂ na mistura de gases das amostras. Segundo o método de determinação descrito no capítulo **2.1.5 Controle de enchimento**, o equipamento foi programado para reportar o resultado da **equação 2.6** sempre que é analisada uma amostra.

3. Materiais e Métodos

Processo de medição

O tempo despendido por análise é cerca 4/5 minutos para qualquer tipo de embalagem e produto. Cada parâmetro é medido de forma independente ao longo do processo de medição e este é separado em 5 fases.

- 1) **Perfuração:** Ao iniciar a análise, o equipamento ativa o sistema de purga de modo a remover todo o gás (principalmente ar) presente nas tubagens. É através da agulha que todo o gás é expelido e esta operação é interrompida no momento em que o dispositivo de perfuração entra em contato com topo da embalagem. Após a perfuração, é injetado o anti-espumante* no líquido.

*Anti-espumante: é um agente químico que reduz e impede a formação de espuma. A ficha técnica deste material pode ser encontrada no **Anexo I**

- 2) **Espaço vazio:** A pressão e a temperatura no interior da embalagem são medidas e em seguida a válvula da agulha é aberta para permitir a passagem do gás presente no espaço vazio pelos sensores de Oxigénio e CO₂. Também é nesta fase que é determinada a concentração de Oxigénio no espaço vazio e o CO₂ (P/T)
- 3) **Análise ao Líquido:** A passagem de gás é cessada e é ativada o sonotrodo* e os gases que escapam do líquido misturam-se com os gases do espaço vazio.

*sonotrodo – é a base onde a embalagem é posicionada. Tem como função transferir energia vibratória através de ultrassom.

- 4) **Volume do espaço vazio:** No final da fase 3, dá-se a entrada do gás de purga contida no volume de referência até ocupar totalmente o volume do espaço vazio. É medida a nova pressão e através do Princípio dos Gases Perfeitos, é calculado o volume do espaço vazio e consequentemente o volume de líquido no interior da embalagem.
- 5) **Fim da medição:** No final da análise, a agulha é recolhida e o dispositivo de perfuração é separado do topo da embalagem. O sistema de purga é ativado novamente para remover qualquer resíduo na passagem. Com o equipamento na posição em “**Stand by**”, uma pequena quantidade do gás de purga circula entre os sensores para manter os níveis de Oxigénio reduzidos.

3.1.2 Plano de validação para a determinação da concentração de Dióxido de Carbono e Ar no Colo

A implementação de um novo método requer um planeamento de recolha de dados de modo a validar e confiar nos resultados das análises realizadas sobre as amostras. Para tal, os ensaios para a validação do CO₂ e Ar no Colo foram testados com amostras de controlo (AC1) anteriormente aceites pelo Laboratório da Qualidade da empresa. Na validação de ambos os parâmetros, foram comparados

3. Materiais e Métodos

3 métodos, método tradicional e dois com o equipamento TPA (**tabela 3.3 e 3.4**). É descrito no procedimento da empresa, para o método com o equipamento TPA, que a amostra deve ser sujeita a uma agitação constante ao longo de 5 minutos, e de modo a minimizar o tempo de espera dos analistas e operadores, também foi testado a medição das amostras agitando 5 vezes manualmente.

Atualmente existem dois equipamentos TPA. Foram realizados os ensaios de comparação de métodos no TPA1 e no equipamento TPA2 apenas se reproduziu o ensaio do método com os melhores resultados e definido como o mais apto.

Tabela 3.3-Plano de ensaios para a determinação da concentração de Dióxido de Carbono e posterior análise e comparação de métodos

Medição de CO ₂				
Método	Produto	Equipamento	Nº de Amostras	Temperatura
Agitação Automático	Cerveja	TPA	24	Ambiente e Enchimento
Agitação Manual		TPA		
Tradicional		Zahm & Nagel		

Tabela 3.4-Plano de ensaios para a determinação da concentração de Ar no Colo e posterior análise e comparação de métodos

Medição do Ar no Colo				
Método	Produto	Equipamento	Nº de Amostras	Temperatura
Agitação - Automático	Cerveja	TPA	24	Ambiente
Agitação – Manual		TPA		
Tradicional		Hidróxido de Potássio		

Procedimento de análise com o equipamento TPA: Agitação Automática e Manual

Ambos os métodos para a determinação do CO₂ e Ar no Colo com o equipamento TPA, seguem o mesmo procedimento e devem ser analisadas com amostras em equilíbrio:

- Agitação automática: colocar no agitador automático durante 5 minutos a uma velocidade constante
- Agitação Manual: agitar a amostra 5 vezes manualmente
- Temperatura ambiente: as amostras devem permanecer dentro de um banho termostático a 20°C durante 10 minutos antes de qualquer análise.
- Temperatura de Enchimento: as amostras devem permanecer dentro de uma câmara frigorífica, cerca 4-8°C, pelo menos 2h para atingirem e estabilizarem a uma temperatura próxima do enchimento

3. Materiais e Métodos

A análise da amostra foi realizada após a agitação e no final de cada análise, foram registados os resultados de CO₂ (True) e Ar no Colo. Todos os parâmetros de Dióxido de Carbono são expressos em g/L (m/v) e o Ar no colo em ml/L. O procedimento completo e detalhado está descrito no **Anexo II**.

Método Tradicional de CO₂, Zahm & Nagel

Este método segue o princípio da Pressão e Temperatura descrito no capítulo 2.1.5 Controlo do enchimento e apenas é necessário preparar as amostras pela temperatura (ambiente e enchimento).

O material necessário está presente na **tabela 3.5** e o posterior cálculo para a determinação da concentração de CO₂ é segundo a equação 3.3.

$$C_a = (P_{Headspace} + 1.013) \times e^{\left(-10.738 + \frac{2617.25}{t+273,15}\right)} \quad (3.3)$$

Onde,

C_a – aparente (m/V), não é tido em conta o volume de Ar no Colo para o cálculo (g.L⁻¹)

P_{headspace} – pressão total lida com a agitação da amostra (bar)


t – temperatura (°C)

1.013 – pressão atmosférica médio (bar)

$e^{\left(-10.738 + \frac{2617.25}{t+273,15}\right)}$ – Constante de Henry (a 20°C é igual a 0,1636579 (g.L⁻¹.bar⁻¹))

O procedimento completo e detalhado está descrito do Anexo IV.

Tabela 3.5-Materiais necessários para a determinação da concentração de CO₂ através do método tradicional

Zahm & Nagel (1)	
Sensor de temperatura (2)	


Método Tradicional de Ar no Colo, Hidróxido de Potássio

Este método segue o princípio do método Hidróxido de Potássio descrito no capítulo 2.1.5 Controlo do enchimento e apenas é necessário preparar as amostras pela temperatura (ambiente).

3. Materiais e Métodos

Além da preparação das amostras com a temperatura, também é necessária a preparação da estação de análise (**tabela 3.6**).

Tabela 3.6-Materiais necessários para a determinação da concentração de Ar no Colo através do método tradicional

Bureta (1)	
Perfurador (2)	
Hidróxido de Potássio (3)	

No final de cada análise, é lida o volume de Ar no Colo de cada amostra e posteriormente é calculado o volume equivalente a 1L de líquido segundo:

$$V_{FG2} = \frac{V_{FG1} \times 1}{V_{amostra}} \quad (3.4)$$

Onde,

V_{FG1} – Volume de Ar no Colo lida na bureta correspondente ao volume da amostra (ml)

V_{FG2} – Volume de Ar no Colo correspondente a 1L (ml)

1 – Equivale ao volume de referência (1L)

$V_{amostra}$ – Volume da amostra analisada (L)

O procedimento completo e detalhado está descrito do Anexo V.

3.1.3 Plano de validação para a determinação da concentração de Oxigénio total

A validação para a determinação da concentração de Oxigénio foi realizada através de um procedimento desenvolvido e aplicado na empresa, que consiste na injeção de uma quantidade de ar na amostra e a posterior análise no equipamento TPA. É necessário certificar que as amostras sejam latas porque a cravação da mesma isola melhor o conteúdo líquido, que impede a entrada de ar para o interior e que tenham mais de um mês após encher para garantir que o oxigénio presente, desde o enchimento até à data, seja praticamente todo consumido. Juntamente com o ar também é injetada uma pequena quantidade de água destilada (50µl), para um maior controlo sobre o volume de ar injetado. De modo a verificar que a água destilada não contribui para o incremento dos níveis de Oxigénio, foi testada uma amostra com apenas 50µl de água destilada. O plano de ensaios está presente na **tabela 3.7**.


3. Materiais e Métodos

Tabela 3.7-Plano de ensaio para a determinação da concentração de O₂ para a posterior validação

Medição do TPO				
Amostra	Produto	Equipamento	Nº de Amostras	Temperatura
Blank	Cerveja	TPA	3	Ambiente
Blank + 50µl água			1	
50µl água+100µl ar			3	
50µl água+250µl ar			3	
50µl água+300µl ar			3	
50µl água+500µl ar			3	

O procedimento para a medição da concentração total de Oxigénio não requer o equilíbrio das amostras por agitação, apenas é deve ser armazenado num local à temperatura ambiente e garantir que é reunido todo o material necessário (tabela 3.8).

Tabela 3.8-Materiais necessário para realizar os ensaios de determinação da concentração de Oxigénio e posterior validação do equipamento TPA

Seringa de alta precisão (µl) (1)	
Agulha (2)	
Água destilada (3)	
Septum (4)	
Braçadeira (5)	
Amostra em lata (6)	
IMPORTANTE: Garantir que as amostras testadas tenham mais de 1 mês após o enchimento	

Após a injeção do volume de ar, a amostra foi analisada no equipamento TPA e no final de cada análise foram recolhidos os resultados de TPO no painel de resultados. A média dos resultados reais de Oxigénio injetado foi comparada a média teórica calculada através do “**BrainsCalculator**”. Este ficheiro de cálculo é utilizado pela empresa nas análises cervejeiras.

O TPO teórico é calculado através do volume de ar injetado, volume da amostra, pressão barométrica*, temperatura média das amostras*, quantidade de água injetada e TPO* das amostras “Blank”. Posteriormente o TPO médio das medições reais foram comparados com os valores teóricos para avaliar o comportamento do equipamento face ao ideal. O procedimento completo e detalhado de

3. Materiais e Métodos

injeção de ar nas amostras “Blank” e de análise no equipamento TPA estão descritos nos **Anexos II e III**

*Valor médio das medições realizadas por quantidade de ar injetado

3.1.4 Tratamento de Resultados

Dióxido de Carbono e Ar no Colo

Os resultados obtidos em cada medição de CO₂ e Ar no Colo são registados nos “*template*” das **tabelas 3.9 e 3.10** relativos a cada parâmetro e temperatura de análise. As unidades da concentração de Dióxido de Carbono é %m/v e Ar no Colo ml/L.

No final de cada análise com o equipamento TPA, para ambos os métodos, foram registados os resultados de CO₂ True.

Tabela 3.9-Template de registo de resultados de CO₂ para o Método Tradicional, Agitação Automática e Manual

Amostra	Temperatura - %m/v						
	Tradicional			Orbi (5min)		Orbi (5x)	
	Pressão	Temperatura	CO ₂	CO ₂ TRUE	Temperatura	CO ₂ TRUE	Temperatura
1							
2							
3							
N							

Após a recolha do volume de gás na bureta, é determinada a concentração de Ar no Colo (ml/L) segundo descrito a **equação 3.4**. Também são recolhidos os resultados das análises dos métodos com agitação automática e manual no equipamento TPA (ml/L).

Tabela 3.10- Template de registo de resultados de Ar no Colo para o Método Tradicional, Agitação Automática e Manual

Amostra	Temperatura ambiente (+/- 20°C) - ml/L			
	Método Tradicional		TPA (Automática)	TPA (Manual)
	Bureta (ml)	Concentração (ml/L)		
1				
2				
3				
n				

3. Materiais e Métodos

Oxigénio Total

Os resultados de TPO das amostras medidas no equipamento foram registados juntamente com os resultados teórico calculados. As concentrações de Oxigénio das amostras analisadas são registadas num ficheiro com o template da **tabela 3.11**.

Tabela 3.11-Template de registo das concentrações de O₂ das diversas amostras analisadas no equipamento TPA

Amostra	TPO teórico	TPO real	Temperatura
	Ppb		°C
Blank			
Blank + 50µL de água			
Blank + 100µL de ar			
Blank + 250µL de ar			
Blank + 300µL de ar			
Blank + 500µL de ar			

Os resultados obtidos e registados de TPO e temperatura foram compilados e tratados como valores médios (**tabela 3.12**). Os ID's A e B_x correspondem às identificações dos volumes de ar injetado nas amostras "Blank".

Tabela 3.12-Template de registos das concentrações médias de O₂ analisadas no equipamento TPA

ID	Volume de ar	TPO médio real	TPO médio teórico	Temperatura média
	µL	ppb		°C
A	0			
B1	100			
B2	250			
B3	300			
B4	500			

Critérios de validação

A validação da concentração de Dióxido de Carbono e Ar no Colo consistiu na comparação da precisão (repetibilidade) e exatidão do equipamento **TPA** face ao método tradicional. Nesta comparação, não foi tido em consideração o Oxigénio, pois o equipamento usado não era o mais qualificado para o método aprovado pela "European Brewery Convention" (EBC) segundo o fundamento teórico descrito no **capítulo 2.1.5 Controlo do enchimento, Oxigénio Dissolvido**, por ser um aparelho desenhado para a medição de Oxigénio Dissolvido numa corrente contínua, ou seja, requer uma quantidade elevada (± 1 L) para estabilizar e determinar a concentração com rigor. Pelo

3. Materiais e Métodos

que foi somente validado segundo a sua capacidade em analisar amostras com diferentes concentrações através de diversos critérios de validação.

Os parâmetros aplicados à validação do equipamento (**tabela 3.13**) tiveram como base os critérios de aprovação e aceitação estipulados pela empresa. A finalidade da aquisição deste equipamento é analisar amostras de um processo industrial de produção de cerveja e esta é uma matriz em constante modificação, não sendo possível realizar os ensaios pretendidos para avaliar outros parâmetros de validação descritos no **capítulo 2.2**.

Tabela 3.13- Parâmetros considerados para a validação das medições de Oxigénio no equipamento TPA

Parâmetros de Validação	CO ₂ e Ar no Colo	TPO
Sensibilidade		X
Precisão	X	X
Exatidão	X	X

3.1.5 Implementação do Novo Método

Ao longo da validação do equipamento TPA, foram criados e adaptados procedimentos para a realização de análises e manutenção do equipamento, com o propósito auxiliar qualquer dúvida relativa ao método de análise e manter as boas condições, garantindo a melhor performance por parte do mesmo (**tabela 3.14**).

3. Materiais e Métodos

Tabela 3.14-Documentos criados e adaptados relativos à validação do equipamento Orbisphere 6110 Total Package Oxygen

Documento	Descrição	Anexo
Método e instrução de trabalho para a análise de CO ₂ , Ar no Colo e TPO (adaptado)	Análise de amostras de produto acabado no equipamento Orbisphere 6110 Total Package Oxygen. Onde é descrito os requisitos de segurança, fundamentos teóricos e o procedimento.	II
Método e instrução de trabalho para a verificação periódica das medições de Oxigénio (adaptado)	Descrição do procedimento e material necessário para realizar a tarefa, tratamento de dados e a periodicidade da verificação.	III
<i>“Toubleshooting” (criado)</i>	Identificação e procedimento para a resolução de problemas não apresentados no manual do equipamento	VI
Instruções do equipamento (criado)	Resumo das instruções do manual do equipamento	VII
Manutenção do equipamento (criado)	Procedimentos para as manutenções periódicas do equipamento	VIII
Planeamento das manutenções (adaptado)	Identificação dos responsáveis e periodicidade das manutenções do equipamento	IX
Instrução de trabalho para a calibração manual do sensor de CO ₂ (criado)	Calibração do sensor de CO ₂ sem o medidor de pressão portátil	X

3.2 Redução dos níveis de Oxigénio do Produto Acabado

A redução do defeito da linha de enchimento número 3 teve como foco a melhoria da qualidade da cerveja produzida e comercializada. O defeito analisado é o elevado nível de Oxigénio de cerveja engarrafada

Ao longo do trabalho, foi tido como objetivo os **limites de controlo** dos parâmetros de Oxigénio sem ter em conta o **limite superior de tolerância**, i.e os limites de controlo não correspondem aos limites legais de qualidade e segurança, mas sim a limites estipulados para as cervejeiras de *“High Reference”* de modo a garantir que não exista (a 100%) deterioração da cerveja ao longo do tempo.

3. Materiais e Métodos

3.2.1 Equipa

No seguimento do objetivo definido, foi proposto a criação uma equipa de melhoria TPM no âmbito da qualidade da cerveja constituída por elementos de diferentes áreas de trabalho para a maior compreensão do problema assim como do sistema operacional. Para a formação da equipa é necessário estruturar um documento, **Team Initial Report (figura 3.1)**, que resume de uma forma organizada a constituição da equipa e os seus objetivos.

1.1. Title:	1.2. Department & Machine (Area) involved	1.3. Problem description (What is problem / Why is it a problem?)	1.4. Weekly Meeting on: (day & time)
Redução de TPO da linha de enchimento	Enchimento	a) No desdobramento dos resultados de TPO nas nossas linhas, verifica-se que o a linha apresenta valores acima de 0,2 ppm, não estando conforme e prejudicando a qualidade da cerveja ao longo do tempo	6ª feira 09:00 - 10:00
2.1. Team leader & members		2.2. Sponsor of the project (possibly the Pillar Leader)	
Ver tabela 3.15			
3. Methods/tools to be used			
Rota de redução de defeitos, incluindo a Matriz QA, etiquetas, 5 Porquês			
4. Expected Output of the Team (at the moment of the Team Final Evaluation)			
Redução do TPO na linha de enchimento, nomeadamente a nível do pick up de oxigénio			
5. Quantitative (long term - 4 months) Objectives of the Team (to be achieved with the full implementation of all countermeasures)		6. Potential Savings (KEuro/year)	
pick up de oxigénio <0,1 mg/l		N/A	
Signature of Sponsor/Pillar Leader:			

Figura 3.1-“Team Initial Report” da equipa de melhoria TPM “Redução de TPO na linha de enchimento

A equipa é formada por 7 elementos, líder de equipa, técnico de manutenção elétrica, analista do Laboratório de Qualidade Físico-Química, técnicos de suporte das linhas de enchimento, enchedor da linha de enchimento e sponsor para a orientação da equipa. Foram programadas reuniões semanais para o acompanhamento dos resultados e desenvolvimento de ações de melhoria para alcançar o objetivo final da redução dos níveis de TPO até ao limite de controlo.

3. Materiais e Métodos

Tabela 3.15-Constituição da equipa de melhoria TPM

Função	Responsabilidade	Presença											
		s18	s19	s20	s21	s22	s23	s24	s25	s26	s27	s28	s29
Estagiário (Brewering)	Líder de Equipa	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S
Técnico (Elétrica)	Ligação à Equipa da Elétrica	T	T	S	T	T			T	S	T	T	S
Técnico do Laboratório	Ligação à equipa do Laboratório	S	T	S	T	T			S	T	N	T	S
Assistente Operacional (Beer Hunter)	Ligação com a equipa de Quebra de Extrato	S	S	S	N	S			S	S	S	S	S
Assistente Operacional	Suporte técnico do Enchimento e Ligação à equipa da linha de Enchimento	S	S	S	S	S			S	S	F	F	T
Enchedor de linha	Ligação à equipa da linha de Enchimento	T	S	T	T	N			S	T	T	S	T
Quality Control - Analytical Manager	Sponsor	S	S	S	S	S			S	S	S	S	S

3.2.2 Desdobramento

Este objetivo foi definido após o desdobramento do TPO médio de toda a produção de cerveja das diversas linhas de enchimento desde o último semestre de 2017 ao início de 2018 desta unidade fabril (figura 3.2). O TPO médio global pode ser desdobrado em duas partes, linhas de enchimento que operam com pasteurizador Túnel e outras com pasteurizador Flash. Isto deve-se ao fato de os dois tipos de pasteurizadores possuírem limites de controlo diferentes estipulados pela empresa. Foram analisados os dados das linhas de enchimento com pasteurização Túnel e as linhas de enchimento com pasteurização Flash.

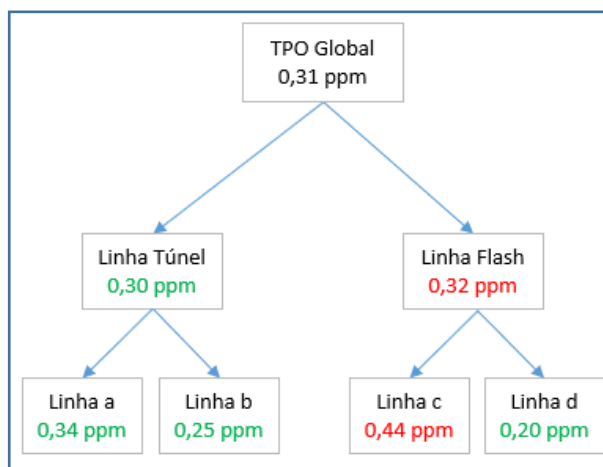


Figura 3.2-Desdobramento do objetivo da equipa de melhoria TPM

3. Materiais e Métodos

De entre todas as linhas de enchimento, apenas uma das linhas de enchimento apresentou um TPO médio acima do limite de controlo de 0,2 ppm. Através do Desdobramento realizado sobre o TPO de toda a produção ao longo deste período, foi definido o objetivo para a criação da equipa de melhoria TPM na área de Enchimento.

Segundo os documentos disponibilizados no sistema de partilha de informação da empresa, os parâmetros de TPO, OD e “Pick-up” de Oxigénio devem respeitar os limites de controlo estipulados.

O nível de Oxigénio é um dos parâmetros que deve ser controlado em todas as etapas do processo cervejeiro e nas etapas posteriores à fermentação esse composto deve ser reduzido. O último controlo sobre o OD, antes de ser engarrafada, é na área da filtração mais concretamente quando o TCF é cheio de modo a confirmar o nível de Oxigénio é mínimo para ser enviada para o enchimento.

Existem dois tipos de especificações para o “Pick-up” de Oxigénio (**tabela 3.16**), **Basic reference** e **High reference**, que são diferenciadas pelo controlo da qualidade da cervejeira, i.e as produtoras que conseguem garantir o mínimo de contaminações e que todos os parâmetros analisados, para conferir e produzir uma cerveja de excelência, estejam dentro das suas especificações.

Tabela 3.16-Limites de controlo estipulados para o “Pick-up” de Oxigénio

	Basic reference	High reference
Média de “Pick-up”	< 0,20 mg/L	< 0,10 mg/L
Valor máximo de “Pick-up” de uma amostra	< 0,35 mg/L	< 0,25 mg/L

Idealmente, a média de TPO deve rondar 0,2 ppm. Este valor é a soma das médias ideais dos parâmetros de Oxigénio Dissolvido e “Pick-up” tomar.

3.2.3 Rota de redução de defeitos

A equipa recorreu a ferramentas de TPM para a resolução da falha técnica de níveis elevados de Oxigénio, seguindo a rota de redução de defeitos. As atividades apresentadas na **figura 3.3** visam na compreensão e análise dos defeitos com o objetivo de melhorar os resultados do produto acabado e comercializado pela unidade fabril de Vialonga através da implementação de ações de melhoria do sistema operacional. Após a avaliação das causas raízes, são planeadas ações corretivas e se necessário as ações preventivas para garantir que ao longo do tempo esses resultados fossem mantidos. A colaboração de todos os operadores e responsáveis foi fundamental para o planeamento e a execução de todos os passos das atividades.

3. Materiais e Métodos



Figura 3.3-Rota de redução de defeitos

Foi fundamental organizar rota de redução de defeitos ao longo do período operacional da equipa (**figura 3.4**) tentando sempre respeitar o período delimitado para a realização de cada atividade. Desta forma foi possível realizar cada passo de forma ordenada e com um desenvolvimento lógico facilitando a elaboração de um plano de ação.

3. Materiais e Métodos

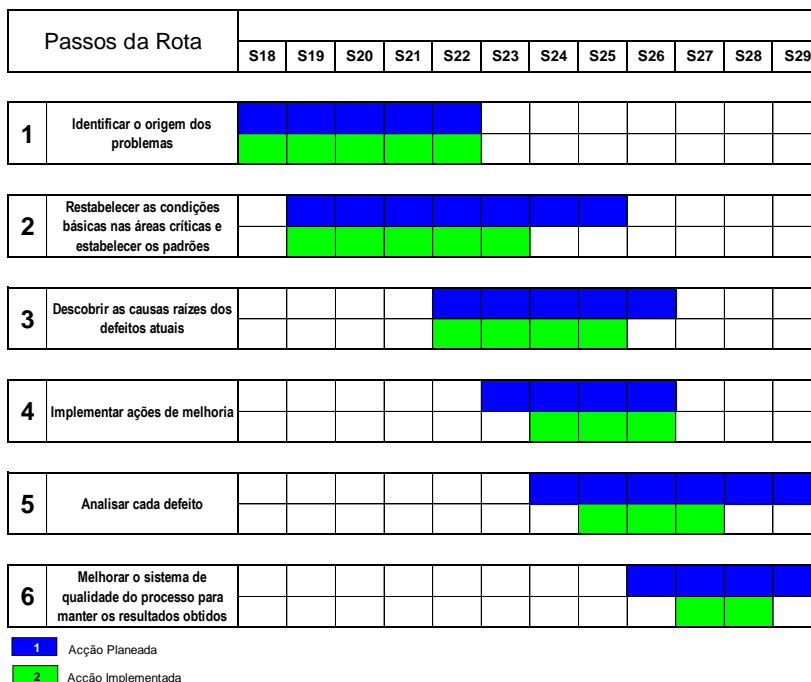


Figura 3.4-Master Plan das atividades da rota de redução de defeitos da equipa de melhoria TPM

3.2.4 Recolha de amostras

A fase de recolha de amostras é um dos passos mais cruciais para o progresso do trabalho da equipa. As amostras de eram sempre recolhidas à saída da enchedora e analisadas no espaço de 30 min após o seu capsulamento. De modo a minimizar o tempo gasto no percurso, eram recolhidas 6 amostras de cada vez e transportadas em um suporte para reduzir a turbulência/agitação das garrafas impedindo assim a mistura de Oxigénio Dissolvido com o Oxigénio no espaço vazio.

- **Recolha aleatória:** As amostras recolhidas à saída da enchedora não eram selecionadas, podendo estas ser ou não garrafas sucessivas ou alternadas.
- **Recolha por bico de enchimento:** A linha de enchimento em estudo tem um total de 88 bicos de enchimento. A enchedora necessita de aproximadamente dois períodos para atingir a cadência nominal de 55500/56000 gar/h (velocidade normal de funcionamento) quando este opera de forma automática.

Antes de iniciar a recolha de amostras por bico de enchimento, foi necessário planear e definir um sistema de recolha de modo a que a garrafa X seja enchida pelo bico de enchimento Y. Todo este processo é descrito na **tabela 3.17**.

Tabela 3.17- Procedimento de recolha de amostras por bico de enchimento da enchedora

3. Materiais e Métodos

a	Entre os 88 bicos de enchimento, identificar as posições a analisar e posicionar a enchedora
b	Contar 177 garrafas (posição 177 é a primeira garrafa do terceiro período)
c	Marcar a posição da primeira garrafa do terceiro período na transportadora de garrafas (<i>"In-liner"</i>) à entrada da enchedora
d	Identificar as garrafas, partindo da marca do <i>"In-liner"</i> , das respetivas posições dos bicos de enchimento
e	Iniciar, em simultâneo, a marcha da enchedora e da transportadora (em modo automático)
f	Verificar se a as garrafas identificadas são enchidas pelos respetivos bicos de enchimento
g	Recolher as amostras à saída da enchedora
Nota: a marca da posição 177 apenas é referente às embalagens com as mesmas dimensões que a contagem. Para embalagens com diferentes dimensões é necessário refazer todo o processo	

Por cada amostra recolhida, são analisados os níveis de Oxigénio (TPO, Oxigénio Dissolvido e *"Pick-up"* de Oxigénio) e o C. Efetivo (**tabela 3.18**)

Tabela 3.18- Procedimento de recolha de TPO, Oxigénio Dissolvido, "Pick-up" e C. efetivo de cada amostra

a	Recolher a amostra à saída da enchedora
b	Pesar e registar o valor de cada amostra
c	Sem agitar, analisar a amostra no equipamento TPA e no final registar os resultados de TPO, OD e "Pick-up" de Oxigénio
d	Após a análise, descapsular e despejar todo o líquido
e	Certificar que o interior da embalagem está seco e pesar a garrafa juntamente com a cápsula
f	Calcular o volume de C. Efetivo

3.2.5 Equipamentos de análise

Equipamento TPA

As análises dos níveis de Oxigénio foram realizadas no equipamento TPA anteriormente apresentado e validado antes de qualquer medição. O aparelho encontra-se no laboratório satélite perto da área de enchimento e a uma temperatura média de 20°C. A temperatura é mantida através de um sistema de ventilação para impedir grandes desvios nas condições de análise. As manutenções e

3. Materiais e Métodos

calibrações do equipamento são realizadas periodicamente (intervalos definidos no manual de utilização)

Mettler Toledo; Modelo: InTap 4000e / 4004e (medidor portátil de Oxigênio em ppm)

A medição dos níveis de Oxigênio Dissolvido de uma corrente (líquida ou gasosa) foram realizadas com o auxílio de um medidor portátil (**figura 3.5**) que permite a leitura dos níveis de OD em tempo real e resposta rápida. O período de equilíbrio das medições de diferentes correntes é breve, até para níveis inferiores a 10 ppb. [47]

Antes da primeira medição, este aparelho foi calibrado pelo analista do laboratório de Qualidade certificando assim uma boa performance e sem desvios nos resultados apresentados. De modo a certificar a boa leitura dos níveis de Oxigênio, no final da calibração era medido a corrente de azoto utilizado em uma das análises laboratoriais (Cromatografia), onde esses níveis eram conhecidos e quase nulos. O próprio equipamento tem um sistema de alerta e sempre que necessário, o Mettler era calibrado.



Figura 3.5-Medidor portátil de Oxigênio Dissolvido, Mettler Toledo; InTap 4000e / 4004e

Balança de precisão

O C. Efetivo é analisado no início de cada turno e sempre que é alterada a ordem de enchimento. A determinação do volume de líquido é através da pesagem das embalagens, bruto e tara, e posteriormente são calculadas através da densidade de cada produto. (**Anexo XI**)

$$C. Efetivo = \left(\frac{Bruto - Tara}{densidade} \right) \quad (3.5)$$

3. Materiais e Métodos

Onde

- C.efetivo – Volume de líquido (ml)
- Bruto – peso de líquido mais embalagem (g)
- Tara – peso da embalagem (g)
- Densidade – g/ml

3.2.6 Conceitos e materiais aplicados na rota de redução de defeitos

Matriz QA: A falha técnica de “Elevados níveis de Oxigénio” foi separada em dois modos de defeito, causa/causas que provocaram a falha técnica, o elevado nível de Oxigénio Dissolvido na cerveja e o elevado nível de “Pick-up” de Oxigénio. Foi definido um peso em percentagem (%) de contribuição de cada modo de defeito segundo a literatura e reforçada pelo número de ocorrências fora de especificação dos dados históricos. A cada modo de defeito foi atribuído 50%. A cada etapa do percurso foi atribuída uma classificação de baixo (2), médio (5) ou alto (8) contributo no incremento de TPO. Esta classificação foi dada segundo a literatura e troca de ideias com os operadores e responsáveis das áreas.

Após a análise inicial da problemática, seguiu-se a construção da Matriz QA preliminar onde foram consideradas todas as etapas do percurso da cerveja, desde a área da Filtração ao Enchimento, que poderiam influenciar no incremento dos níveis de Oxigénio do produto acabado. Isto deve-se ao fato, segundo descrito no capítulo **2.1.3 Processo Cervejeiro**, da cerveja sofrer as últimas alterações na área da Filtração. Também é nesta fase onde há o controlo final dos níveis de Oxigénio Dissolvido (entrada da cerveja no TCF), antes desta seguir para as respetivas linhas de enchimento. Já na área de enchimento, apenas foram consideradas a pasteurização Flash e a enchedora, este último tem um papel fundamental no “Pick-up” de Oxigénio.

Na atividade 3, após a recolha de dados e a análise das causas raízes dos defeitos, é elaborada a Matriz QA final.

Teses (Matriz QA): Na sequência da construção da Matriz QA, foram planeadas várias teses e métodos de verificação sobre as possíveis causas dos modos de defeito considerados. Teve-se em conta todas as etapas identificadas no percurso da cerveja. O “*template*” de registo está presente na **tabela 3.18**.

Tabela 3.19-“Template” e parâmetros avaliados para o planeamento da tese e método para a verificação aplicados

Defeito	Fase	Causa	Categoria	Peso	Tipo	“Standard” de referência	Método de controlo	Tese	Método de verificação

3. Materiais e Métodos

- Defeito: Modo de defeito a verificar (Oxigénio dissolvido ou “*Pick-up*” de Oxigénio)
- Fase: Etapa do percurso da cerveja
- Causa: Possível causa para o incremento de níveis de Oxigénio
- Categoria: 5M (Máquina, Método, Homem, Material e Meio Ambiente)
- Peso: 2,5 e 8 (influência no incremento de TPO)
- Tipo: tipo de controlo para a formulação da tese
- “*Standard*” de referência: Existência de “*Standard*” da possível causa
- Método de controlo: Método para controlar as especificações da causa a analisar
- Tese: Formulação da proposição a verificar
- Método de verificação: Método usado para a verificação da tese

Diagrama de Pareto: De modo a complementar a análise e para uma maior/melhor organização visual das etapas mais críticas do percurso da cerveja, é aplicada a ferramenta Diagrama de Pareto

Etiquetas abertas: Todas as anomalias que podem influenciar o bom funcionamento dos equipamentos devem ser registados e reparados assim que possível. Este registo trata-se da etiquetagem visual ao componente em questão. Foram verificadas com os Team Leaders e técnicos de suporte das linhas de enchimento a existência de todas as etiquetas abertas relacionadas com a enchedora.

Identificação das áreas críticas e planeamento de ações de melhoria: O funcionamento da enchedora é a integração de vários componentes e equipamentos entre os quais foram identificadas várias áreas críticas (componente da enchedora) e condições (variáveis para o bom funcionamento de cada componente). Foram identificadas 4 áreas críticas, sistema de HDE, corrente de CO₂, sistema de Vácuo e o enchimento (C. Efetivo). Foi fundamental garantir (caso possível) que a enchedora operava nas suas condições de origem. Para isso foi necessário definir métodos de verificação para cada condição e dependendo dos resultados verificados, planejar as ações de melhoria das respetivas condições. O “*template*” de registo está presente na **tabela 3.19**.

3. Materiais e Métodos

Tabela 3.20-“Template” de registo das áreas críticas

Id	Área Crítica	Condição	Método de verificação	Resultado	Ação melhoria

- Área crítica: componente do sistema operacional que pode contribuir para o elevado nível de Oxigênio
- Condição: os diferentes parâmetros/variáveis da área crítica
- Método de verificação: Método usado para a verificação da condição
- Resultado: resultado da verificação
- Ação de Melhoria: ação corretiva ou plano de ações preventivas para melhorar a condição verificada

Restauração das condições básicas: Os equipamentos e os seus componentes devem operar sem qualquer tipo de avaria e nas suas condições básicas. Para planejar o restauro, primeiramente foi necessário identificar todos os componentes referentes a cada área crítica e parametrizar, de volta às suas condições de origem, de modo a certificar que não existe a influência dessas alterações sobre os resultados. Todas essas atividades foram possíveis com o deslocamento da equipa ao terreno e troca de ideias nas reuniões semanais programadas.

Análise 5 Porquês: No seguimento do trabalho realizado sobre as áreas críticas, foram elaboradas análises 5 Porquês às condições mais críticas e fora das condições básicas que afetam os resultados de “Pick-up” de Oxigênio, segundo os resultados obtidos. Estas análises visam na compreensão da causa raiz de cada uma das condições consideradas para este passo. Uma vez definida, planejar (caso possível realizar) ações corretivas e ações preventivas.

Lup: Na sequência da atividade 2, **áreas críticas**, foi verificado a existência de uma LUP das pressões padrão do sistema de HDE da enchedora. Após uma análise cuidada, tanto dos valores como as consequências da sua alteração, foi decidido se era ou não necessário atualizar os valores contidos no documento.

Cp e Cpk: de modo a avaliar a capacidade do processo de enchimento, recorreu-se a estas ferramentas para verificar se a operação respeitava e produzia amostras com o C. Efetivo dentro do intervalo admissível estipulado e se os resultados estavam centrados nesse mesmo intervalo.

Cleaning, inspection and lubrification (CILT): todos os equipamentos que compõem um processo industrial necessitam de ações de higienização de modo a garantir o seu bom funcionamento e

3. Materiais e Métodos

prolongar o tempo de vida. Cada equipamento tem o seu próprio intervalo de tempo entre cada ação e este é definido mediante a frequência de operação e/ou sensibilidade perante os as impurezas acumuladas. Para tal é estabelecido através de um documento, CILT, onde são estipulados os “Standards”, materiais usados, procedimentos, os riscos que acarretam, se durante o processo o equipamento pode ou não estar operacional, tempo mínimo despendido, frequência e as LUP referentes.

Pontos de Qualidade (ponto Q): todos os componentes e parâmetros da enchedora que têm um grande impacto no processo de enchimento e ameaçam de alguma forma a qualidade da cerveja que para o estudo atual é o elevado nível de “Pick-up” de Oxigénio. A análises a cada componente é realizada através do **Sistema de 5 Perguntas para Zero Defeitos**, que como nome indica, são verificadas as 5 condições (Visibilidade, Variabilidade, Estabilidade, Monitorização e Reposição) de cada causa e caso necessário, propor uma ação de melhoria de modo a garantir zero defeitos. Podem ser atribuídas três classificações a cada condição, Pouco (1), Aceitável (3) e Excelente (5) e devem ser planeadas ações de melhoria mediante dois resultados, soma das pontuações inferior ou igual a 15 ou uma das condições tiver uma pontuação igual a 1.

3.2.7 Descrição da Linha de enchimento

Pasteurizador Flash

A pasteurização Flash é o processo de tratamento térmico em que a cerveja é aquecida até cerca de x°C com o objetivo de eliminar as contaminações microbiológicas antes desta seguir para o processo de enchimento.

A cerveja proveniente dos TCF da área da filtração é enviada para a área de enchimento a y°C. De modo a reduzir os custos deste processo, esta corrente fria, numa primeira fase, é aquecida pela cerveja pasteurizada (corrente quente) efetuando uma integração energética, i.e, reaproveitar a energia de uma corrente quente para aquecer a corrente fria e consequentemente arrefecer a primeira. Esta permutação de calor não é suficiente para ambas as correntes atingirem a temperatura desejada pelo que é usado vapor de água para aquecer mais a corrente fria e água glicolada para arrefecer a corrente quente. Uma vez arrefecida novamente para os y°C é enviada para a enchedora.

Enchedora

A enchedora é composta por diversos componentes que funciona de forma autónoma e otimizada garantindo a boa performance ao longo do processo de enchimento, de modo a obter bons resultados de conteúdo efetivo e TPO ao longo do enchimento de milhares de garrafas. A cerveja é alimentada continuamente à cuba da enchedora (armazenamento) e em simultâneo é retirada para o enchimento das garrafas. O processo de enchimento é separado em 5 fases.

3. Materiais e Métodos

1. **Pressurização:** antes da garrafa entrar na enchedora, fica exposta ao ar durante o seu transporte pelo que inicialmente é removido através da pressurização com Dióxido de Carbono (pureza > 99%)
2. **Evacuação de ar:** o sistema de vácuo é ativado para recolher todo o ar expelido pelo Dióxido de Carbono
3. **Enchimento:** a descarga da cerveja é efetuada pelas paredes da garrafa para impedir a agitação e formação excessiva de espuma. À medida que o nível de líquido aumenta, o Dióxido de Carbono é recolhido pelo orifício do bico de enchimento e assim que a cerveja atingir a saída, a enchedora cessa a descarga de líquido
4. **HDE:** antes do capsulamento, é injetada uma pequena quantidade de água quente na cerveja, formando espuma que irá empurrar o ar existente no espaço vazio para fora da embalagem
5. **Capsulamento:** o capsulamento da garrafa deve ser efetuado logo em seguida ao HDE para que o ar não entre novamente para o espaço vazio no intervalo entre as fases 4 e 5

Sistema e HDE

O sistema de HDE tem como objetivo injetar uma pequena quantidade de água quente à superfície da cerveja embalada de modo a assegurar a formação de espuma até ao topo da embalagem, expelindo o Oxigénio do espaço vazio.

Neste sistema pode ser regulada a temperatura que por norma mantém-se a variar no intervalo definido para o enchimento de qualquer produto, x°C e pressão da água do esguicho. Para este último a pressão é regulada pelo enchedor através do multiplicador que é a percentagem da pressão parametrizada como ideal onde 100% indica a pressão máxima (real = ideal). Esta razão é alterada mediante os resultados obtidos nas análises de TPO e CO₂.

- a) Aumento da Potência: quando os níveis de “Pick-up” de Oxigénio e/ou o nível de C. Efetivo são elevados
- b) Diminuição da Potência: quando o nível de C. Efetivo é reduzido

Existem dois modos de operação, automático e manual. Em modo automático a enchedora opera sempre à velocidade de ± 55000 gar/h e a uma pressão constante que depende somente do multiplicador. Em modo manual é possível variar a cadência de enchimento e com isto, através do variador, variar a pressão. Neste modo a pressão do esguicho é uma variável que depende da velocidade da enchedora, para velocidades reduzidas a pressão diminui e vice-versa.

4. Apresentação e discussão de resultados

4 Apresentação e discussão de resultados

4.1 Validação do equipamento TPA – Comparação do equipamento Zahm & Nagel com o TPA para a determinação da concentração de Dióxido de Carbono

A comparação consistiu na avaliação da performance do equipamento **TPA** para a medição da concentração de CO₂ das amostras de controlo face ao método tradicional com o equipamento **Zahm & Nagel**. No total foram realizados 6 ensaios, foram comparados 3 métodos, Zahm & Nagel, Agitação Automática e Agitação Manual à temperatura ambiente e de enchimento e foram analisadas mais de 23 amostras em cada ensaio.

O valor de referência (α %m/v) e desvio padrão (β %m/v) obtidos através do interlaboratorial. Foram enviadas 3 amostras de controlo para serem analisadas no equipamento TPA do laboratório de **Zoeterwoude, Holanda**. Foram analisadas a precisão e exatidão do equipamento, mas a escolha do método não dependerá apenas da performance do equipamento para esta análise. Também será determinada através das análises de Ar no Colo uma vez que a mesma amostra irá determinar os dois parâmetros.

4.1.1 Precisão

Repetibilidade

A avaliação da repetibilidade iniciou com a análise da média dos resultados analisados no equipamento **TPA1**, onde este deve ser o mais próximo do valor de referência.

Os resultados da análise da repetibilidade do equipamento estão apresentados na **tabela 4.1**. Dos 3 métodos, aqueles que apresentam uma média de resultados mais próximo do valor de referência são os métodos do equipamento TPA. Apresentam uma média de **a** %m/v em ambas as temperaturas de análise, mas ao avaliar o desvio padrão, o método da Agitação Automática tem menor dispersão de resultados (**b** %m/v) traduzindo-se em um menor RSD (**0,55%** e **0,58%**). Apesar do desvio padrão relativo ultrapassar o limite superior de **x**%, comparativamente com os restantes métodos, este é aquele que apresenta um RSD mais próximo do limite e consequentemente, tem o KPI superior a **x** tanto à temperatura de ambiente e de enchimento. Já o método tradicional apresenta maior dispersão dos resultados em ambas as temperaturas. Apesar de ter uma média próxima (**a** e **b** %m/v), a dispersão é próxima de **c** %m/v. Ainda que o limite superior de RSD é de **x**% para o Zahm & Nagel, nos ensaios realizados, o desvio padrão foi de **1,91%** e **1,27%** para a temperatura ambiente e de enchimento respetivamente, apresentando assim um índice de performance inferior ao limite de **x**.

4. Apresentação e discussão de resultados

Tabela 4.1-Determinação da concentração de CO₂ à temperatura ambiente (a) e de enchimento (b) para a posterior análise da repetibilidade do equipamento TPA

	Temperatura Ambiente (a)			Temperatura de Enchimento (b)		
	Tradicional	Agitação Automático	Agitação Manual	Tradicional	Agitação Automático	Agitação Manual
	CO ₂	CO ₂ True		CO ₂	CO ₂ True	
Média (%m/v)	x	a	a	x	a	a
S (%m/v)	c	b	x	c	b	x
RSD%	1,91	0,55	0,67	1,27	0,58	1,29
KPI	0,52	0,91	0,75	1,85	0,86	0,39

Também foram comparados os resultados de repetibilidade entre dois equipamentos TPA. Ao analisar os resultados da **figura 4.1**, ambos os equipamentos apresentam resultados semelhantes entre si, ou seja, uma boa repetibilidade. Ao analisar a dispersão das concentrações de Dióxido de Carbono, verifica-se que a média dos 4 ensaios é idêntica à média de referência de α %m/v. Os ensaios têm um RSD muito próximo com o valor compreendido entre 0,48 – 0,58%. Tendo em conta a proximidade dos RSD em todos os ensaios e o equipamento se encontrar operacional em outros laboratórios do grupo **HENEKEN** é possível que o limite estipulado de **x** seja demasiado rigoroso uma vez que, para o método tradicional com o equipamento **Zahm & Nagel** o limite era de **x**. Ainda assim o KPI em todos os ensaios é significativamente superior a **x** demonstrando que não é necessário alterar o método ou as amostras de controlo.

Após uma análise rigorosa dos ensaios realizados à temperatura ambiente e enchimento, o método que se destaca relativamente aos restantes métodos considerados é o **Método com Agitação Automática** com o equipamento TPA.

4. Apresentação e discussão de resultados

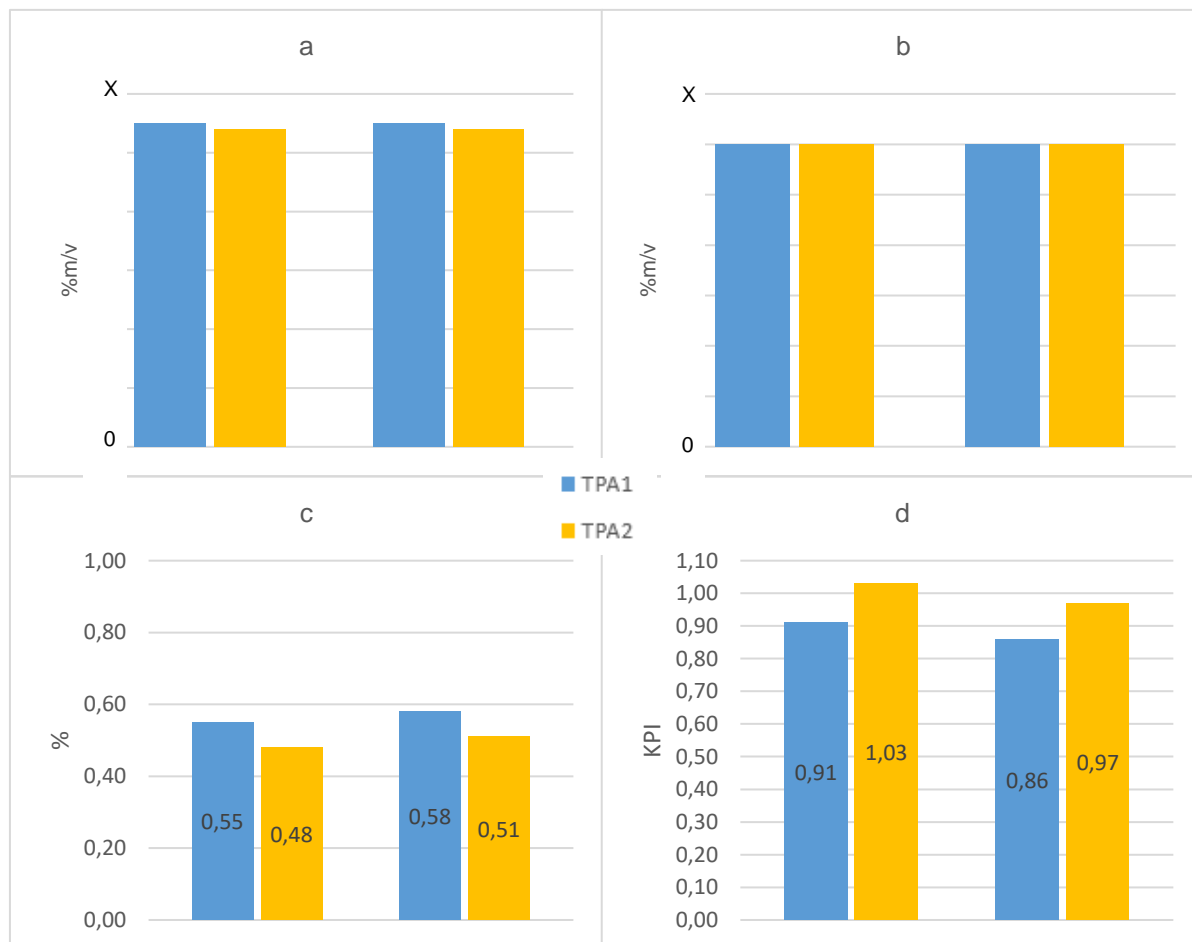


Figura 4.1-Comparação dos parâmetros para validação da precisão do equipamento nas análises de CO₂ à temperatura ambiente (esquerda) e de enchimento (direita): média (a), Desvio Padrão (b), RSD (c) e KPI (d)

4.1.2 Exatidão

A exatidão é comprovada através da avaliação do z-score. Um método é classificado como capaz quando é inferior a 2, questionável no intervalo 2-3 e insatisfatório para valores superiores a 3 [32].

Os z-scores das concentrações das amostras de controlo analisadas em cada ensaio, estão apresentados na **figura 4.2**. Todos os ensaios são considerados capazes, resultados mais próximos do valor de referência, pois o seu z-score é inferior a 2.

À temperatura ambiente, o método tradicional é aquele que tem maior desvio padrão nos resultados, RSD inferior a x % m/v e o z-score de **-1,58**. Já à temperatura de enchimento, o pior cenário é o método com a agitação manual e os seus resultados também estão desviados para a esquerda tomando o valor de **-0,89**. O método que apresenta menores desvios tanto à temperatura ambiente como de enchimento é **Método com a agitação automática** com um z-score quase nulo de **0,19** e **0,15** respetivamente.

4. Apresentação e discussão de resultados

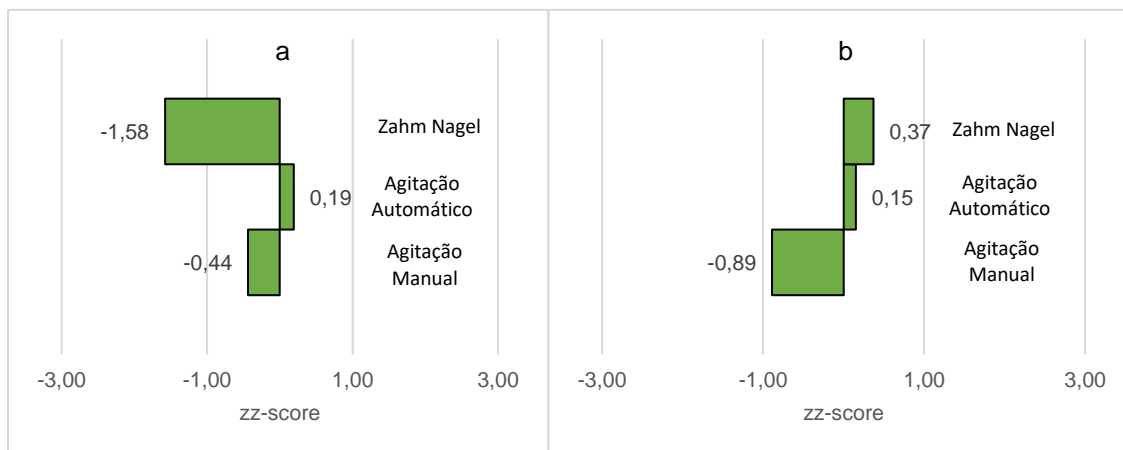


Figura 4.2-Análise da exatidão do equipamento TPA para a determinação da concentração de CO₂ através da comparação do z-score do método tradicional, Agitação Automática e Agitação Manual à temperatura ambiente (a) e de enchimento (b)

4.2 Validação do equipamento TPA – Comparação do método com Hidróxido de Potássio com o equipamento TPA para a determinação da concentração de Ar no Colo

O valor de referência (α ml/L) e desvio padrão (β ml/L) foram obtidos em ensaios interlaboratoriais. Através do envio de duas amostras de controlo para serem analisadas no equipamento TPA do laboratório de **Zoeterwoude, Holanda**.

Foram analisadas a precisão e exatidão do equipamento, mas a escolha do método não dependerá apenas da performance do equipamento para esta análise. Também será determinada através das análises de Dióxido de Carbono uma vez que a mesma amostra irá determinar os dois parâmetros em simultâneo.

4.2.1 Precisão

A precisão do equipamento foi avaliada através de uma análise para a determinação de Ar no Colo de 22 amostras onde foram analisadas repetibilidade dos vários ensaios.

Repetibilidade

Os resultados da análise da repetibilidade do equipamento estão apresentados na **tabela 4.2**. Dos 3 métodos analisados, o que apresenta uma média mais próxima da referência é o método tradicional, mas também é aquele que tem maior dispersão de resultados com o desvio padrão de **a** ml/L consequentemente tem um RSD de **24,46**, onde o limite deste é **x** e KPI inferior a **x**. Ambos os métodos com o equipamento TPA tem boa repetibilidade onde a Agitação Automática tem uma média mais

4. Apresentação e discussão de resultados

próxima de α ml/L mas a Agitação Manual tem menor dispersão de resultados. Com o RSD inferior ao limite de x e KPI superior a x , não é possível eleger qual dos dois métodos com o equipamento TPA é o mais capacitado para a análise de Ar no Colo pelo que é necessário prosseguir para a avaliação da exatidão.

Tabela 4.2- Determinação da concentração de Ar no Colo à temperatura ambiente para a posterior análise da repetibilidade do equipamento TPA

	Temperatura Ambiente		
	Tradicional	Agitação Automático	Agitação Manual
	Ar no Colo		
Média (ml/L)	x	x	x
S (ml/L)	a	x	x
RSD (%)	24,46	16,27	11,61
KPI	0,74	1,11	1,55

4.2.2 Exatidão

A exatidão dos 3 métodos é avaliada através do z-score. Na **figura 4.3** verifica-se que não existe nenhum valor superior a 2 pelo que todos eles são capazes de realizar a análise de Ar no Colo.

Apesar do método tradicional ter os piores resultados de repetibilidade, é aquele que tem a média dos resultados mais próxima do valor de referência consequentemente menor z-score, **0,06**. Isto porque segundo a **equação 2.21**, a única variável é a média dos resultados. Com apenas uma boa exatidão, o método não pode ser considerado capaz para realizar esta análise.

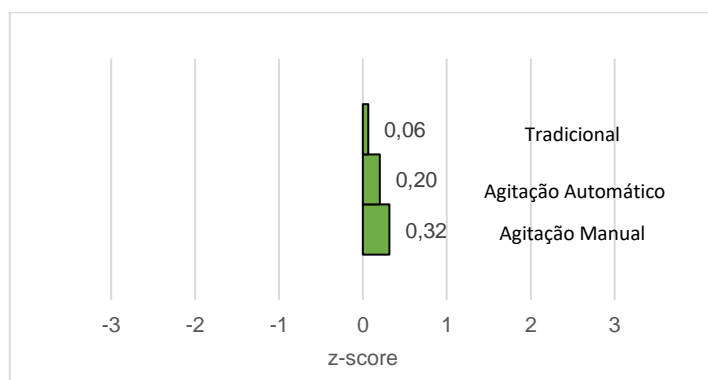


Figura 4.3 Análise da exatidão do equipamento TPA para a determinação da concentração de Ar no Colo através da comparação do z-score do método tradicional, Agitação Automática e Agitação Manual à temperatura ambiente

Os três métodos analisados apresentam resultados idênticos na repetibilidade e exatidão pelo que não foi possível identificar o método mais apto para realizar esta análise. Mas uma vez que é possível determinar a concentração de Dióxido de Carbono e Ar no Colo em simultâneo, a escolha do melhor

4. Apresentação e discussão de resultados

procedimento poderá apenas depender da escolha efetuada na validação do CO₂, sendo eleito o **Método com a Agitação Automática.**

4.3 Validação do equipamento TPA – Medição da concentração de Oxigénio

Todos os cálculos realizados ao longo dos parâmetros de validação serão sobre a concentração média de Oxigénio real por volume de ar injetado.

$$Média_{Oxigénio\ real} = Média_{TPO\ real} - Média_{Blank} \quad (4.1)$$

Onde,

Oxigénio real – concentração de Oxigénio injetado determinado pelo equipamento TPA

TPO real – concentração de Oxigénio total das amostras analisadas por volume de ar injetado

“Blank” – concentração de Oxigénio da amostra “Blank”

4.3.1 Sensibilidade

A sensibilidade do equipamento é a capacidade de o aparelho medir pequenas diferenças de um composto a diferentes concentrações.

A medição de Oxigénio é um método com uma curva de calibração que segue um modelo linear. Para este tipo de modelo, a sensibilidade é definida através da primeira derivada da equação da reta e é uma constante igual para toda a gama de medição.

Foi realizado 1 ensaio para cada equipamento TPA onde foram analisadas amostras com 0, 100 e 300 µL de ar injetado. Nas **figuras 4.4 e 4.5** estão apresentadas as linearidades dos valores teóricos e são comparados com a média dos valores reais dos equipamentos TPA 1 e 2 respetivamente. Ambos têm diferentes valores de sensibilidades devido à temperatura ambiente de cada laboratório. Ao avaliar a declive das curvas de calibração do TPO teórico de ambos os equipamentos, verifica-se que os níveis de Oxigénio medidos são diretamente proporcionais à concentração adicionada com uma relação que varia entre 1 e 1,1.

O equipamento TPA 1 apresenta a sensibilidade de **1,1**, com uma diferença de cerca de **0,05** face ao teórico, e o coeficiente de determinação (R²) de **0,9976** o que comprova uma boa linearidade dos resultados medidos.

4. Apresentação e discussão de resultados

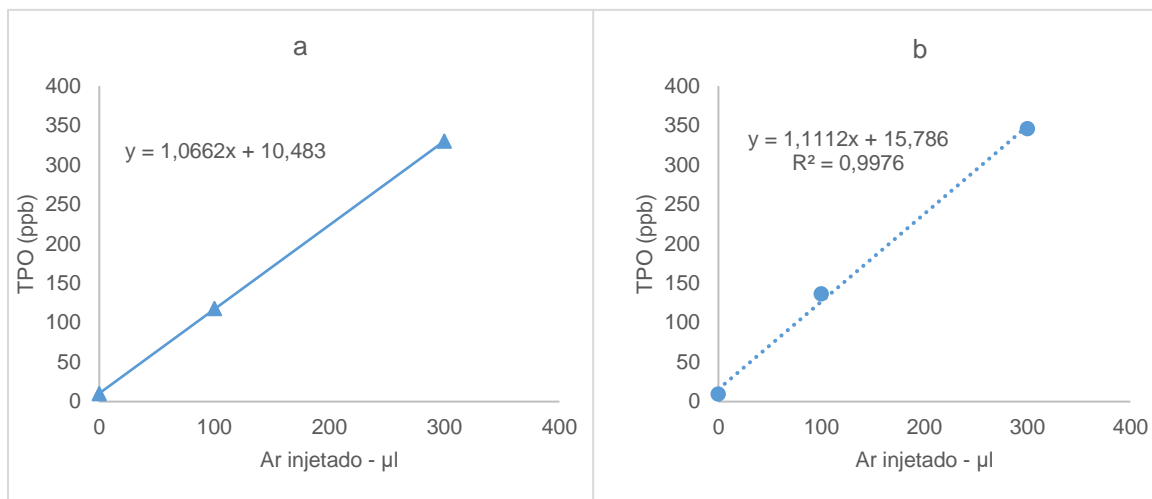


Figura 4.4-TPA1: Curva de calibração linear dos valores médios de concentração de O_2 por volume de ar injetado nas amostras “blank”, teórico (a, ▲) e real (b, ●)

O equipamento TPA 2 apresenta uma sensibilidade mais próxima do valor teórico com uma diferença quase nula (cerca de **0,0013**) com o valor de **1,1012** e um R^2 de **0,9991** o que também comprova a boa linearidade dos resultados medidos.

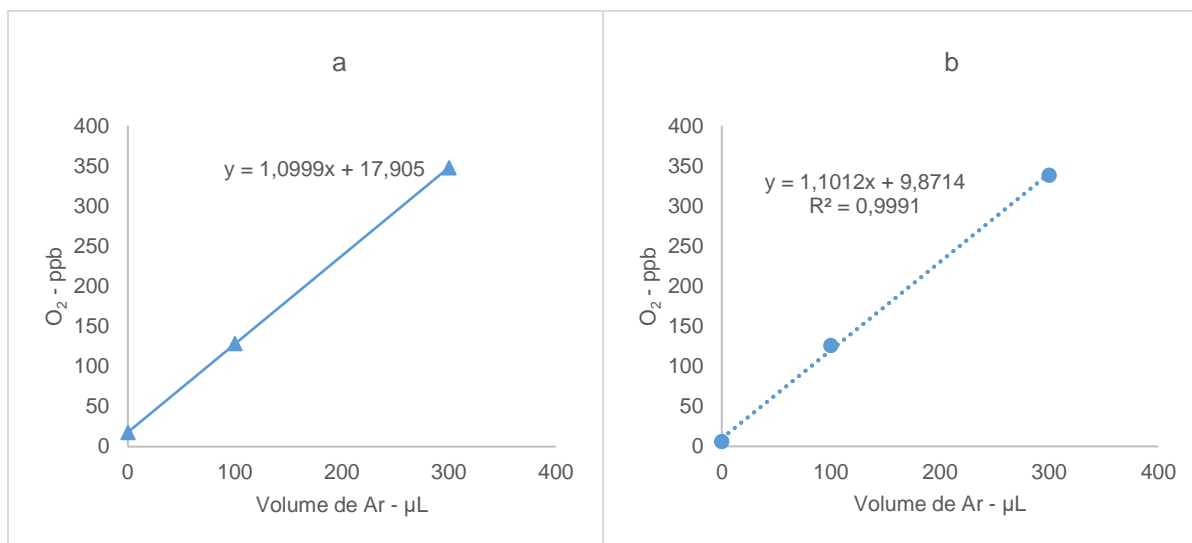


Figura 4.5-TPA2: Curva de calibração linear dos valores médios de concentração de O_2 por volume de ar injetado nas amostras “Blank”, teórico (a, ▲) e real (b, ●)

A concentração mínima de Oxigénio das amostras “Blank” registadas no equipamento TPA está compreendido no intervalo 3-5 ppb (**tabela 4.3**). Comparativamente com o intervalo de medição apresentado na Ficha Técnica do equipamento (**Anexo XIII**), 1 ppb – 12 ppm, o resultado obtido em cada laboratório encontra-se próximo do limite inferior.

O valor real das constante designadas por caracteres, podem ser encontradas no Anexo XII

4. Apresentação e discussão de resultados

Tabela 4.3-Concentração das amostras “blank” analisadas no equipamento TPA à temperatura ambiente

Oxigénio (ppb)	
TPA 2	
14	4
5	4
6	9
5	5
5	3
7	

4.3.2 Precisão

A avaliação da precisão do equipamento passou pela análise da precisão das medições das concentrações de Oxigénio das amostras com 0, 100, 250 e 500 µL de ar injetado.

Repetibilidade

Através da análise da sensibilidade do equipamento para a medição da concentração de Oxigénio realizada anteriormente, verificou-se que a relação entre o ar injetado e o incremento de Oxigénio na amostra é de $\pm 1/1$, ou seja, por cada 100 µL de ar injetado é esperado que se verifique um incremento de 100 ppb.

Segundo o método de verificação (**Anexo III**), o equipamento está apto para realizar as amostras quando a diferença entre a média dos resultados reais e o teórico é inferior a 20 ppb.

$$Média_{Oxigénio\ real} - Média_{Oxigénio\ teórico} < 20\ ppb \quad (4.2)$$

Onde,

Oxigénio real – concentração de ar injetado nas amostras analisadas (**equação 4.1**)

Oxigénio teórico – determinação de Oxigénio injetado através do **BrainsCalculator**

Na **tabela 4.4**, encontram-se as médias dos resultados das análises e os valores teóricos calculados para os 4 volumes de ar injetado nas amostras. Verifica-se uma boa repetibilidade do equipamento uma vez que a diferença entre os dois parâmetros de Oxigénio, para os volumes injetados é inferior a 20 ppb.

4. Apresentação e discussão de resultados

Tabela 4.4- Determinação da concentração média de O₂ teórico e real para diferentes volumes de ar injetado nas amostras “blank” para a posterior análise da repetibilidade do equipamento TPA

ID	Volume de ar	Oxigénio real	Oxigénio teórico	TPO real - teórico
	µL	Ppb		
A	0	6	6	-
B1-A	100	131	114	17
B2-A	250	280	269	11
B4-A	500	525	535	-10

A repetibilidade também é comprovada através da correlação entre o TPO real e teórico apresentado na **figura 4.6**. A equação da curva de calibração linear destes resultados demonstra que a medição efetuada pelo equipamento está 1-2% abaixo do ideal com um R² de 0,9849. Apesar da linearidade não ser perfeita, ao analisar os resultados obtidos face aos teóricos, verifica-se que o equipamento TPA está apto para realizar as análises propostas e futuramente necessitará de uma nova calibração do sensor de Oxigénio.

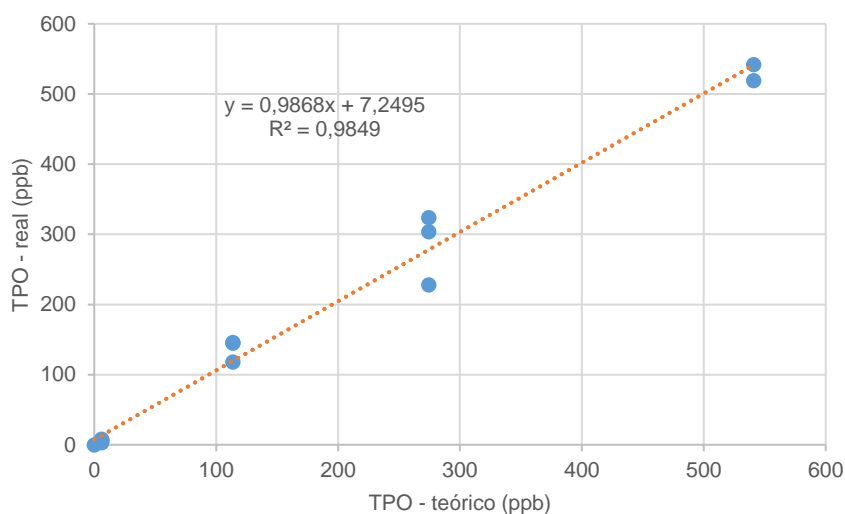


Figura 4.6-Curva de calibração linear para a análise da correlação entre a concentração real e teórica de O₂ determinada no equipamento TPA

Também foi analisada a repetibilidade do segundo equipamento TPA seguindo o mesmo procedimento. Como se pode verificar na **tabela 4.5**, a diferença entre a média da concentração real e o teórico em ambos os equipamentos são inferiores a 20 ppb com valores de **19** e **16** ppm no TPA1 e **3** e **9** ppm no TPA2 para os volumes de 100 e 300 µL de ar injetado, respetivamente. Estes resultados confirmam a boa repetibilidade de cada equipamento.

4. Apresentação e discussão de resultados

Tabela 4.5-Determinação da concentração média de O₂ teórico e real para diferentes volumes de ar injetado nas amostras "blank" para a posterior comparação de resultados dos equipamentos TPA 1 e 2

TPA1 (a)	Volume de ar	TPO médio	TPO teórico	TPO real-teórico
	µl	Ppb		
A	0	10	10	-
B1-A	100	127	108	19
B3-A	300	336	320	16
TPA2 (b)	Volume de ar	TPO médio	TPO teórico	TPO real-teórico
	µl	Ppb		
A	0	18	18	-
B1-A	100	111	108	3
B3-A	300	330	321	9

Na **figura 4.7** estão apresentadas as médias das concentrações das amostras analisadas por volume de ar injetado. Verifica-se que por cada volume, não existe um padrão de resultados, i.e, nem sempre é o mesmo equipamento que devolve uma média de concentração de Oxigénio superior ao outro. Os resultados são próximos nunca diferindo mais do que 8 ppb sendo esta maior diferença para as amostras padrão.

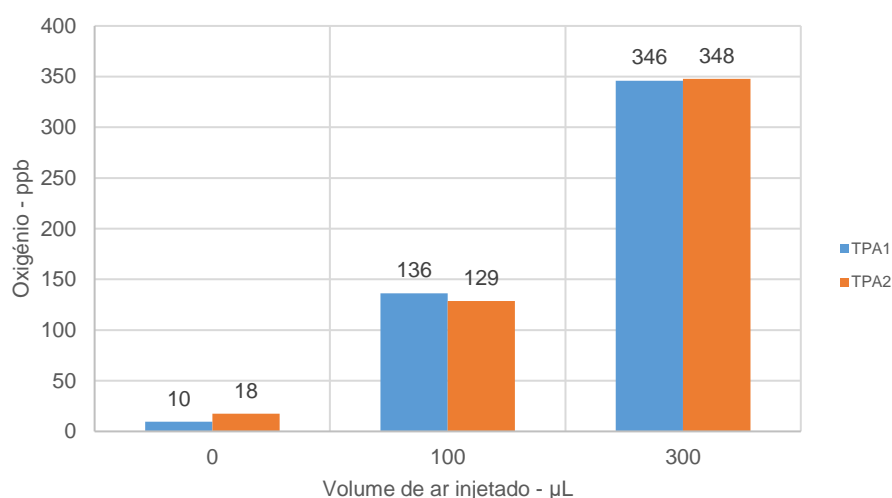


Figura 4.7-Comparação da média da concentração de O₂ por volume de ar injetado nas amostras "Blank" dos equipamentos TPA 1 e 2

4.3.3 Exatidão

A exatidão do equipamento é analisada através do erro relativo dos resultados obtidos e calculados segundo a **equação 2.19**. Analisando a **tabela 4.6**, verifica-se que os dois volumes de ar injetado têm um erro relativo inferior a 5%. Esta percentagem é meramente indicativa, retirada da bibliografia e foi

4. Apresentação e discussão de resultados

definida como limite por não existir um limite interno estipulado para avaliar a exatidão deste equipamento [32].

Tabela 4.6-Determinação do erro relativo referentes às concentrações médias de Oxigénio teórico e real para os volumes de ar injetado nas amostras “Blank”

ID	Volume de ar	TPO real	TPO teórico	TPO real-teórico	Erro relativo
	μl	ppb			%
A	0	18	18	-	-
B1	100	111	108	3	2%
B3	300	348	338	9	3%

4.4 Redução dos níveis de Oxigénio (atividades da Rota)

Após a validação do equipamento TPA para a medição dos níveis de Oxigénio, foi possível prosseguir para a segunda parte do estágio através da análise de amostras da linha de enchimento para determinar os parâmetros de Oxigénio Dissolvido e o “Pick-up” de Oxigénio.

4.4.1 Atividade 1: Identificar as origens dos defeitos

Dados Históricos

Na **figura 4.8**, estão apresentados todos os registos feitos pelos enchedores desde o último semestre de 2017 até o início de 2018. O TPO e o Oxigénio Dissolvido são registados diariamente, no início de cada turno e sempre que há a mudança de TCF na área da filtração.

Ao analisar os dados, foi possível notar que os níveis de TPO encontravam-se acima do limite de controlo para as linhas de enchimento que operam com pasteurizador Flash. Apesar dos resultados não se apresentarem acima do limite superior de tolerância, limite para a sua comercialização, é necessário atuar sobre este parâmetro, garantindo assim a sua qualidade dentro e fora das instalações de produção.

4. Apresentação e discussão de resultados

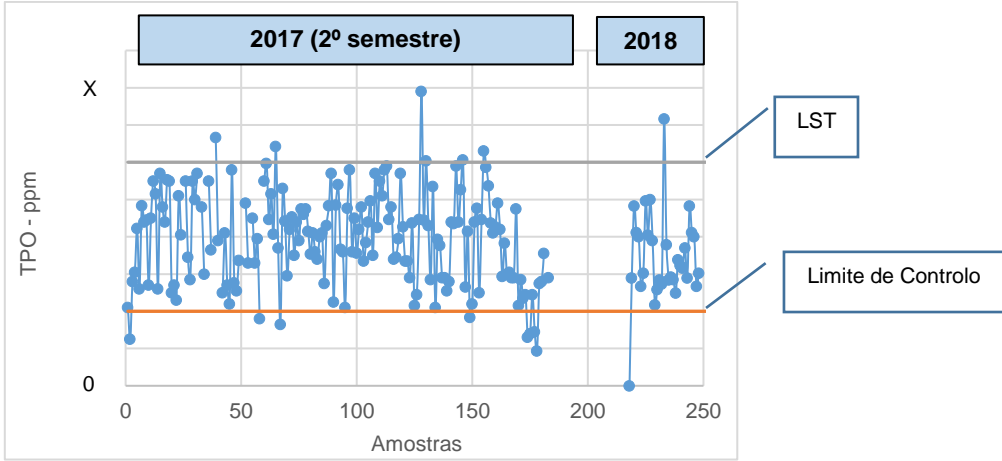


Figura 4.8-Níveis de TPO das amostras analisadas na linha de enchimento no último semestre de 2017 e início de 2018

Diagrama da área de trabalho

Nesta fase foi realizado um reconhecimento à área de filtração e enchimento onde foram observados as etapas por onde a cerveja desloca, iniciando nos Tanques de Guarda e terminando na Enchedora (figura 4.9).

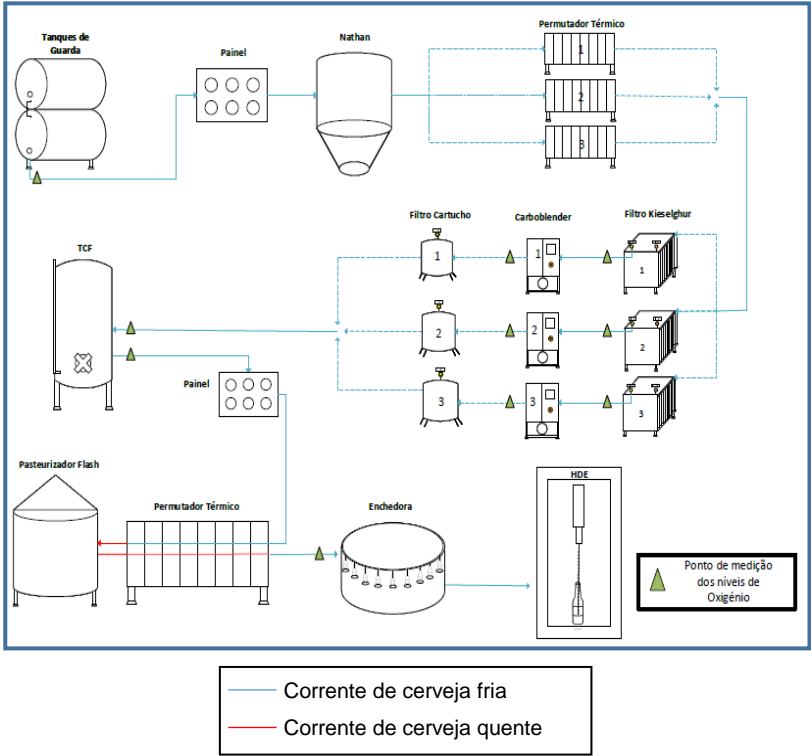


Figura 4.9-Diagrama de percurso da cerveja desde a área da filtração ao enchimento do produto acabado, para a análise da equipa de melhoria TPM

O valor real das constante designadas por caracteres, podem ser encontradas no Anexo XII

4. Apresentação e discussão de resultados

Com o auxílio dos Team Leaders das respetivas áreas, também foram identificados todos os pontos de recolha de cerveja onde é possível medir os níveis de Oxigénio Dissolvido e são apresentados na **figura 4.10**.

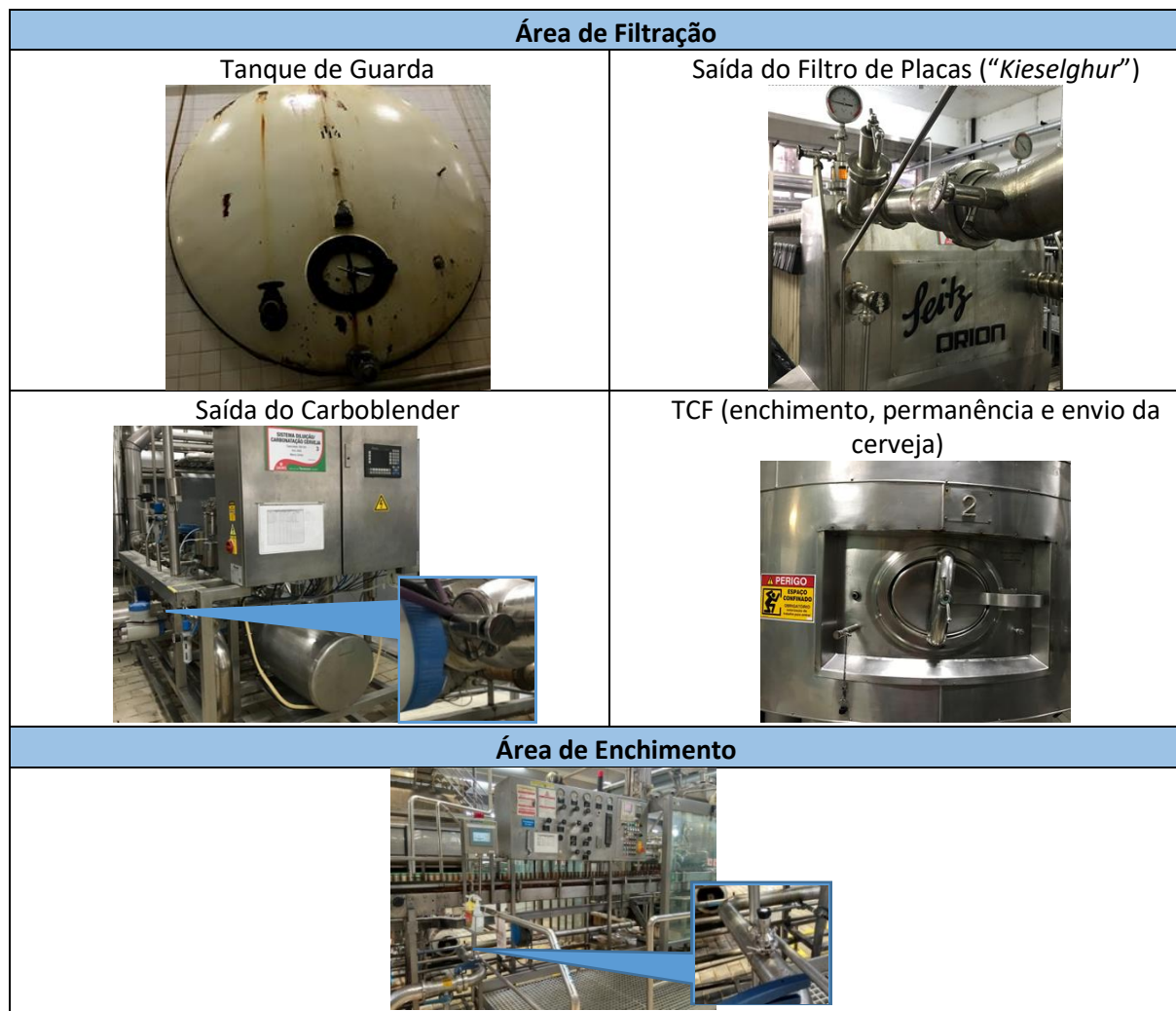


Figura 4.10-Identificação dos pontos de amostragem para a medição dos níveis de Oxigénio Dissolvido ao longo do percurso da cerveja

Teses segundo a Matriz QA preliminar

Após o planeamento das teses na primeira atividade da rota, os métodos de verificação foram aplicados e os resultados serão apresentados no capítulo **4.4.3 Atividade 3: Descobrir as causas raízes dos defeitos atuais, tabela 4.9**.

Após uma análise crítica sobre a Matriz QA preliminar, verificou-se que o modo de defeito com mais ocorrências de resultados superiores ao limite de controlo era o "Pick-up" de Oxigénio e a etapa mais crítica é a limpeza do esguicho do HDE que pertence ao processo de enchimento. Deste modo, a equipa decidiu que o foco de todo o trabalho seria sobre este modo de defeito e as restantes atividades serão relativas à enchedora.

4. Apresentação e discussão de resultados

4.4.2 Atividade 2: Restabelecer as condições básicas das áreas críticas e estabelecer os padrões

Etiquetas

Nesta fase, foi averiguado a existência de etiquetas abertas. Apenas verificou-se a existência de uma etiqueta aberta, o **variador de pressão** do sistema de HDE. Nas suas condições básicas, este deveria variar a pressão do esguicho à medida que a cadência da linha varia. Porém, constatou-se que a pressão se mantinha constante independentemente da velocidade que a enchedora enchia (**figura 4.7**).

Tabela 4.7-Pressões do sistema de HDE a diferentes cadências, antes da manutenção do variador de pressão

Antes da manutenção do variador	
Cadência (gar/h)	Pressão (bar)
27000	x
33000	x
46000	x
55000	x

À pressão de x bar e a cadência inferior a 33000 gar/h, a cerveja espumava em demasia, diminuindo o nível de C. Efetivo o que levava à rejeição das primeiras garrafas. E para cadências superiores a 45000 gar/h o produto não forma espuma suficiente para remover o Oxigênio do espaço vazio desejado.

Após a análise sobre a influência da pressão do HDE no produto acabado, além de impactar o “Pick-up” de Oxigênio, também tinha influência nos níveis de C. Efetivo.

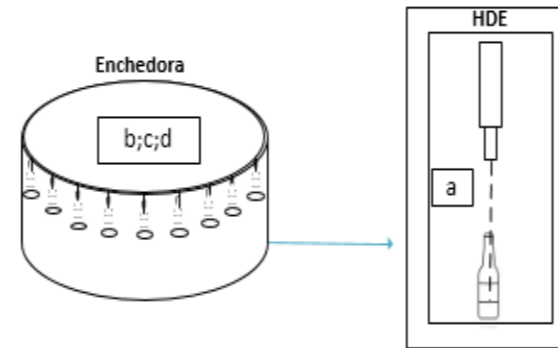
Áreas Críticas

A enchedora é composta por diversos equipamentos e fontes de alimentação. Para o seu bom funcionamento, é fundamental que todos esses parâmetros operem em harmonia e dentro das especificações definidas para cada uma. Foram identificadas 4 áreas críticas que poderiam influenciar no nível de “Pick-up” de Oxigênio.

Na **tabela 4.8** está presente o quadro das áreas críticas, métodos de verificação, resultados e ações de melhoria aplicadas a cada caso.

Validação do equipamento TPA e a consequente redução dos níveis de Oxigénio do produto acabado
4. Apresentação e discussão de resultados

Tabela 4.8- Identificação das áreas críticas, métodos de verificação e resultados da equipa de melhoria TPM na área da filtração e enchimento



Id	Área Crítica	Condição	Método de verificação	Resultado	Ação de melhoria
a	HDE	Parametrização/ valores no painel da pressão do HDE	a) Confirmação dos valores de teóricos de pressão vs os do painel da enchedora	Valores diferentes do teórico	Atualizar a LUP
			b) Verificação visual no painel	Pressões menores que as atuais, pelo que devem manter-se estas	
			c) Verificação da formação de espuma das amostras	Formação insuficiente de espuma	Realização de teste para melhoria de formação de espuma e conteúdo efetivo
			d) Avaliação do conteúdo efetivo e oxigénio no HS	Conteúdo efetivo baixo / oxigénio de HS alto	
		Temperatura	Verificação da temperatura no painel da enchedora	OK - Temperatura entre x e y °C	-
		Pressão da água de saída do esguicho	Visual: esguicho de água sem ser contínuo e inspeção da limpeza do HDE	Obstrução do esguicho do HDE	Rever plano de inspeção de limpeza de HDE
		Varição da pressão do HDE consoante a cadência da linha	Verificação visual da variação da pressão em diferentes cadências.	Pressão do HDE não varia a diferentes cadências da enchedora	Manutenção do variador
Alinhamento do braço do HDE	O esguicho não coincide com o centro da garrafa devido ao fato de o eixo do braço não estar ajustado com o da estrela de saída	Existe gestão visual	Proposta de melhoria para a centralização do eixo		
b	CO ₂	Pureza do CO ₂	Medição dos valores de pureza de CO ₂	Os níveis de Oxigénio da corrente de CO ₂ são reduzidos (0,006 ppm) -	-
c	Vácuo	Vácuo Correto	Medição da pressão de vácuo	A pressão de vácuo mantém-se a x bar ao longo do enchimento (correto)	
d	Enchimento	Conteúdo efetivo	Avaliação dos resultados de conteúdo efetivo	Valores de conteúdo efetivo baixos	Avaliar em testes

4. Apresentação e discussão de resultados

a) Sistema de HDE

Parametrização/ valores no painel da pressão do HDE: foi verificado que as pressões definidas no HDE para as diferentes cadências da linha eram superiores às apresentadas na LUP. Também foi verificado que a cerveja não espuma o suficiente devido ao nível baixo de C. Efetivo. A pressão do esguicho não era suficiente para que a espuma atingisse o topo da garrafa e expelir o Oxigénio, pelo que redefinir as pressões para valores mais baixos (LUP) não iria melhorar os resultados de “Pick-up” de Oxigénio. Como ação de melhoria, foi atualizado a antiga LUP para as pressões atuais do HDE e foram realizados testes para melhorar a formação de espuma da cerveja.

Pressão da água de saída do esguicho: foi verificado que o interior do esguicho por vezes ficava obstruído devido à solidificação de calcário proveniente da água, provocando a diminuição da pressão e o jato de água quente deixava de ter um fluxo contínuo e uniforme. Esta obstrução também pode ser provocada pela espuma das cervejas. A exposição prolongada do esguicho a pequenas partículas de espuma (cerveja) que acabam por solidificar e o exterior do orifício, por onde a água é injetada, fica bloqueado. Nem sempre é fácil identificar esta falha, dependerá da sensibilidade do próprio enchedor ou pode ser verificada através da medição de uma amostra. Se o nível de Oxigénio no espaço vazio for elevado, deverá ser necessário realizar a limpeza do esguicho. No painel da enchedora é possível verificar a pressão atual do HDE, mas o manómetro de pressão de injeção encontra-se antes da zona de obstrução pelo que não deteta a variação de pressão.

Variador de pressão: foi verificado no passo anterior “Etiquetas” que o variador de pressão se encontrava avariado e procedeu-se à sua manutenção. Após esta intervenção, a pressão do HDE varia com a cadência da enchedora e a pressão lida no painel é a mesma que parametrizada.

Temperatura: foi verificado que este parâmetro varia entre os x e y°C, a sua especificação é de x°C. Pelo que não foi realizada nenhuma alteração sobre o mesmo.

Alinhamento do braço do HDE: existe uma gestão visual do braço para diferentes produtos e dimensões das embalagens. Este é ajustado caso o enchedor ache necessário. O jato de água não incide no centro da garrafa devido ao fato do eixo do braço não estar localizado no centro da estrela da enchedora. Foi efetuada uma proposta de melhoria para o seu ajuste.

b) Corrente de Dióxido de Carbono

Níveis de Oxigénio: O CO₂ não deve misturar com a cerveja durante o enchimento. Ao longo do processo, à medida que a cerveja é despejada para a garrafa, o Dióxido de Carbono é empurrado e retirado através de um orifício no bico de enchimento. Caso o gás se misture com o líquido, o nível medido, **0,06** ppm, de Oxigénio na corrente de CO₂ da enchedora não é crítico para o incremento verificado de TPO.

4. Apresentação e discussão de resultados

c) Sistema de Vácuo

Pressão da bomba de vácuo: para o bom desempenho do enchimento, a bomba de vácuo deve operar com uma pressão aproximadamente de x bar. Foi verificado através de um manómetro de pressão presente na enchedora. Ao longo de vários enchimentos, verificou-se que essa pressão se mantinha sempre contante pelo que não foi necessário aturar sobre o mesmo.

d) Enchimento

C. Efetivo: analisando os dados históricos, verificou-se que a média do mesmo se encontra abaixo de 200ml. Pelos mesmo dados, foi possível relacionar o nível de C. Efetivo com os níveis de “Pick-up” (figura 4.12). Quanto maior o nível de líquido, menor será o volume de espaço vazio e vice-versa. Para volumes de HS elevados, maior será a quantidade de ar (maioritariamente O₂) no interior da garrafa. A pressão atual de HDE não é suficiente para que a cerveja espume o necessário para expelir todo “Pick-up” e aumentando a pressão, a cerveja pode espumar excessivamente e diminuir (ainda mais) o volume de C. Efetivo.



Figura 4.12-Relação entre o C. Efetivo e espaço vazio de uma garrafa

4.4.3 Atividade 3: Descobrir as causas raízes dos defeitos atuais

Análise 5 PORQUÊS

As folhas das análises 5 Porquês realizadas sobre o **variador de pressão** e o **C. Efetivo baixo** nas figuras 4.13 e 4.14

O valor real das constante designadas por caracteres, podem ser encontradas no Anexo XII

4. Apresentação e discussão de resultados

- Variador de pressão: Como referido na atividade 2, passo “**Etiquetas**” este componente encontrava-se avariado. Para a compreensão da causa raiz, juntamente com os operadores e técnicos de suporte das linhas de enchimento, foi possível realizar a análise 5 Porquês. Verificou-se que foram abertas e fechadas diversas etiquetas sobre a avaria do variador de pressão o que levava a crer que este já tinha sofrido algumas intervenções, mas que continuava sempre no mesmo estado. Constatou-se que nas manutenções realizadas sobre as etiquetas apenas era verificada a existência de pressão no sistema de HDE sem a realização de testes entre a pressão e a cadência da enchedora. Sendo esta a causa raiz da avaria prolongada do variador, como ação corretiva foi a manutenção do próprio variador de pressão e como preventiva a implementação do método de realização de testes sempre que for necessária uma nova intervenção.
- Nível de C. Efetivo: Este parâmetro foi identificado como uma área crítica na atividade 2 e verificou-se que a média de C. Efetivo encontrava-se abaixo da média especificada. Ao avaliar todas as condições da enchedora, deparou-se que o principal fator que influencia o nível de líquido é o **comprimento dos bicos de enchimento**. Ao longo da análise 5 Porquês, foi verificado que os bicos de enchimento desta enchedora já tinham sido alterados por um projeto anterior. Para melhorar a média o volume de líquido, 200ml, os bicos de enchimento foram trocados por outros com menor comprimento e de futuro, sempre que for necessário alterar os bicos de enchimento, deverão ser realizados testes ao C. Efetivo antes de proceder à sua troca total na enchedora.

4. Apresentação e discussão de resultados

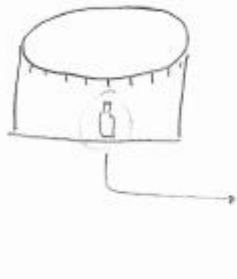
<input type="checkbox"/> Avaria <input type="checkbox"/> Pequena Paragem <input type="checkbox"/> Tempo Mudança Formato <input type="checkbox"/> Reclamação <input type="checkbox"/> Defeito <input type="checkbox"/> Quebra de Material <input type="checkbox"/> Energia <input type="checkbox"/> Acidente / Incidente / Quase Acidente <input type="checkbox"/>															
Data / Hora:		Perda: (min avaria, n.º defeitos, Ac/Ino/QA)		Descrição do Problema / Falha Funcional: (Que função a máquina não executa, que parâmetro está fora de controlo, o que aconteceu)											
Área / Linha:		Máquina:		Grupo / Componente:		Sinais anormais antes da ocorrência: (vibração, ruído, fuga, odor, temperatura, etc.)									
Descrição da falha e da reparação efetuada: (detalhe do que aconteceu e do que foi feito para retomar o funcionamento; que ações imediatas foram tomadas)				Esquema do princípio de funcionamento & Modo de Falha associado: (desenho ou foto que descreva a situação)											
Ao se o compararmos o funcionamento da linha 3, que é a de maior produção, verificou-se que a pressão do HDE não era a correta. De acordo com a parametrização para a produção da linha. Trata-se de uma situação recorrente.				 <p> Caudal de linha - Pressão do HDE incorreta ↓ não como verificação da Pressão do HDE de acordo com a produção da linha. </p>											
Modo Falha: (Qual a causa técnica ou situação que provocou perda de função, defeito, ...)				A pressão da água do HDE não varia c/a produção da linha											
Análise realizada por:				Data da Análise:											
Nelson Patrício / Filipe Tel / Paulo Assunção															
1.º Porquê (*)	2.º Porquê	3.º Porquê	4.º Porquê	5.º Porquê	4M	Ação Corretiva	Quem:	Plano:	Ação Preventiva:	Quem:	Plano:				
								Exec:		Exec:					
* Em caso de causas múltiplas, usar o 5 Porquês normal no verso da folha															
Avarias <input type="checkbox"/> Diagnóstico incorreto <input type="checkbox"/> Diagnóstico natural <input type="checkbox"/> Esforço excessivo <input type="checkbox"/> Fragilidade do equipamento				<input type="checkbox"/> Condições básicas <input type="checkbox"/> Condições Operacionais <input type="checkbox"/> Defeito prolongado <input type="checkbox"/> Falha Projeto <input type="checkbox"/> Erro Operação <input type="checkbox"/> Erro Manutenção				<input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Máquina <input type="checkbox"/> Mão-Obra				<input type="checkbox"/> CMT <input type="checkbox"/> Plano Manutenção <input type="checkbox"/> Reserva Material <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> IT / LUP / Formação <input type="checkbox"/> Feedback			
<input type="checkbox"/> Processo normal do processo <input type="checkbox"/> Processo fora de controlo <input type="checkbox"/> Erro de deteção				<input type="checkbox"/> Sistema Controlado de Qualidade <input type="checkbox"/> Problemas tecnológicos <input type="checkbox"/> Condições básicas <input type="checkbox"/> Erro Operação <input type="checkbox"/> Erro conceção do processo				<input type="checkbox"/> Mão-Obra <input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Máquina <input type="checkbox"/> Mão-Obra				<input type="checkbox"/> IT / LUP / Plano de controlo / Formação <input type="checkbox"/> Medição material / Inspeção <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> CMT <input type="checkbox"/> Plano Manutenção			
<input type="checkbox"/> Falha Residual				<input type="checkbox"/> Falha de deteção <input type="checkbox"/> Falha de procedimento <input type="checkbox"/> Falha Residual				<input type="checkbox"/> Registo de classe <input type="checkbox"/> Falha de Planeamento <input type="checkbox"/> Incumprimento procedimentos <input type="checkbox"/> Incidentes Recorrentes <input type="checkbox"/> Problemas técnicos antigos <input type="checkbox"/> Não Inspeção / comportamentos				<input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Máquina / Modificação <input type="checkbox"/> Mão-Obra <input type="checkbox"/> Deteção <input type="checkbox"/> Coaching			
Desenvolvimento ou melhoria de padrão / formação (alterações em Planos, CMT, LUP ou IT), Expansão Horizontal (implementação noutras linhas / máquinas) & Erradicação de Perda								Quem:	Planeado:	Executado:					
Seguimento: (semanal)								Aprovado por:		Data da Aprovação:					
Sem reocorrências: (✓/X)															

Figura 4.13-Análise 5 Porquês ao variador de pressão do sistema de HDE da enchedora

O valor real das constantes designadas por caracteres, podem ser encontradas no Anexo XII

4. Apresentação e discussão de resultados

Descrição do problema (Modo de Falha)	Causas Potenciais								4M	Plano de Ação							
	1.º Porquê	Verificado	2.º Porquê	Verificado	3.º Porquê	Verificado	4.º Porquê	Verificado		5.º Porquê	Verificado	Ações corretivas	Quem	Data	Ações preventivas	Quem	Data
A pressão de água do HDE não varia Com a abertura de linha (avaria recorrente)	Vai a zero ou flutua em alguns segundos	S	Avaria de linha não resolvida	S	Falta de reparação elétrica	N											
					Não foi criada a etiqueta	S	Não foi um ponto inspecionado pelo operador	S	Não se trata de um ponto a ser inspecionado pelo CILT	S	Verificar			Rever a localização os pontos de inspeção da linha de acordo com os dados das DRs	AC		
	Falta de pressão de água	N									Ativar o CILT da linha	AC					
	Subfornecimento da injeção	N															

Avarias <input type="checkbox"/> Desgaste "brando" <input type="checkbox"/> Desgaste natural <input type="checkbox"/> Esforço excessivo <input type="checkbox"/> Fragilidade do equipamento	<input type="checkbox"/> Condições Básicas <input type="checkbox"/> Condições Operação <input type="checkbox"/> Defeito prolongado <input type="checkbox"/> Falha Projeto <input type="checkbox"/> Erro Operação <input type="checkbox"/> Erro Manutenção	<input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Máquina <input type="checkbox"/> Mão Obra	<input type="checkbox"/> CILT <input type="checkbox"/> Plano Manutenção <input type="checkbox"/> Reclamar Material <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> TT / LUP / Formação <input type="checkbox"/> Feedback	Defeitos <input type="checkbox"/> Defeito normal do processo <input checked="" type="checkbox"/> Processo fora do controle <input type="checkbox"/> Defeito do set-point do processo <input type="checkbox"/> Erro de deteção	<input type="checkbox"/> Sistema Controlado Qualitativo <input checked="" type="checkbox"/> Problema tecnológico <input type="checkbox"/> Condições Básicas <input type="checkbox"/> Erro Operação <input type="checkbox"/> Erro conceção do processo	<input type="checkbox"/> Mão Obra <input checked="" type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Máquina <input type="checkbox"/> Manutenção	<input checked="" type="checkbox"/> TT / LUP / Plano de Trabalho / Formação <input type="checkbox"/> Revisar material / Inspeção <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> CILT <input type="checkbox"/> Plano Manutenção	Acidente / Incidente / QA <input type="checkbox"/> Inibição EPI <input type="checkbox"/> Falha dispositivo de segurança <input type="checkbox"/> Insuportabilidade / Insuportabilidade <input type="checkbox"/> Falha / Falha de procedimento <input type="checkbox"/> Risco Residual	<input type="checkbox"/> Falha no teste <input type="checkbox"/> Falha de Formação / Erro de direção <input type="checkbox"/> Incidente técnico <input type="checkbox"/> Problema técnico / Causa <input type="checkbox"/> Alto Inseguro / Comportamento	<input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material / Ambiente <input type="checkbox"/> Mão Obra <input type="checkbox"/> Gestão	<input type="checkbox"/> Especificação EPI <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> CILT / Plano mant. <input type="checkbox"/> Norma Segurança <input type="checkbox"/> TT / LUP / Formação <input type="checkbox"/> Labeling
--	--	---	---	--	---	---	---	---	--	---	--

Figura 4.13 (continuação)-Análise 5 Porquês ao variador de pressão do sistema de HDE da enchedora

O valor real das constantes designadas por caracteres, podem ser encontradas no Anexo XII

4. Apresentação e discussão de resultados

<input type="checkbox"/> Avaria <input type="checkbox"/> Pequena Paragem <input type="checkbox"/> Tempo Mudança Formato <input type="checkbox"/> Reclamação <input checked="" type="checkbox"/> Defeito <input type="checkbox"/> Quebra de Material <input type="checkbox"/> Energia <input type="checkbox"/> Acidente / Incidente / Quase Acidente																																			
Data / Hora: 10/05/2018			Perda: (min avaria, n.º defeitos, Ac/Inc/QA) do fecho oxigénio do no HS			Descrição do Problema / Falha Funcional: (Que função a máquina não executa, que parâmetro está fora de controlo, o que aconteceu) Oxigénio elevado no HS																													
Área / Linha: 3		Máquina: Enchedora		Grupo / Componente:		Sinais anormais antes da ocorrência: (vibração, ruído, fuga, odor, temperatura, etc.)																													
Descrição da falha e da reparação efetuada: (detalhe do que aconteceu e do que foi feito para retomar o funcionamento; que ações imediatas foram tomadas) TPO - 58, 202L Oxigénio HS - 58, 202L 						Esquema do princípio de funcionamento & Modo de Falha associado: (desenho ou foto que descreva a situação) 																													
Modo Falha: (Qual a causa técnica ou situação que provocou perda de função, defeito, ...) conteúdo efetivo baixo																																			
Análise realizada por:						Data da Análise:																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>1.º Porquê (*)</th> <th>2.º Porquê</th> <th>3.º Porquê</th> <th>4.º Porquê</th> <th>5.º Porquê</th> <th>4M</th> <th>Ação Corretiva</th> <th>Quem:</th> <th>Plano:</th> <th>Ação Preventiva:</th> <th>Quem:</th> <th>Plano:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Exec:</td> <td></td> <td></td> <td>Exec:</td> </tr> </tbody> </table>												1.º Porquê (*)	2.º Porquê	3.º Porquê	4.º Porquê	5.º Porquê	4M	Ação Corretiva	Quem:	Plano:	Ação Preventiva:	Quem:	Plano:									Exec:			Exec:
1.º Porquê (*)	2.º Porquê	3.º Porquê	4.º Porquê	5.º Porquê	4M	Ação Corretiva	Quem:	Plano:	Ação Preventiva:	Quem:	Plano:																								
								Exec:			Exec:																								
<p>* Em caso de causas múltiplas, usar o 5 Porquês normal no verso da folha</p> <table border="0"> <tr> <td> Avarias <input type="checkbox"/> Desgaste Torçães <input type="checkbox"/> Danos avarias <input type="checkbox"/> Falhas elétricas <input type="checkbox"/> Fragilidade do equipamento </td> <td> <input type="checkbox"/> Condições Básicas <input type="checkbox"/> Condições Operacionais <input type="checkbox"/> Deterioração/contaminação <input type="checkbox"/> Falha Projeto <input type="checkbox"/> Erro Operacional <input type="checkbox"/> Erro Manutenção </td> <td> <input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Materiais <input type="checkbox"/> Máquinas <input type="checkbox"/> Mão Obra </td> <td> <input type="checkbox"/> CBT <input type="checkbox"/> Plano Manutenção <input type="checkbox"/> Recurso Material <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> IT / LUP / Formação <input type="checkbox"/> Feedback </td> <td> Defeitos <input type="checkbox"/> Defeito normal do processo <input type="checkbox"/> Processo fora de controlo <input type="checkbox"/> Defeito do sistema <input type="checkbox"/> Erro de deteção </td> <td> <input type="checkbox"/> Sistema Controlo de Qualidade <input type="checkbox"/> Problema tecnológico <input type="checkbox"/> Condições básicas <input type="checkbox"/> Erro Operacional <input type="checkbox"/> Erro conceção do processo </td> <td> <input type="checkbox"/> Mão Obra <input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Máquinas <input type="checkbox"/> Medição </td> <td> <input type="checkbox"/> IT / LUP / Plano de Formação / Formação <input type="checkbox"/> Recurso material / Inspecção <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> CBT <input type="checkbox"/> Plano Manutenção </td> <td> Acidente / Incidente / QA <input type="checkbox"/> Abitação 6S <input type="checkbox"/> Falha dispositivo de segurança <input type="checkbox"/> Incumprimento procedimentos <input type="checkbox"/> Falha / Falha de procedimentos <input type="checkbox"/> Falha Retribuído </td> <td> <input type="checkbox"/> Registo de dados <input type="checkbox"/> Falha de formação / erro de projeto <input type="checkbox"/> Problemas técnicos <input type="checkbox"/> Problema técnico crítico <input type="checkbox"/> Não Inseguro / comportamento </td> <td> <input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Máquinas / Problemas <input type="checkbox"/> Mão Obra <input type="checkbox"/> Sistema </td> <td> <input type="checkbox"/> Especificação EPY <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> CBT / Plano mant. <input type="checkbox"/> Norma Segurança <input type="checkbox"/> IT / LUP / Formação <input type="checkbox"/> Coaching </td> </tr> </table>												Avarias <input type="checkbox"/> Desgaste Torçães <input type="checkbox"/> Danos avarias <input type="checkbox"/> Falhas elétricas <input type="checkbox"/> Fragilidade do equipamento	<input type="checkbox"/> Condições Básicas <input type="checkbox"/> Condições Operacionais <input type="checkbox"/> Deterioração/contaminação <input type="checkbox"/> Falha Projeto <input type="checkbox"/> Erro Operacional <input type="checkbox"/> Erro Manutenção	<input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Materiais <input type="checkbox"/> Máquinas <input type="checkbox"/> Mão Obra	<input type="checkbox"/> CBT <input type="checkbox"/> Plano Manutenção <input type="checkbox"/> Recurso Material <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> IT / LUP / Formação <input type="checkbox"/> Feedback	Defeitos <input type="checkbox"/> Defeito normal do processo <input type="checkbox"/> Processo fora de controlo <input type="checkbox"/> Defeito do sistema <input type="checkbox"/> Erro de deteção	<input type="checkbox"/> Sistema Controlo de Qualidade <input type="checkbox"/> Problema tecnológico <input type="checkbox"/> Condições básicas <input type="checkbox"/> Erro Operacional <input type="checkbox"/> Erro conceção do processo	<input type="checkbox"/> Mão Obra <input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Máquinas <input type="checkbox"/> Medição	<input type="checkbox"/> IT / LUP / Plano de Formação / Formação <input type="checkbox"/> Recurso material / Inspecção <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> CBT <input type="checkbox"/> Plano Manutenção	Acidente / Incidente / QA <input type="checkbox"/> Abitação 6S <input type="checkbox"/> Falha dispositivo de segurança <input type="checkbox"/> Incumprimento procedimentos <input type="checkbox"/> Falha / Falha de procedimentos <input type="checkbox"/> Falha Retribuído	<input type="checkbox"/> Registo de dados <input type="checkbox"/> Falha de formação / erro de projeto <input type="checkbox"/> Problemas técnicos <input type="checkbox"/> Problema técnico crítico <input type="checkbox"/> Não Inseguro / comportamento	<input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Máquinas / Problemas <input type="checkbox"/> Mão Obra <input type="checkbox"/> Sistema	<input type="checkbox"/> Especificação EPY <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> CBT / Plano mant. <input type="checkbox"/> Norma Segurança <input type="checkbox"/> IT / LUP / Formação <input type="checkbox"/> Coaching												
Avarias <input type="checkbox"/> Desgaste Torçães <input type="checkbox"/> Danos avarias <input type="checkbox"/> Falhas elétricas <input type="checkbox"/> Fragilidade do equipamento	<input type="checkbox"/> Condições Básicas <input type="checkbox"/> Condições Operacionais <input type="checkbox"/> Deterioração/contaminação <input type="checkbox"/> Falha Projeto <input type="checkbox"/> Erro Operacional <input type="checkbox"/> Erro Manutenção	<input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Materiais <input type="checkbox"/> Máquinas <input type="checkbox"/> Mão Obra	<input type="checkbox"/> CBT <input type="checkbox"/> Plano Manutenção <input type="checkbox"/> Recurso Material <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> IT / LUP / Formação <input type="checkbox"/> Feedback	Defeitos <input type="checkbox"/> Defeito normal do processo <input type="checkbox"/> Processo fora de controlo <input type="checkbox"/> Defeito do sistema <input type="checkbox"/> Erro de deteção	<input type="checkbox"/> Sistema Controlo de Qualidade <input type="checkbox"/> Problema tecnológico <input type="checkbox"/> Condições básicas <input type="checkbox"/> Erro Operacional <input type="checkbox"/> Erro conceção do processo	<input type="checkbox"/> Mão Obra <input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Máquinas <input type="checkbox"/> Medição	<input type="checkbox"/> IT / LUP / Plano de Formação / Formação <input type="checkbox"/> Recurso material / Inspecção <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> CBT <input type="checkbox"/> Plano Manutenção	Acidente / Incidente / QA <input type="checkbox"/> Abitação 6S <input type="checkbox"/> Falha dispositivo de segurança <input type="checkbox"/> Incumprimento procedimentos <input type="checkbox"/> Falha / Falha de procedimentos <input type="checkbox"/> Falha Retribuído	<input type="checkbox"/> Registo de dados <input type="checkbox"/> Falha de formação / erro de projeto <input type="checkbox"/> Problemas técnicos <input type="checkbox"/> Problema técnico crítico <input type="checkbox"/> Não Inseguro / comportamento	<input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Máquinas / Problemas <input type="checkbox"/> Mão Obra <input type="checkbox"/> Sistema	<input type="checkbox"/> Especificação EPY <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> CBT / Plano mant. <input type="checkbox"/> Norma Segurança <input type="checkbox"/> IT / LUP / Formação <input type="checkbox"/> Coaching																								
Desenvolvimento ou melhoria de padrão / formação (alterações em Planos, CBT, LUP ou IT), Expansão Horizontal (implementação noutras linhas / máquinas) & Erradicação de Perda									Quem:		Planeado:	Executado:																							
Seguinte: (Semana) 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51																																			
Sem recorrências: (V/A) V																																			
Aprovado por:									Data da Aprovação:																										

Figura 4.14-Análise 5 Porquês: Comprimentos dos bicos de enchimento da enchedora

O valor real das constantes designadas por caracteres, podem ser encontradas no Anexo XII

4. Apresentação e discussão de resultados

Descrição do problema (Modo de Falha)	Causas Potenciais								4M	Plano de Ação							
	1.º Porquê	Verificado	2.º Porquê	Verificado	3.º Porquê	Verificado	4.º Porquê	Verificado		5.º Porquê	Verificado	Ações corretivas	Quem	Data	Ações preventivas	Quem	Data
Conteúdo objetivo baixo	Espuma com excess. de ar na conexão	N															
Enchimento inconsistente		S	Alteração das peças de enchimento (Compuhubs)	N													
		S	Comprimento dos bicos de enchimento (bicos do grande)	S	Foram adotados os bicos de enchimento de 22 porque são melhores para 1.2 e 2.2 e não dá para 2.2 e 2.2	S		Decisão do Projeto	S								
										Algarve	Tecnia por bicos mais curtos: 19, 20 mm			Sempre que for utilizado uma alteração de relação c.o. sempre usar que já tem um plano de teste			

Avarias <input type="checkbox"/> Projeto "Torçido" <input type="checkbox"/> Projeto natural <input type="checkbox"/> Esforço excessivo <input type="checkbox"/> Fragilidade do equipamento	<input type="checkbox"/> Condições Básicas <input type="checkbox"/> Condições Operação <input type="checkbox"/> Detetado, prolongada <input type="checkbox"/> Falha Projeto <input type="checkbox"/> Erro Operação <input type="checkbox"/> Erro Manutenção	<input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Máquina <input type="checkbox"/> Mão de obra	<input type="checkbox"/> OIT <input type="checkbox"/> Plano Manutenção <input type="checkbox"/> Reclamar Material <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> IT / ULP / Formação <input type="checkbox"/> Feedback	Defeitos <input type="checkbox"/> Devio normal do processo <input type="checkbox"/> Processo fora de controle <input checked="" type="checkbox"/> Devio do set point do processo <input type="checkbox"/> Erro de deteção	<input type="checkbox"/> Sistema Control de Qualidade <input type="checkbox"/> Problema tecnológico <input type="checkbox"/> Condições básicas <input type="checkbox"/> Erro Operação <input checked="" type="checkbox"/> Erro conexão do processo	<input type="checkbox"/> Mão de obra <input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Máquina <input type="checkbox"/> Medição	<input type="checkbox"/> IT / ULP / Plano de Formação <input type="checkbox"/> Reclamar material / Inspeção <input checked="" type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> OIT <input type="checkbox"/> Plano Manutenção	Acidente / Incidente / QA <input type="checkbox"/> Não cumpre EPI <input type="checkbox"/> Falha de segurança <input type="checkbox"/> Incumprimento procedimento <input type="checkbox"/> Falha / Falha de procedimento <input type="checkbox"/> Risco Residual	<input type="checkbox"/> Regras não cumpre <input type="checkbox"/> Falha de Ferramenta / erro humano <input type="checkbox"/> Incidente técnico <input type="checkbox"/> Problema técnico específico <input type="checkbox"/> Ato Inseguro / comportamento	<input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Máquina / Incidente <input type="checkbox"/> Mão de obra <input type="checkbox"/> Sistema	<input type="checkbox"/> Especificação EPI <input type="checkbox"/> Modificação <input type="checkbox"/> OIT / Plano mant. <input type="checkbox"/> Sistema Segurança <input type="checkbox"/> IT / ULP / Formação <input type="checkbox"/> Coaching
---	--	--	--	--	--	---	--	--	---	---	---

Figura 4.14-Análise 5 Porquês: Comprimentos dos bicos de enchimento da enchedora

O valor real das constantes designadas por caracteres, podem ser encontradas no Anexo XII

4. Apresentação e discussão de resultados

Tabela 4.9-Resultados e Conclusões das verificações das teses sobre os elementos da Matriz QA na área de Filtração e Enchimento

Tese sobre os elementos da Matriz QA					Tipo de controlo			Check details			
Modo de Defeito	Fase	Causa	Categoria	Peso	Tipo	"Standard" de referência	Método de controlo	Tese	Método de verificação	Resultados	Conclusão
1 - Oxigénio dissolvido elevado	Filtração - Tanques de Guarda	Entrada de ar no início e fins de tanques	Material	2	3			Se há incorporação de oxigénio no início e fim do tanque	Medição do oxigénio nos Tanques de Guarda		
1 - Oxigénio dissolvido elevado	Filtração - Pureza do CO ₂	Presença de oxigénio na corrente de CO ₂	Material	2	1	>99,9%	s	Incorporação de oxigénio no Carboblender	Verificação de registos e medição da pureza do CO ₂		
1 - Oxigénio dissolvido elevado	Filtração - Filtro	Presença de ar no filtro de placas (Kieselghur) após a esterilização	Material	2	3			Não foi removido todo o ar presente no filtro de Kieselghur após a esterilização. O Oxigénio foi dissolvido na cerveja	Medição do oxigénio à saída do Filtro de Kieselghur	-----	Não é possível comparar os níveis de O ₂ antes e depois do filtro porque não existe ponto de recolha na Nathan
1 - Oxigénio dissolvido elevado	Filtração - Água desarejada (Carboblender)	Água desarejada com níveis de Oxigénio altos	Material	2	1	< 0,02 mg/l	s	Incorporação de oxigénio na diluição da cerveja	Registar diariamente os níveis de Oxigénio no tanque de água desarejada ao longo de 1 mês	O nível máximo de Oxigénio registado é aproximadamente 0,020 ppm	0,020 ppm não é suficiente para justificar o incremento observado no TPO do produto acabado
1 - Oxigénio dissolvido elevado	Filtração - Percurso da Cerveja	Entradas de ar ao longo do percurso da cerveja	Material	2	3			Falha no transporte da cerveja permitindo a entrada de ar (oxigénio)	Medição dos níveis de oxigénio na cerveja à saída do Filtro de Kieselghur, saída do Carboblender e TCF	Os níveis de O ₂ diminuem após a diluição (Carboblender) mas há um incremento entre o Carboblender e o TCF	O incremento dos níveis de Oxigénio na filtração é uma das contribuições para o Oxigénio dissolvido elevado
1 - Oxigénio dissolvido elevado	Filtração - TCF	Quantidade de CO ₂ inserido no TCF para a contrapressão pode ser baixa	Método	2	1	< 0,2 mg/l		Em baixa quantidade, a cerveja consome o CO ₂ antes do final do envio da cerveja, dissolvendo o ar presente para a contrapressão	Medição dos níveis de Oxigénio no TCF a diferentes volumes	Existe um acréscimo nos níveis de oxigénio a meio do tanque. Não é permitido que o tanque acabe para não existir uma incorporação de O ₂ mais acentuada	Ao longo do tanque a incorporação de O ₂ não é significativa
1 - Oxigénio dissolvido elevado	Filtração - Envio de Cerveja	Entrada de ar em um dos tubos de ligação	Material	2	1			Possíveis entradas de ar ao longo do tubo de transporte de cerveja	Medição de Oxigénio à saída do TCF e saída do Pasteurizador Flash	Os níveis de O ₂ à saída do pasteurizador Flash são mais baixos que à saída do TCF	Não há incorporação de Oxigénio entre o TCF e o Flash
1 - Oxigénio dissolvido elevado	Enchimento - Flash	Incorporação de Oxigénio no Pasteurizador Flash	Método	5	3			Incorporação de oxigénio no Pasteurizador			O Oxigénio reage e é consumido no pasteurizador
2 - Oxigénio no HS elevado	Enchimento - Pressurização da garrafa	Baixa pressurização da garrafa	Método	5	4			Elevado oxigénio no HS devido à má pressurização com CO ₂ na garrafa	Verificação da pressão de pressurização através do manómetro da enchedora e ou garrafa para este tipo de teste		Não é possível confirmar
1 - Oxigénio dissolvido elevado	Enchimento - Pressurização da garrafa	Baixa pressurização da garrafa	Método	5	4						

4. Apresentação e discussão de resultados

Tabela 4.9 (continuação)-Resultados e Conclusões das verificações das teses sobre os elementos da Matriz QA na área de Filtração e Enchimento

Tese sobre os elementos da Matriz QA					Tipo de controlo			Check details			
Defeito	Fase	Causa	Categoria	Peso	Tipo	"Standard" de referência	Método de controlo	Tese	Método de verificação	Resultados	Conclusão
2 - Oxigénio no HS elevado	Enchimento - Sistema de vácuo	Sistema de vácuo	Método	5	4			O sistema e vácuo não faz a evacuação total do ar	Observação do manómetro de pressão na enchedora relativamente ao vácuo	A pressão de vácuo permanece constante (+/- x bar)	A pressão de x bar é suficiente para assegurar que o vácuo está a ser bem efetuado
2 - Oxigénio no HS elevado	Enchimento - Pressão do HDE	Pressão do HDE baixa	Método	8	1	LUP		Não permite que a cerveja espume o suficiente para libertar o Oxigénio do espaço vazio	Medição de amostras sempre à mesma velocidade e pressão do HDE	Oxigénio do HS elevado e C. Efetivo baixo	A enchedora não enche o suficiente (<200ml) existindo um volume de espaço vazio elevado
2 - Oxigénio no HS elevado	Enchimento - Pressão do HDE	Pressões corretas do HDE	Método	8	1	LUP		A pressão do HDE não varia com a cadência da linha	Verificação da pressão do HDE (painel da enchedora) a diferentes velocidades	A pressão do HDE é constante	É necessário a intervenção e restaurar a condição básica do HDE
2 - Oxigénio no HS elevado	Enchimento - Pressurização da garrafa	A pressão parametrizada no HDE	Homem	5	1	LUP		A pressão atual não é igual aos da LUP e pode estar a afetar o O ₂ do HS	Analisar amostras dos bicos 9 a 16 com a alteração das pressões atuais com a LUP	As pressões da LUP são inferiores às atuais. A pressões mais baixas, a cerveja espuma menos não expelindo todo o Oxigénio do HS necessário	Manter as pressões atuais e analisar o tamanho dos bicos de enchimento
2 - Oxigénio no HS elevado	Enchimento - Limpeza do esguicho do HDE	Obstrução do esguicho do HDE	Método	8	1	visual		A obstrução do HDE leva a que a pressão do esguicho diminua	Observação do esguicho do HDE por parte dos enchedores	O esguicho do HDE fica obstruído regularmente	É necessário planear um sistema de limpeza do esguicho
1 - Oxigénio dissolvido elevado	Enchimento - Tamanho dos bicos de enchimento	Tamanho de bico de enchimento (95,6 mm) pode influenciar o Conteúdo Efetivo e o TPO	Material	8	1			Com bicos de enchimento de 95,2 mm o C. Efetivo pode aumentar (média 200ml) e reduzir o TPO	Medição de amostras dos bicos 8 a 17 com 95,2 mm (linha 2)	TPO continua elevado e o C. Efetivo baixo	É necessário encher com bicos mais curtos (Teste: 93,2 mm)
2 - Oxigénio no HS elevado	Enchimento - Tamanho dos bicos de enchimento	Tamanho de bico de enchimento pode influenciar o Conteúdo Efetivo e o TPO	Material	8	1			Com bicos de enchimento de 93,2 mm o	Medição de amostras nas posições 13 a 17 com bicos de enchimento mais curtos (93,2 mm)	Redução dos níveis de Oxigénio no espaço vazio, consequentemente houve a redução do TPO mas existe grande dispersão de resultados de C. Efetivo (principalmente inferiores a 198 ml - LIT)	É necessário encher com bicos mais curtos (Teste: 92,2 mm)
2 - Oxigénio no HS elevado	Enchimento - Tamanho dos bicos de enchimento	Tamanho de bico de enchimento pode influenciar o Conteúdo Efetivo e o TPO	Material	8	1			Com bicos de enchimento de 92,2 mm, tentar garantir que o Oxigénio no HS se mantenha baixo (<0,1 ppm) e diminuir a dispersão do C. Efetivo	Medição de amostras nas posições 8 a 12 com bicos de enchimentos mais curtos (92,2 mm)	Níveis de Oxigénio no HS mantêm-se constantes (muito próximos aos bicos de 93,2 mm) e há uma menor dispersão de C. Efetivo (198 a 201 ml) mas o processo de enchimento não está centralizado (200 ml)	É necessário encher com bicos mais curtos (Teste: 91,2 mm)
2 - Oxigénio no HS elevado	Enchimento - Pureza do CO ₂	A fonte de CO ₂ pode não ter a pureza necessária	Material	5	1	> 99,9%		O oxigénio presente na corrente de CO ₂ pode contribuir para um aumento do TPO	Medição dos níveis de Oxigénio na corrente e CO ₂ da enchedora	Oxigénio medido, 0,006 ppm	0,006 ppm de oxigénio não significativo para o incremento de TPO verificado no produto final
2 - Oxigénio no HS elevado	Produto acabado - Medição da amostra	Exposição prolongada da amostra à temperatura ambiente	Man	2	1	Tempo de análise até 30 min		Avaliar se até 30min após o enchimento das garrafas, pode influenciar na medição do TPO	Medição de amostras após o enchimento e 30 min exposto à temperatura ambiente	Não se verifica uma variação consistente de TPO em amostras medidas após o enchimento e 30 minutos depois	Sem agitar as amostras, a exposição da embalagem, após encher, à temperatura ambiente até 30 minutos não influencia os níveis de O ₂ da cerveja

4. Apresentação e discussão de resultados

Recolha de Amostras

Através das duas análises 5 Porquês realizadas, foram planeados cinco sistema de recolha de amostras tendo em conta os resultados obtidos. Como referido no capítulo **3.2.5 Equipamentos de análise** as análises são realizadas no equipamento TPA e as amostras não devem ser agitadas de modo a que o Oxigénio do espaço vazio não se misture com o dissolvido na cerveja e assim, ser possível identificar os níveis reais de Oxigénio após o enchimento e capsulamento de cada garrafa.

Na **tabela 4.10** está presente um resumo dos 5 ensaios realizados na enchedora, com o valor de pressão no HDE (antes e depois da manutenção ao variador de pressão) quando este opera em modo automático e o comprimento dos bicos de enchimento após cada redução.

Tabela 4.10-Variáveis e alterações efetuadas ao longo dos 5 ensaios realizados pela equipa de melhoria TPM

	1º Ensaio	2º Ensaio	3º Ensaio	4º Ensaio	5º Ensaio
Pressão do HDE (bar)	x	y			
Comprimento dos bicos de enchimento (mm)	Padrão 95,6		95,2	93,2	92,2

De maneira realizar os ensaios sobre as mesmas posições da enchedora, foram selecionados entre 5 a 10 posições para todos os ensaios (**tabela 4.11**). No 1º ensaio foi decidido analisar amostras sobre 9 posições e foram mantidos estas durante os três últimos ensaios onde apenas foram trocados os bicos de enchimento atuais de cada ensaio por uns de menor dimensão. No caso do 2º ensaio, as amostras foram recolhidas após a troca dos bicos de enchimento das posições 8 a 17 pelo que foi necessário selecionar mais cinco posições para analisar as amostras com os bicos de enchimento padrão.

Tabela 4.11-Posições da enchedora onde foram recolhidas amostras ao longo dos 5 ensaios

	1º Ensaio	2º Ensaio	3º Ensaio	4º Ensaio	5º Ensaio
Posição dos Bicos de enchimento	8 a 16	25 a 29	8 a 15	13 a 17	8 a 12

Os resultados referentes a cada ensaio estão apresentados abaixo assim como a conclusão dos mesmos.

▪ **Confirmação dos dados históricos (1º Ensaio)**

Ao formar a equipa de melhoria TPM, primeiramente foi necessário recolher e analisar algumas amostras de modo a avaliar e confirmar os resultados observados na **Atividade 1: Dados históricos**.

4. Apresentação e discussão de resultados

Foram analisadas 27 amostras e os resultados de “Pick-up” estão apresentados na **figura 4.15**. Todas as medições apresentaram valores acima do limite de controlo o que demonstra que o processo inicialmente se encontrava desviado e que ainda era necessário determinar as causas raízes (**Atividade 2**) e atuar sobre os mesmos.

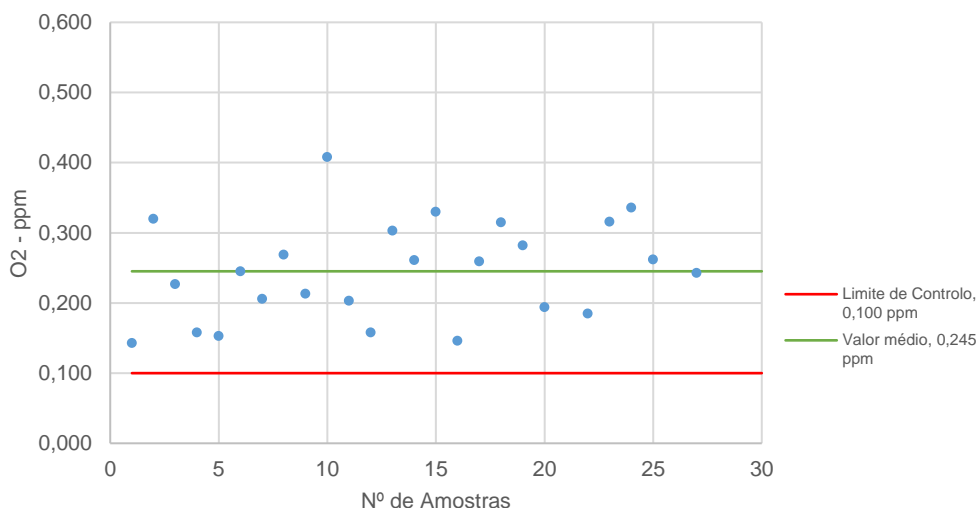


Figura 4.15-1º ensaio: resultados de “Pick-up” de Oxigénio, antes da implementação de qualquer ação de melhoria (semana 18)

▪ Manutenção do variador de pressão (2º Ensaio)

A primeira ação de melhoria foi a manutenção do variador de pressão do sistema de HDE e foram mantidas as pressões parametrizadas (**tabela 4.12**) de modo a avaliar o impacto destes valores sobre o processo de enchimento. Para parametrizar as pressões, são inseridos os valores para o HDE atuar a 100% da potência (Pressão ideal) e o enchedor pode ajustar o multiplicador (Pressão real) mediante os resultados obtidos nas análises periódicas realizadas ao longo do turno.

Tabela 4.12-Pressões de teste do sistema de HDE para o 2º ensaio

Multiplicador x%	LUP atual		
	Pressão ideal (bar)	Cadência (gar/h)	Pressão real (bar)
P0	X	0	X
P1	X	7500	X
P2	X	15000	X
P3	X	22500	X
P4	X	30000	X
P5	X	37500	X
P6	X	45000	X
P7	X	52500	X
P8	X	60000	X

4. Apresentação e discussão de resultados

Com a manutenção do variador do sistema de HDE, a pressão de água do esguicho da enchedora, quando esta opera em modo automático, variou de **x** bar para **y** bar. O aumento deste parâmetro impactou de forma positiva os resultados de “Pick-up” do produto acabado (**figura 4.16**). Foram analisadas 39 amostras e verificou-se uma diminuição de aproximadamente **0,083 ppm**, foi reduzido cerca de **33%** do total de Oxigénio presente no espaço vazio.

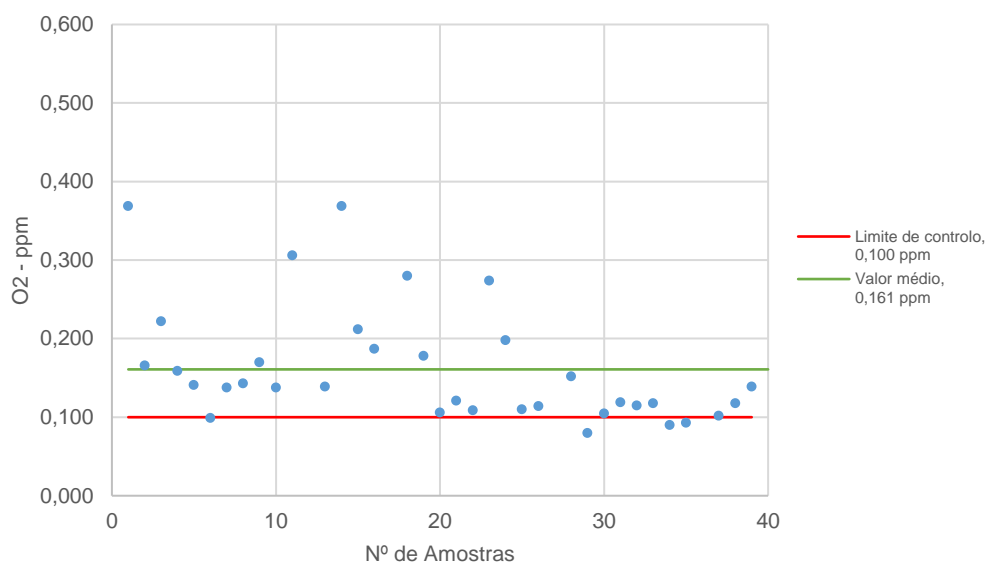


Figura 4.16-2º Ensaio: resultados de “Pick-up” de Oxigénio, após a manutenção do variador de pressão (semana 19)

Esta ação não foi suficiente para reduzir a quantidade necessária para respeitar o limite de controlo estipulado de 0,1 ppm. Seguindo a lógica da manutenção do variador, ao aumentar a pressão do HDE é possível reduzir o nível de “Pick-up”. Com este aumento, existe o risco de perder volume de cerveja através da formação excessiva de espuma, por este motivo o acompanhamento do C. Efetivo das amostras foi de extrema importância para o desenvolvimento do trabalho.

Em um processo industrial nem sempre é possível garantir a reprodução dos resultados sem que exista dispersão dos mesmos. É por esta razão que existe o intervalo admissível de **198 a 202 ml**.

Para o processo de enchimento ser ideal, a média de C. Efetivo deve rondar os 200 ml. Através da **figura 4.17**, é de notar que o processo se encontra desviado para a esquerda. Grande parte dos resultados rondam os 197 e 198 ml e existe uma grande dispersão de resultados.

4. Apresentação e discussão de resultados

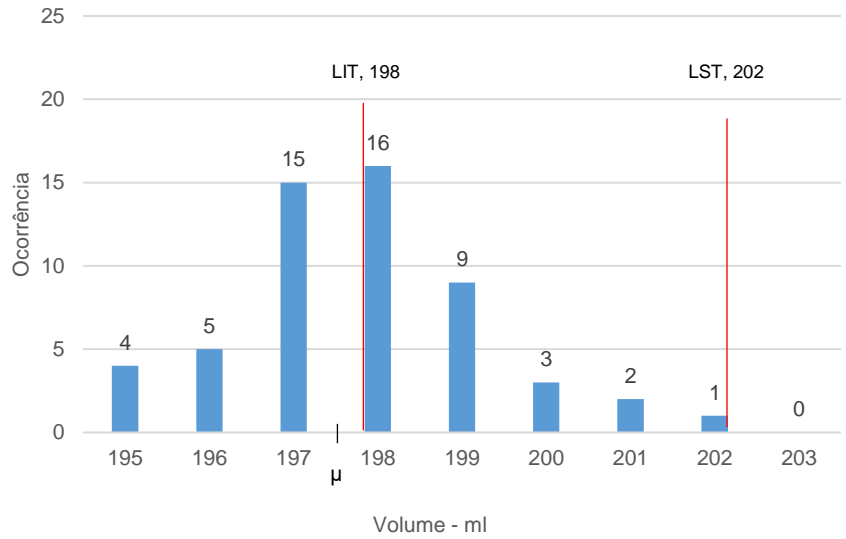


Figura 4. 17-2º ensaio: resultados de conteúdo efetivo, após a manutenção do variador de pressão do sistema de HDE (semana 19) com uma média de 197,56 ml (μ)

A avaliação do controle estatístico do processo encontra-se apresentado na **tabela 4,13**. Através do valor de **Cp** é possível verificar que existe uma grande dispersão de resultados e que os seus valores se encontram fora do intervalo o que traduz na incapacidade do processo. O **Cpk** negativo demonstra que a média dos resultados é inferior ao LIT do intervalo e que o processo não está centralizado.

Tabela 4.13-Resumo de resultados do 2º ensaio, após a manutenção do variador de pressão do sistema de HDE (semana 19)

2º Ensaio - Após a manutenção do variador de pressão (95,6mm)						
Semana	Bico de Enchimento	Média por bico de enchimento ml	Média Total ml	S	Capacidade Cp	Centralizado Cpk
21 22 23	25	197,15	197,56	2,14	0,31	-0,07
	26	196,85				
	27	198,26				
	28	198,05				
	29	197,44				

Com os resultados obtidos de C. Efetivo é possível concluir que o aumento de pressão do HDE não seria a melhor solução, uma vez que o nível de líquido das amostras já se encontra abaixo do requerido e esta ação apenas iria diminuir mais o seu volume. Deste modo foram mantidas as pressões parametrizadas ao longo do trabalho e como próximo passo foi analisar a influência da diminuição do comprimento dos bicos de enchimento nos resultados de **“Pick-up” de Oxigênio e C. Efetivo** das amostras.

4. Apresentação e discussão de resultados

1ª Redução do comprimento dos bicos de enchimento, 95,2 mm (3º Ensaio)

O comprimento dos bicos de enchimento padrão não podia ser reduzido sem antes avaliar o impacto que iria ter sobre as amostras. No decorrer da reunião da semana 23 verificou-se que existem duas linhas que operam de forma idêntica. Enche o mesmo produto e dispõe de bicos de enchimento com menos 0,4 mm de comprimento. Ambas operavam de forma manual enquanto o processo de enchimentos das restantes linhas, que são mais recentes, é automático. Desta forma foram substituídos 10 bicos de enchimento das posições 8 a 17 da enchedora em estudo por uns de menor dimensão.

Após esta alteração, analisaram-se 43 amostras do piloto e os resultados são apresentados na **figura 4.18**. Contrariamente ao esperado, houve um incremento dos níveis de Oxigénio no espaço vazio. O aumento de **0,04** ppm na média dos resultados levou a questionar se a diminuição do comprimento seria a melhor opção para atingir o objetivo de 0,1 ppm para o “Pick-up” de Oxigénio.

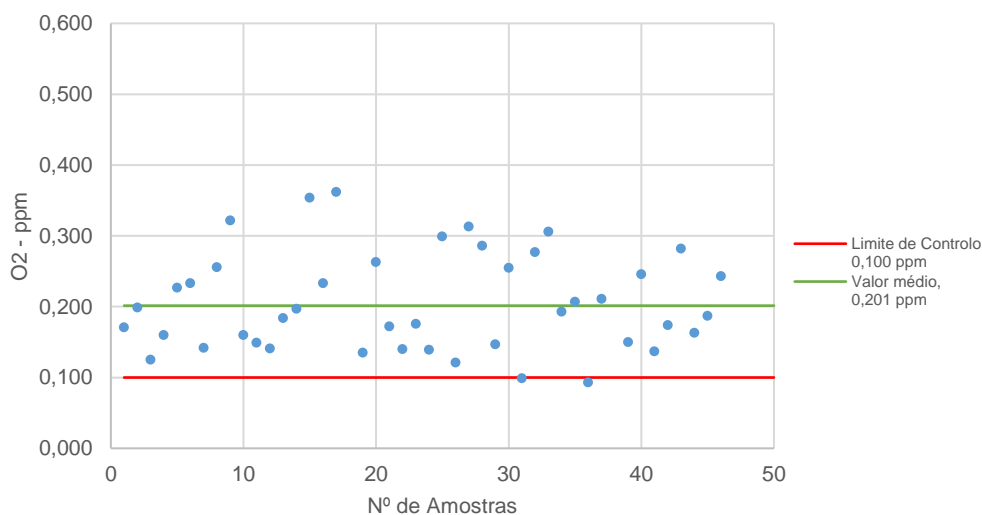


Figura 4.18-3º ensaio: resultados de “Pick-up” de Oxigénio, após a redução do comprimento dos bicos para 95,2 mm (semana 20 a 23)

Em simultâneo analisaram-se os volumes de líquido das mesmas amostras e confirmou-se o esperado, os resultados do C. efetivo aumentaram (**figura 4.19**). Os resultados encontram-se dentro do intervalo admissível e 30 das 43 amostras analisadas estão compreendidos entre 199 e 200 ml aumentando assim a média dos resultados cerca em 2ml aproximando-se dos 200ml

4. Apresentação e discussão de resultados

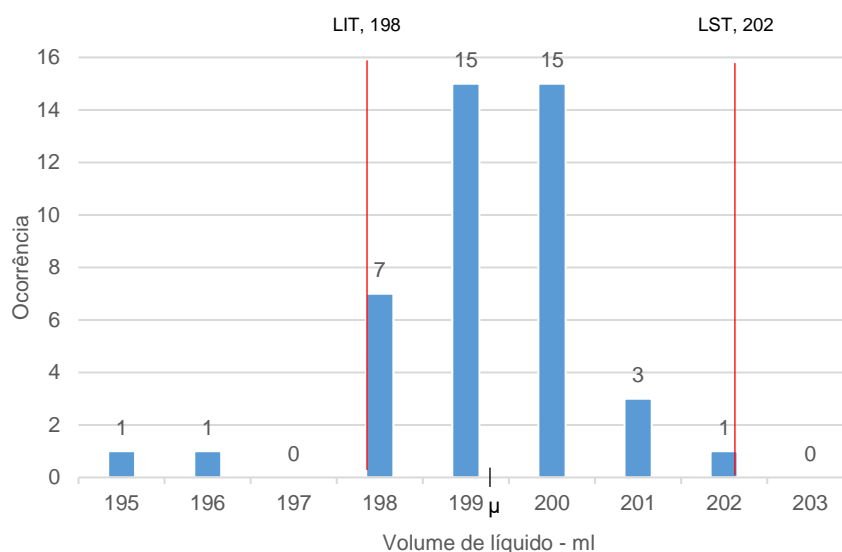


Figura 4.19-3º ensaio: resultados de conteúdo efetivo, após a redução do comprimento dos bicos para 95,2 mm (semana 20 a 23) com uma média de 199,15 ml (μ)

Face ao desfecho da análise de resultados de “Pick-up” de Oxigénio e C. efetivo, não foi possível concluir concretamente a influência da redução do comprimento dos bicos de enchimento. Foi necessário realizar mais estudos sobre este parâmetro uma vez que **0,4** mm poderia ser uma redução pouco significativa para o processo de enchimento. Sem qualquer base para a nova medida a testar, foi decidido realizar um ensaio “às cegas” e reduzir mais **2** mm (**2,4** mm face ao padrão) ao comprimento dos bicos de enchimento sendo agora de **93,2** mm.

2ª Redução do comprimento dos bicos de enchimento, 93,2 mm (4º Ensaio)

É expetável que com esta redução o nível de “Pick-up” diminua significativamente, mas sempre acompanhando o impacto no C. efetivo. Ao longo do 4º ensaio analisaram-se 59 amostras e os resultados de “Pick-up” e C. efetivo estão apresentados nas **figuras 4.20** e **4.21** respetivamente.

É possível verificar que ao reduzir para 93,2 mm de comprimento, os níveis de Oxigénio no espaço vazio diminuíram, obtendo pela primeira vez valores inferiores a **0,1** ppm. A média dos seus resultados, **0,116** ppm, reduziu em **28%** face à média do 2º ensaio que equivale a **-0,046** ppm e **43%** face ao 3º ensaio, **-0,086** ppm.

Estes resultados demonstram que as reduções das dimensões dos bicos de enchimento melhoram os níveis de “Pick-up” e que no 3º ensaio este efeito não se verificou porque uma redução de **0,4** mm não tem grande impacto no Oxigénio do produto acabado.

4. Apresentação e discussão de resultados

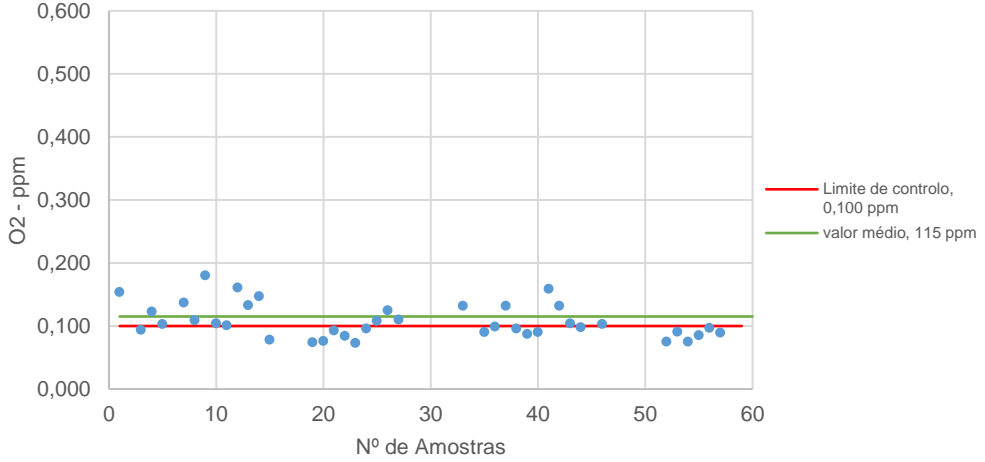


Figura 4.20-4º ensaio: resultados de “Pick-up” de Oxigénio, após a redução do comprimento dos bicos para 93,2 mm (semana 24 e 25)

Contrariamente aos resultados de “Pick-up” de Oxigénio, no 4º ensaio o impacto do comprimento dos bicos de enchimento afetou negativamente o volume das amostras. A média do C. efetivo diminuiu para **198,86** ml e há uma maior dispersão de resultados. Apesar da redução da média ser mínima, causada pelas 15 amostras distribuídas entre 195 e 197 ml, foram analisados todos os resultados de modo a avaliar se os baixos volumes destas amostras foram provocados por outra componente da enchedora ou por um fator externo.

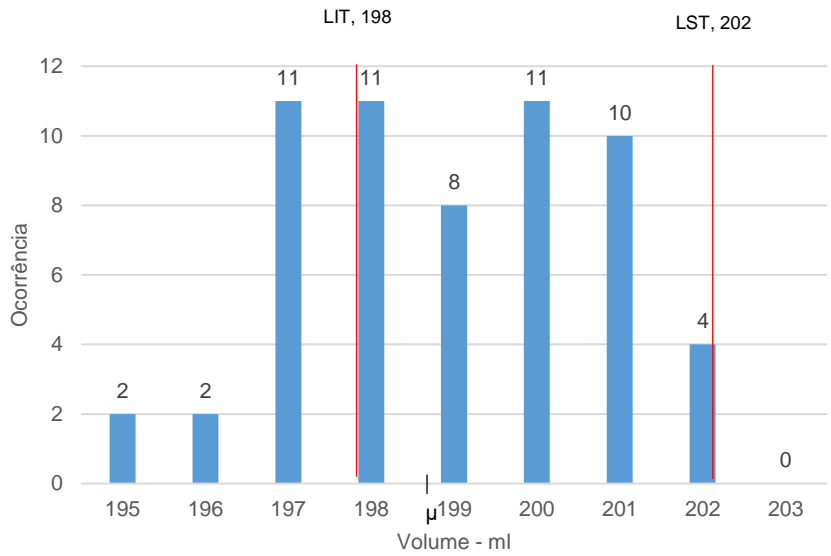


Figura 4.21-4º ensaio: resultados de conteúdo efetivo, após a redução do comprimento dos bicos para 93,2 mm (semana 24 e 25) com uma média de 198,86 ml (μ)

4. Apresentação e discussão de resultados

Na **figura 4.22** estão apenas apresentados 34 das 59 amostras analisadas. Ao interpretar estes valores de C. efetivo, denotou-se que existia uma ligeira diminuição de volume de cerveja nas análises realizadas ao longo do dia. A primeira observação é que essa diferença surge entre as amostras analisadas na parte da manhã e da tarde. Na **figura 4.22a** é possível verificar que **67%** das amostras se situam no intervalo 198 - 200ml com uma média de **198,95** ml. Na **figura 4.22b** as amostras que foram analisadas com apenas algumas horas de distância, estão centradas no volume de 197 ml e com uma média de **197,37** ml.

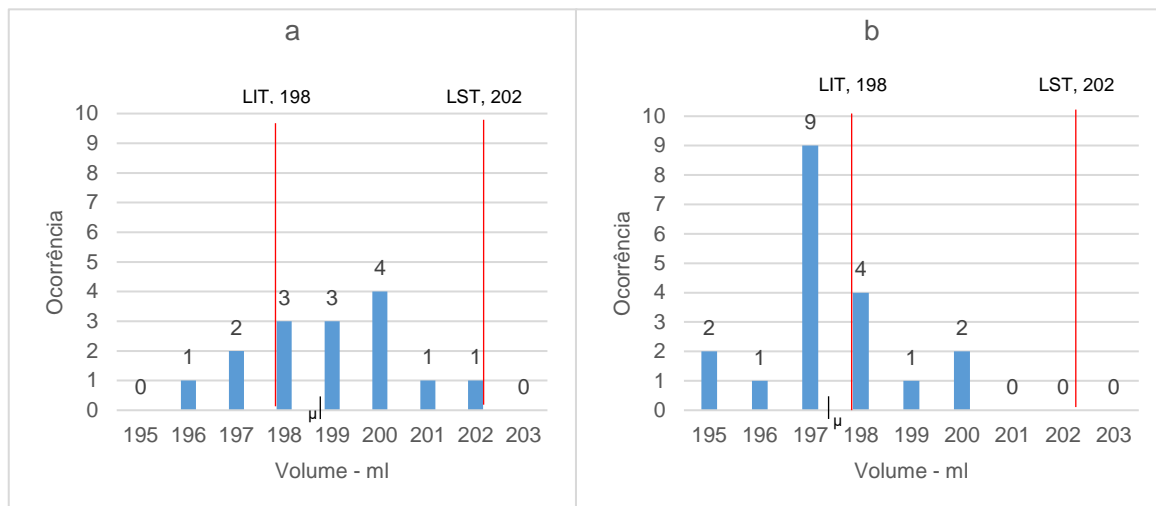


Figura 4.22-4º ensaio (semana 25 dia 19 de julho): comparação de conteúdo efetivo de amostras analisadas, manhã (a) e tarde (b) com uma média (μ) de 198,95 e 197,37 ml, respetivamente

Este fenómeno foi discutido entre a equipa e os enchedores. Uma das possíveis causas poderia ser o aquecimento da cerveja na cuba da enchedora. Isto deve-se ao facto de a solubilidade do CO₂ diminuir com o aumento da temperatura, libertando mais Dióxido de Carbono e consequentemente formar mais espuma. Com o espumar da cerveja, o volume de líquido tende a diminuir. Esta elevação de temperatura pode ser causada por duas situações [26]:

- **Recolha de amostras:** sempre que eram recolhidas amostras nas posições selecionadas da enchedora, era necessário parar o processo de enchimento. Estas paragem obrigava a cerveja permanecer dentro da cuba durante um determinado tempo e sem a renovação ou passagem de nova cerveja (a temperaturas mais baixas), o líquido aquecia.
- **Temperatura ambiente:** todos os equipamentos e maquinarias que envolvem toda o processo de enchimento, além de existir mais de uma linha de enchimento no mesmo espaço, se encontram na mesma área o que provocada um aumento de temperatura no meio envolvente. Além disso, estas amostras foram recolhidas durante o Verão, na semana 25 onde as temperaturas exteriores em Vialonga atingiram cerca de 33°C. Apesar de existir um sistema de

4. Apresentação e discussão de resultados

climatização na área de enchimento, a temperatura que envolve a enchedora foi afetada pela temperatura ambiente fora das instalações.

Não foi possível determinar a principal causa, mas acredita-se que ambas as situações poderão ter contribuído para a redução do C. efetivo durante a tarde.

De modo a comprovar o impacto da temperatura, também foram analisados os volumes recolhidos na mesma semana durante a manhã. Na **figura 4.23** estão apresentados os C. efetivos de 10 amostras. A média é de **199,48 ml** e os valores estão compreendidos entre 198 e 202 ml.

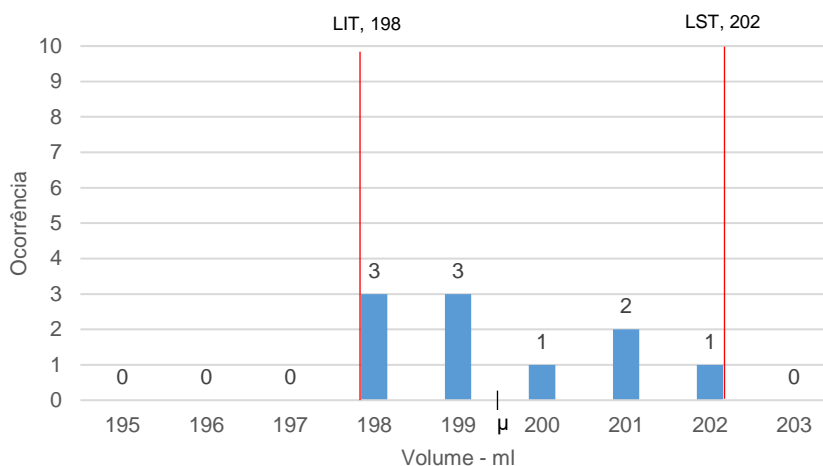


Figura 4.23-4º ensaio (semana 25 dia 20 de julho): resultados de conteúdo efetivo, parte da manhã com uma média de 199,48 ml (μ)

No final deste ensaio, foi possível verificar que a redução do comprimento dos bicos de enchimento melhorou significativamente os níveis de “Pick-up” de Oxigénio e de C. efetivo. Mas apesar destas melhorias, a concentração de Oxigénio no espaço vazio continua a não respeitar um dos objetivos, média < **0,1 ppm**, e o impacto da temperatura pode afetar negativamente o enchimento de milhares de garrafas pelo que foi decidido realizar um ensaio encurtando mais **1 mm**, para **92,2 mm** (menos **3,4 mm** em relação ao padrão).

3ª Redução do comprimento dos bicos de enchimento, 92,2 mm (5º Ensaio)

Ao longo do 5º ensaio foram analisadas 37 amostras de “Pick-up” de Oxigénio e 73 de C. efetivo, os resultados estão presentes nas **figuras 4.24 e 4.25**.

Entre as amostras analisadas, **27** que equivale a **73%**, têm um nível de Oxigénio no espaço vazio inferior a **0,1 ppm** e o valor máximo obtido foi de **0,118 ppm**, diminuindo a média de **0,115** (4º ensaio) para **0,080 ppm**.

4. Apresentação e discussão de resultados

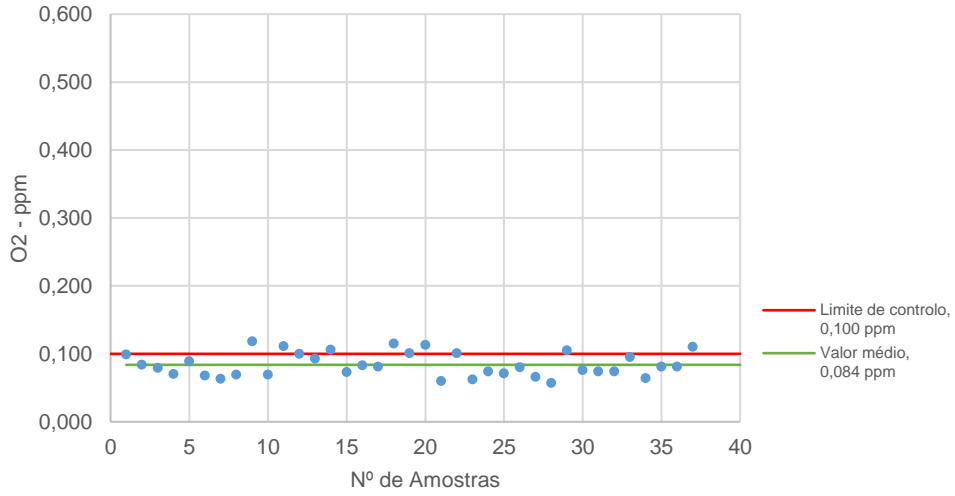


Figura 4.24-5º ensaio: resultados de “Pick-up” de Oxigénio, após a redução do comprimento dos bicos para 92,2 mm (semana 26 a 28)

Também impactou o C. efetivo, mas desta vez de forma positiva. Houve um incremento na média das 73 amostras analisadas de **0,18 ml**, passando agora a ser de **199,04 ml**. Menor dispersão de resultados, cerca de 90% do volume encontra-se compreendido no intervalo admissível com apenas 7 amostras com valores inferiores ao LIT.

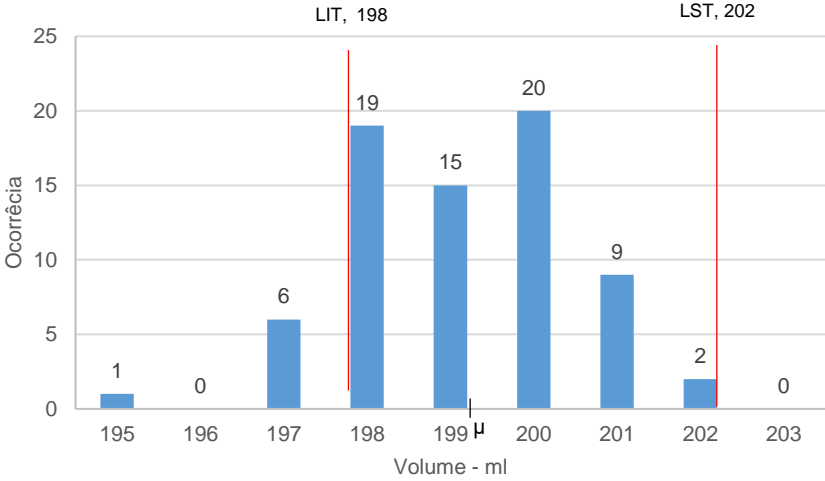


Figura 4.25- 5º ensaio: resultados de conteúdo efetivo, após a redução do comprimento dos bicos para 92,2 mm (semana 26 a 28) com uma média de 199,04 ml (μ)

4. Apresentação e discussão de resultados

Apesar das melhorias verificadas no processo, o processo de enchimento continua a não ser um processo ideal. Ao analisar o Cp e Cpk com a nova medida de bicos de enchimento, a enchedora continua a ser um processo incapaz por apresenta uma grande dispersão de resultados e o não está centrado no valor de referência de 200 ml, sendo este um processo insatisfatório (**tabela 4.14**).

Tabela 4.14-Resumo de resultados do 5º ensaio, após a redução do comprimento dos bicos de enchimento para 92,2 mm (semana 26 a 28)

5º Ensaio - Bicos de Enchimento 92,2 mm						
Semana	Bico de Enchimento	Média por bico de enchimento ml	Média Total ml	S	Capacidade CP	Centralizado CPK
26	8	198,85	199,04	1,64	0,41	0,21
27	9	199,09				
28	10	199,69				
29	11	198,42				
29	12	199,12				

Resumo de Resultados

a) **Níveis de “Pick-up” de (figura 5.26)** – Após a última redução do comprimento dos bicos de enchimento para 92,2 mm na semana 26 verificou-se uma redução de 58% na média de resultados entre a semana 18 e 27. Nas semanas 26 e 27, 5º ensaio, o valor máximo de concentração de “Pick-up” foi **0,118 ppm** ($\leq 0,25$ ppm) e a média de resultados, com bicos de enchimento de **92,2 mm** foi **0,084 ppm** ($\leq 0,1$ ppm), respeitando os limites de controlo estabelecidos.

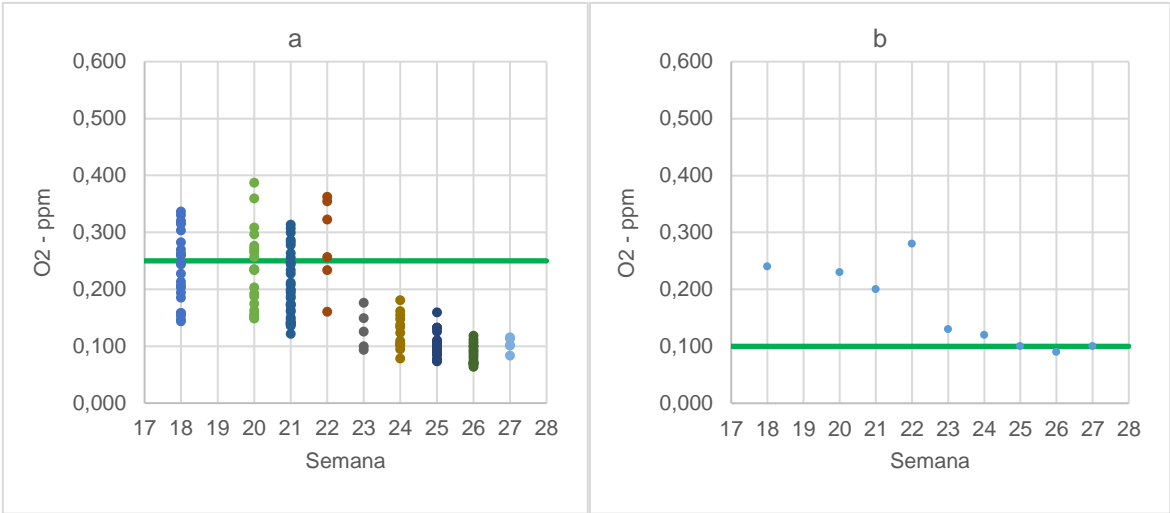


Figura 4.26-Resumo dos resultados de “Pick-up” de Oxigénio ao longo do período de atividade da equipa de melhoria TPM, individual (a) e médio (b)

4. Apresentação e discussão de resultados

b) TPO (figura 4.27) – Com a aplicação da última ação de melhoria, verificou-se uma redução de **49%** na média de resultados entre a semana 18 (a ppm) e as semanas 26 e 27, 5º ensaio (x ppm), uma diferença de **0,260** ppm. O objetivo principal da equipa de melhoria TPM era reduzir o TPO para níveis inferiores a 0,2 ppm. Não foi possível atingir o valor desejado, mas uma vez que o trabalho apenas incidiu-se sobre o modo de defeito “Pick-up” de Oxigénio e este foi bem-sucedido, ou seja, o TPO continua acima do limite estabelecido devido ao modo de defeito Oxigénio Dissolvido que não foi analisado por esta equipa.

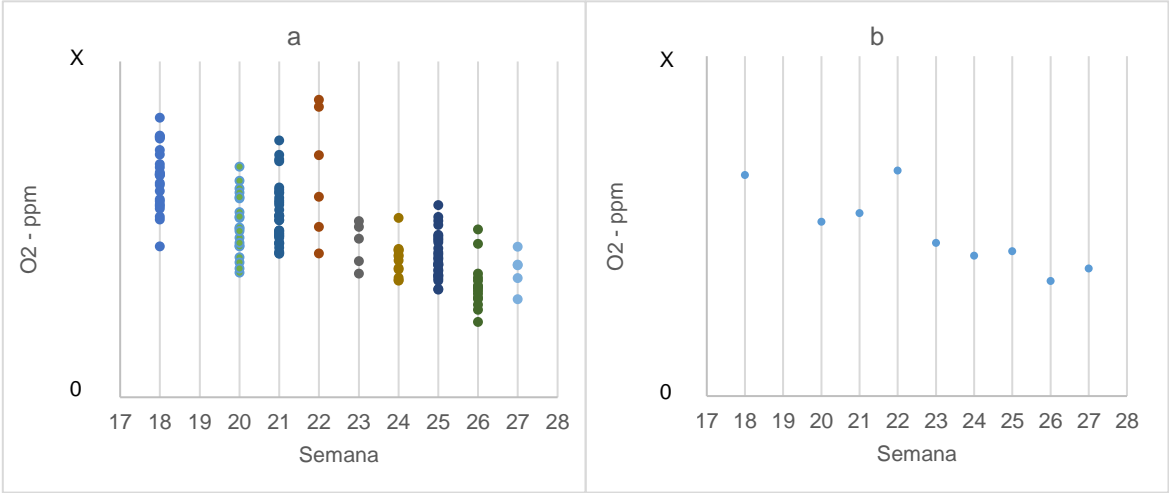


Figura 4.27-Resumo de resultados de TPO das amostras analisadas ao longo do período de atividade da equipa de melhoria TPM, individual (a) e médio (b)

c) C. efetivo (figura 4.28) – 90% dos resultados do 5º ensaio estão dentro dos limites admissíveis com uma média superior **199** ml. Apesar de não ser considerado um processo capaz uma vez que o Cp e Cpk são baixos, verificou-se uma melhoria no valor médio de C. efetivo passando de 197, 56 ml para 199,04 ml. É uma melhoria significativa, mas não ideal (200 ml). Contudo o processo de enchimento conseguiu atingir os níveis de “Pick-up” de Oxigénio desejados pelo que não foram realizados mais ensaios sobre o comprimento dos bicos de enchimento.

4. Apresentação e discussão de resultados

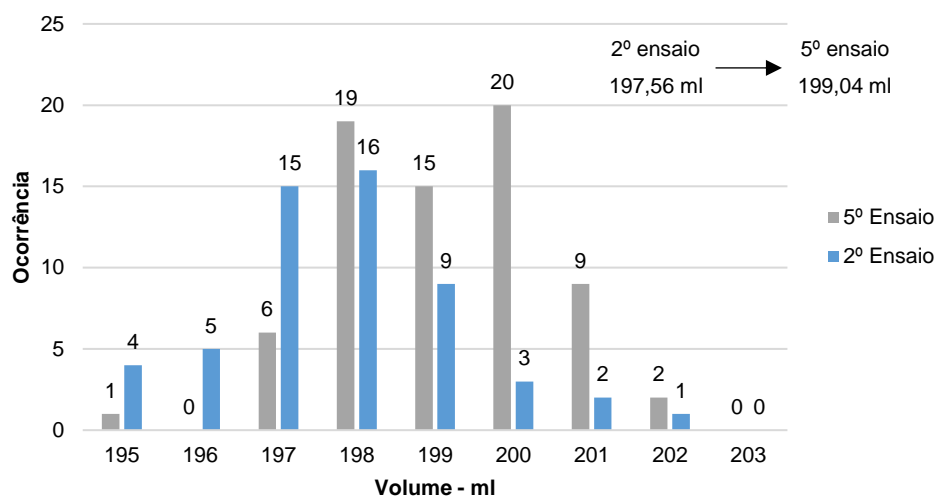


Figura 4.28-Comparação de C. efetivo entre o 2º e o 5º ensaio

Matriz QA Final

Com os resultados obtidos com nos vários ensaios e as análises 5 Porquês, foi contruído uma nova Matriz QA final (**figura 4.29**), onde foram mantidas todas as etapas do percurso da cerveja, o peso sobre cada modo de defeito (apesar de não ter sido aplicado nenhuma ação de melhoria sobre o Oxigénio Dissolvido) e o peso atribuído sobre cada uma das etapas.

Os resultados considerados para os modos de defeito fora de especificação foram as 37 amostras analisadas no 5º ensaio. Onde, **9** continham um nível de Oxigénio no espaço vazio acima do limite de controlo e nenhuma com o nível de Oxigénio Dissolvido abaixo de **0,1** ppm. É possível verificar através da Matriz QA final que a nova etapa crítica considerada é o **Pasteurizador Flash** que está presente na área de enchimento, mas apenas tem impacto no Oxigénio Dissolvido na cerveja uma vez que este composto é consumido durante a pasteurização. Posto isto, verificou-se a inversão do modo de defeito mais impactante, passando agora a ser o OD aquele que mais contribui para o elevado nível de TPO.

4. Apresentação e discussão de resultados

Diagramas de Pareto da Matriz QA final

De modo a facilitar a análise e a compreensão da matriz QA, foram construídos vários diagramas de Pareto que apresentam as principais causas e a atribuição dos 5M (diagrama causa-efeito) para o elevado nível de TPO.

Modos de defeito: a figura 4.30 representa o contributo que cada etapa tem sobre os modos de defeito analisados. Segundo a análise de Pareto, verificou-se quais as etapas mais críticas que têm um grande impacto nos níveis de Oxigénio Dissolvido do produto acabado. As principais causas consideradas são, o Pasteurizador Flash na área de enchimento que apenas tem impacto nos níveis de Oxigénio Dissolvido e a medição das amostras após a recolha que também impacta os níveis de “Pick-up” mas maioritariamente o Oxigénio Dissolvido. Através deste diagrama, é possível confirmar que após todas ações de melhoria aplicadas, o modo de defeito, Oxigénio Dissolvido, tornou-se o mais crítico para o elevado nível de TPO

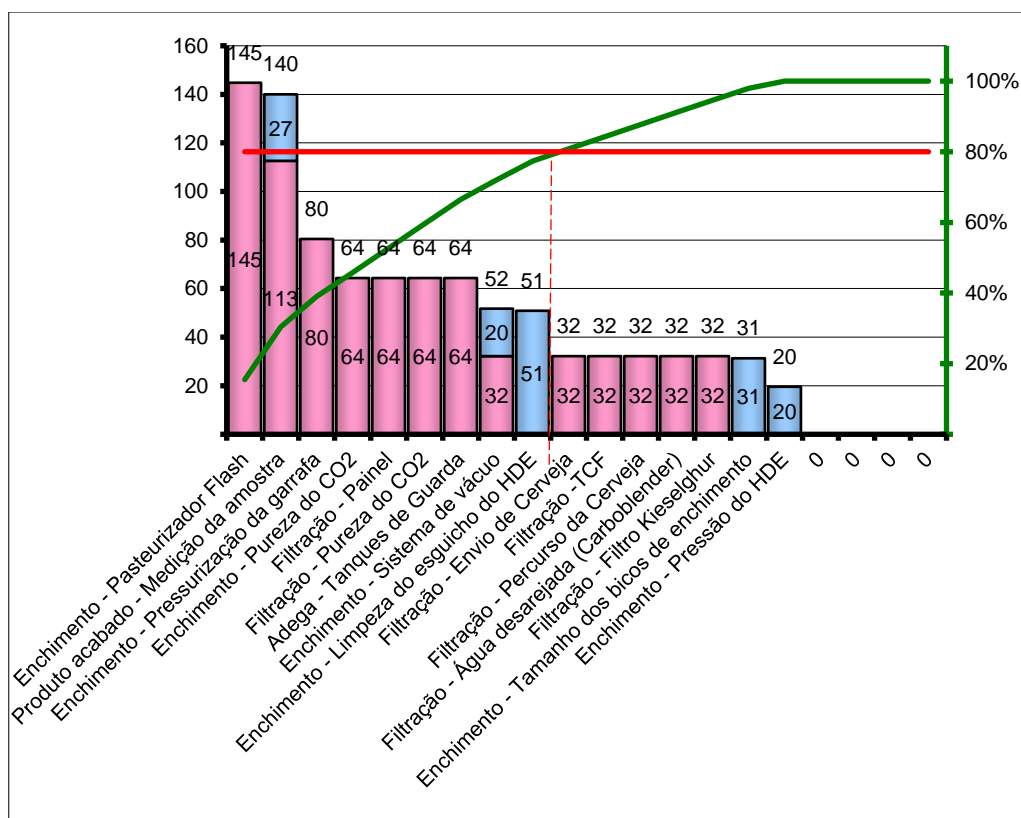


Figura 4.30-Diagrama de Pareto: Análise das etapas do percurso da cerveja por modo de defeito, gerado pela matriz QA final

Distribuição dos 5M ao longo do percurso da cerveja: as figuras 4.31 e 4.32 analisam os 5M atribuídos a cada etapa do percurso da cerveja podendo ser originada pelo **Meio Ambiente, Material, Mão-de-Obra, Método** e/ou **Máquina**. Como concluído no **Diagrama de Pareto dos Modos de defeito**, o Pasteurizador Flash e a medição das amostras são as principais causas para o elevado nível

4. Apresentação e discussão de resultados

de OD com **145‰** e **140‰** respetivamente. A causa provocada na área de enchimento é originada principalmente por problemas de **materiais (80‰)**, onde a cerveja pode ser enviada do TCF com níveis de OD elevados. Com o mesmo peso (**32‰**), **mão-de-obra**, as parametrizações podem, por vezes, ser definidas incorretamente pelos enchedores e **método**, as condições de pasteurização do Pasteurizador Flash devem ser atualizadas. A falha verificada para o produto acabado é provocada pela mão-de-obra (**40‰**), as amostras não devem ser agitadas antes de cada medição e é necessário ter sempre o cuidado no transporte das mesmas entre a enchedora e o equipamento de medição e **Método (100‰)** onde é necessário garantir que o equipamento de medição usado está calibrado e que não produza falsos resultados.

Na análise do diagrama dos modos de defeito não foi identificada a etapa da pressurização da garrafa como crítica na influência no nível de TPO pois comparativamente ao impacto das duas etapas mais críticas, é quase metade. Mas ao analisar o diagrama dos 5M, verificou-se que apenas é causada por um M, **material** com um peso de 80‰.

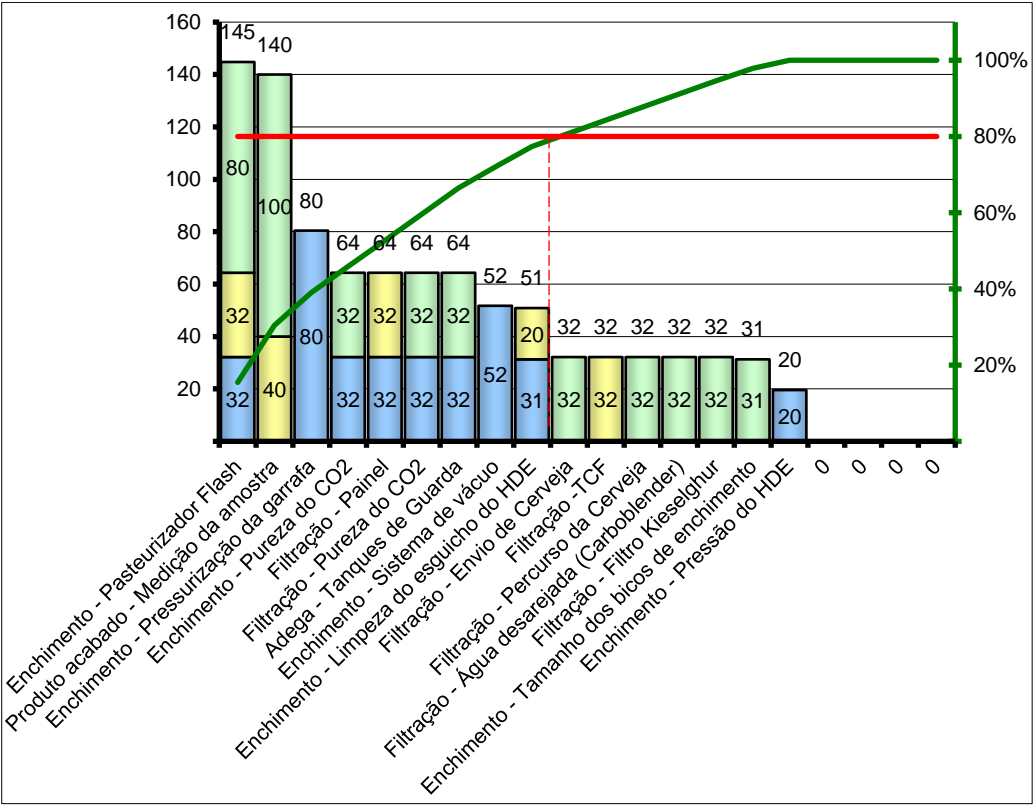


Figura 4. 31-Diagrama de Pareto: análise das etapas do percurso da cerveja através contribuição acumulada dos 5M, gerado pela Matriz QA final

Na **figura 4.33** está apresentado a distribuição dos 5M atribuídos às diversas etapas. O M que mais impacta o problema do trabalho atual é o **material**, com cerca **46%**. Em seguida o **método** com **37%** e por fim a **mão-de-obra** com **17%**. Não foram identificadas nenhuma causa relacionada com o meio ambiente ou máquina.

4. Apresentação e discussão de resultados

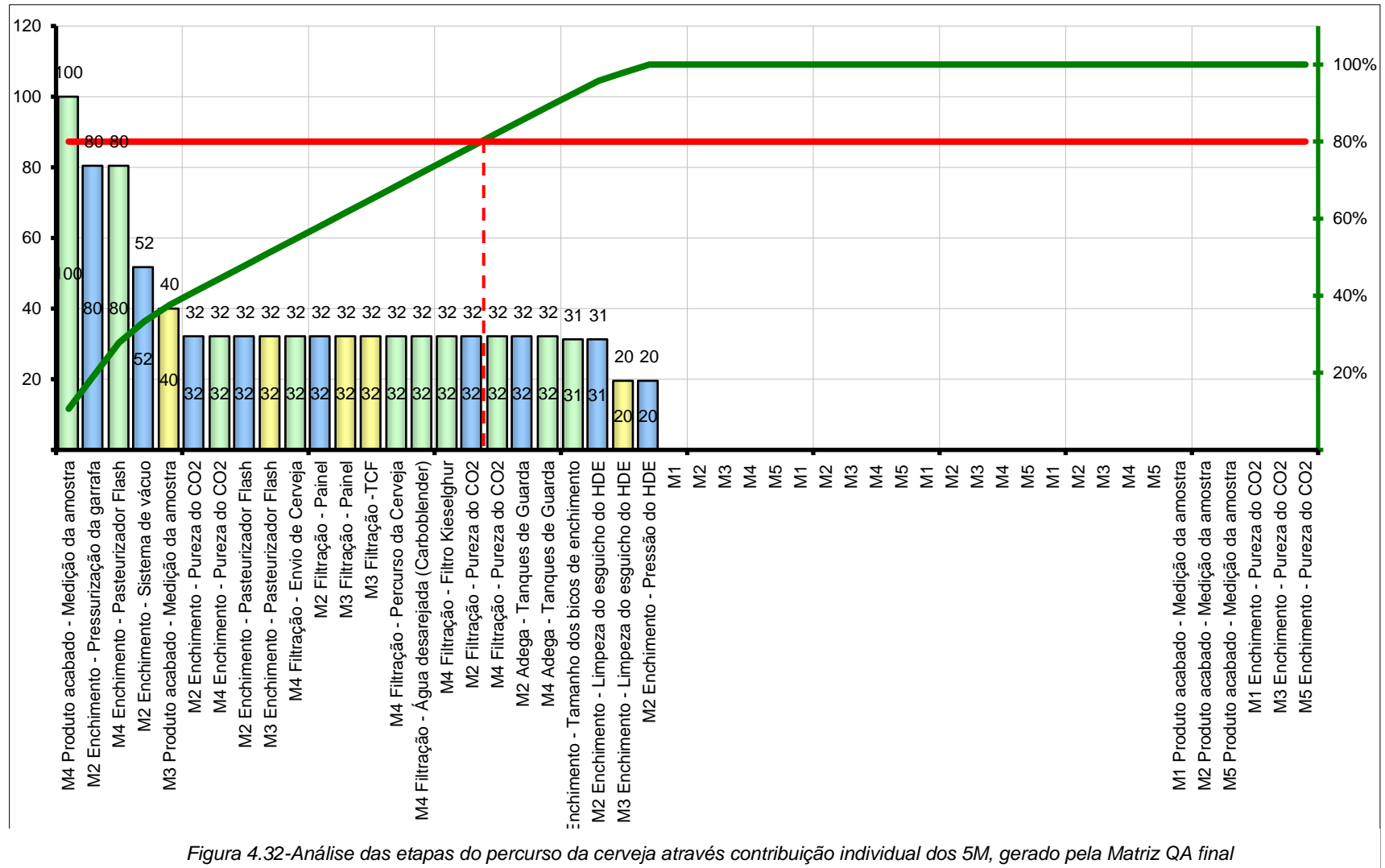


Figura 4.32-Análise das etapas do percurso da cerveja através contribuição individual dos 5M, gerado pela Matriz QA final

4. Apresentação e discussão de resultados

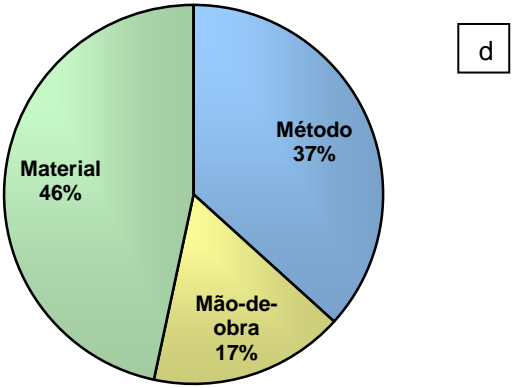
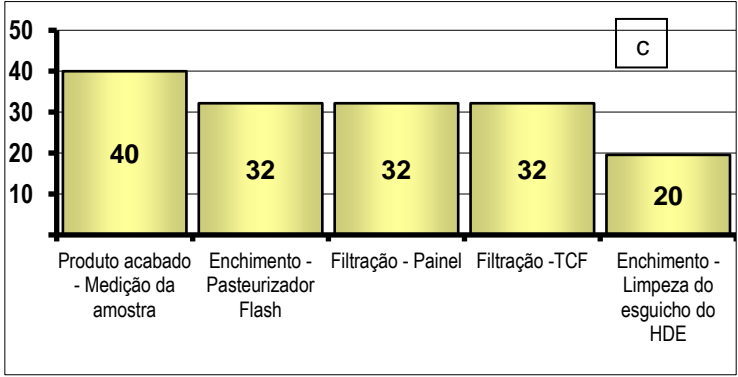
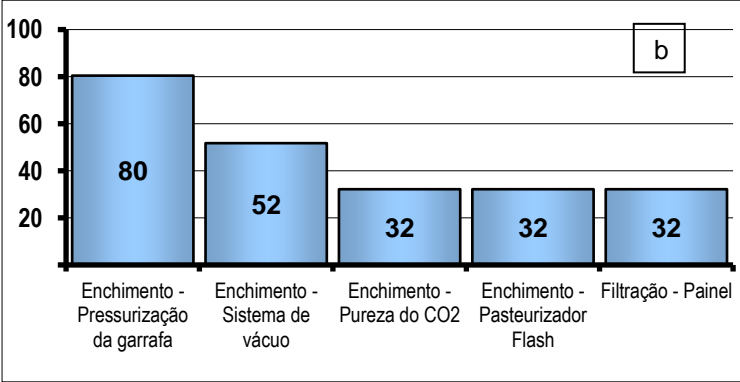
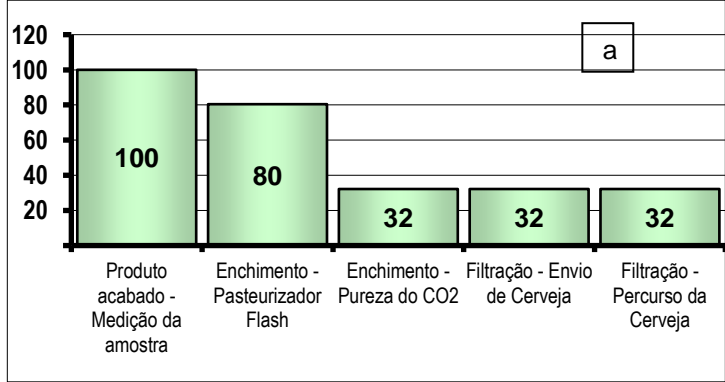


Figura 4.33-Distribuição dos 5M aplicados ao percurso da cerveja: material (a), Método (b) e Mão-de-obra (c); peso em percentagem de cada M

4. Apresentação e discussão de resultados

4.4.4 Atividade 4: Implementação de ações de melhoria

Plano ação

No final da atividade 3 foram implementadas ações de melhoria tendo em conta os resultados obtidos ao longo dos ensaios aos pilotos na enchedora. De maneira a manter os bons resultados, na atividade 4 foram propostos a criação de **propostas de melhoria**, alteração de **LUP** e um sistema de treinamento para qualquer membro que possa ocupar o posto de enchedor.

LUP

O primeiro passo como ação de melhoria foi a manutenção do variador de pressão e no seguimento do mesmo, após todos os testes realizados na atividade 3, foi necessário alterar a LUP das pressões de parametrização do sistema de HDE. O documento **Área da Qualidade, Pressão da enchedora** deve ser respeitada sempre que é enchido esta cerveja engarrafada. As pressões “*standard*” estão apresentadas na **tabela 4.12**.

As pressões definidas como “*standard*” eram as mesmas que estavam parametrizadas no painel, pelo que não foi necessário proceder à sua alteração. O documento completo está presente no **Anexo XIV**.

Proposta de Melhoria

- **Alinhamento do braço do HDE**

No seguimento da atividade 2, áreas críticas, foi criada uma proposta de melhoria para o alinhamento do braço do esguicho de HDE. A centralização do esguicho irá permitir que o jato de água incida no centro da garrafa tentando assim, garantir que a cerveja espume uniformemente até ao topo da embalagem.

A proposta foi submetida, mas não aprovada até ao término do estágio pelo que até à data não foi possível analisar o impacto do mesmo sobre os níveis de Oxigénio e C. Efetivo. Na **figura 4,34** está apresentada uma ilustração do posicionamento atual do braço e como deverá ficar assim que for possível proceder ao seu alinhamento.

A proposta de melhoria está presente no **Anexo XV**.

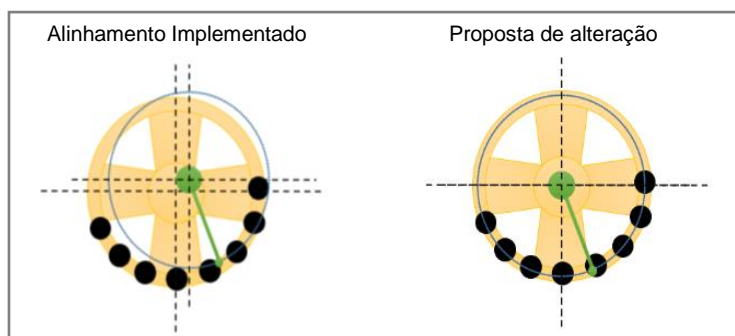


Figura 4.34-Proposta para o alinhamento do eixo do braço do sistema de HDE

4. Apresentação e discussão de resultados

Escrita de Métodos

Como referido no capítulo **4.4.3 Atividade 3: Descobrir as causas raízes dos defeitos atuais (Recolha de amostras)**, as análises de TPO e “*Pick-up*” de Oxigénio foram realizadas no equipamento TPA. No seguimento da validação da medição de Oxigénio, foi planeado e descrito a verificação periódica do aparelho (**Anexo III**).

Formação

Os enchedores já têm formação prévia e aquisição de conhecimento do funcionamento da enchedora ao longo do período de atividade nas instalações de Vialonga. Já estão preparados para operar com as novas pressões atualizadas na LUP apenas foi necessário informar que no arranque do processo de enchimento deste produto é necessário certificar que o multiplicador se encontra a x%. Após o arranque, caso seja necessário, o enchedor sabe que poderá alterar mediante os resultados obtidos nas análises periódicas.

Como foi verificado que o injetor fica obstruído regularmente, foi comunicado aos enchedores que é necessário inspecionar regularmente o esguicho de HDE e caso necessário proceder à sua limpeza. Ainda que esta verificação dependerá da sensibilidade do enchedor, tentou-se comunicar a todos os operadores (experientes ou inexperientes) para terem atenção e caso necessário advertir algum colega para solicitar a sua assistência.

Por fim, no Método e IT para a medição de amostras no equipamento TPA, está descrito que não é necessário agitar as amostras para a análise dos níveis de Oxigénio. Porém, inconscientemente, os enchedores ao retirar uma amostra da linha de enchimento ou durante o transporte das mesmas podem agitar a garrafa pelo que foi comunicado aos diversos operadores para terem mínimo de cuidado quando forem realizar as análises.

4.4.5 Atividade 5: Análise de cada defeito

A atividade 5 visa no acompanhamento dos resultados obtidos após aplicar as ações de melhoria propostas, analisar e solucionar as possíveis causas dos defeitos.

Acompanhamento dos resultados

Como referido, os enchedores analisam sempre amostras no início de cada turno, sempre que é mudado o TCF da filtração e quando é alterado a ordem de enchimento. Devem sempre registar 3 parâmetros, Dióxido de Carbono, Oxigénio Dissolvido e TPO (**figura 4.35**).

4. Apresentação e discussão de resultados

Caracterização da Amostra							
Data		Turno		Linha		Hora	
Produto		Lote		Tanque			
Resp.		Garrafa		Avaliação AC			
CO ₂ (g/l)							
Oxigénio Dissolvido (ppb)							
mg/L							
TPO (ppb)							
mg/L							

Figura 4.35-Template de registo da concentração de CO₂ e Oxigénio

Aproveitando esse mesmo registo, é possível calcular o valor de “Pick-up” de cada amostra e assim acompanhar diariamente os níveis de Oxigénio presente no espaço vazio. Na figura 4.36 é apresentado um exemplo de registo diário.

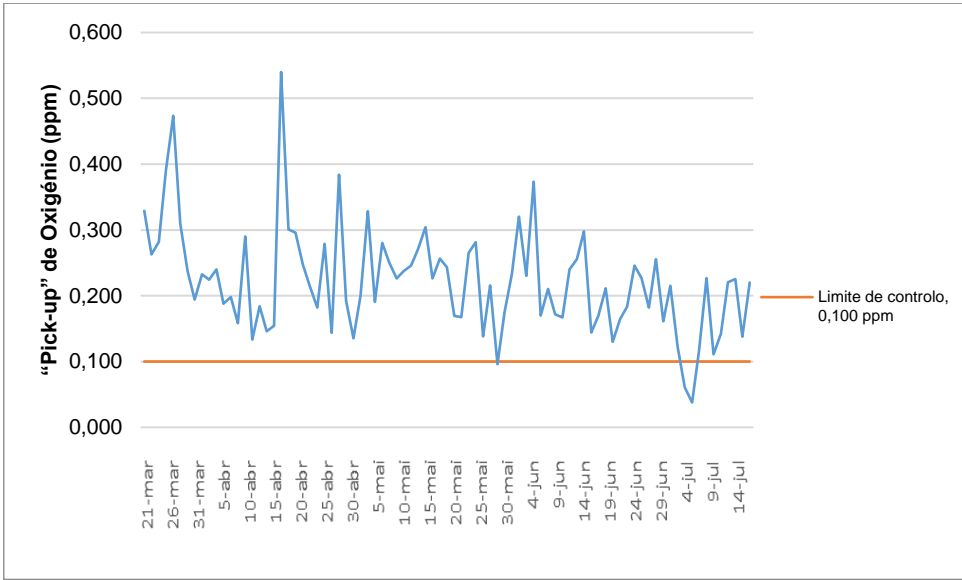


Figura 4.36-Exemplo de um de registo e controlo diário da média de resultados de “Pick-up” (deve ser <0,1ppm)

4. Apresentação e discussão de resultados

““Troubleshooting””

Foi criado um documento de ““Troubleshooting”” (**figura 4.37**) onde os enchedores devem seguir caso se deparem com valores de “*Pick-up*” de Oxigénio fora dos limites de controlo, isto é, uma amostra com níveis de Oxigénio no espaço vazio superior a **0,25 ppm** e/ou se a média diária for superior a **0,1 ppm**. Isto porque são os operadores que têm um contato regular com as amostras retiradas diretamente da enchedora e poderão advertir ou solucionar rapidamente caso ocorra um dos casos mencionados.

Na **figura 4.37** é apresentado o documento de ““Troubleshooting”” da enchedora. Inicialmente foram definidos os defeitos a analisar, valor máximo de “*Pick-up*” e média diária, em seguida os parâmetros que devem verificar e por quem deve ser realizada a tarefa de modo a erradicar ou minimizar o problema encontrado. Para solucionar cada problema, existem “*standards*” pré-definidos e deverão seguir os procedimentos até todos os parâmetros se encontrarem de acordo com os valores estipulados.

4. Apresentação e discussão de resultados

Nº : 1		Linha			Máquina: Enchedora						
Ferramenta de Troubleshooting							1 Modo de Defeito	Média de valores O ₂ "Pick-up" < 0,1mg/l (diário)		Valor individual de TPO < 0,250 mg/l (num dia)	
Pick up de oxigénio											
2 Parâmetros do processo											
Ponto de verificação	Impato S , Q ou E	Parâmetro a verificar	Quem			Standard	Ordem de verificação	Resultado	Ordem de verificação	Resultado	
			Enchedor	Técnico de manutenção	Técnico de Qualidade						
1	Q	Verificar equipamento de medição (TPA)	X		x	Verificar lata teste	1		1		
2	Q	Voltar a controlar com um segundo equipamento (TPA)	X		x	O valor deverá ser idêntico ao da primeira análise	2		2		
3	Q	Pressão de HDE (Set Point)	x			LUP x	3		3		
4	Q	HDE obstruído	x			LUP x	4		4		
5	Q	Temperatura da água do HDE	x			Temperatura: x°C	5		5		
6	Q	Alinhamento do HDE	x			Gestão visual da área	6		6		
7	Q	Valor de pressão de vácuo	X			< x Bar	7		7		

Figura 4.37-“Troubleshooting” do processo de enchimento caso o “Pick-up” de Oxigénio das amostras analisadas esteja fora das especificações

4. Apresentação e discussão de resultados

4.4.6 Atividade 6: Melhorar o sistema da qualidade do processo para manter os resultados

CILT

Foi verificado na atividade 2, juntamente com os membros das equipas da área do enchimento, que o esguicho do HDE se encontrava obstruído regularmente devido à intensidade de enchimento e à espuma da cerveja. De modo a manter os bons resultados de “Pick-up” ao longo do enchimento do produto, é necessário remover toda a obstrução/resíduos presente no esguicho de HDE. Apesar de já ter sido comunicado ao enchedores, é fundamental alterar o CILT que está fixado e à vista de qualquer operador na área de enchimento.

Ponto Q

Na atividade 6 foram identificadas 8 causas possíveis que ameaçam o bom funcionamento da enchedora (tabela 5.16) mas apenas duas foram consideradas críticas. **Pressão incorreta de água por obstrução do injetor e Temperatura incorreta da água.** Em ambos os casos, o total apresentado das 5 condições é 15 e foi atribuída a pontuação de 1 à condição de **monitorização**, ou seja, nem sempre é fácil identificar se a componente está ou não a operar corretamente. No caso da obstrução do esguicho de HDE, atualmente existe um manómetro de pressão no **local “a”** e a resposta é transmitida para o painel de comando. Uma vez que a obstrução ocorre numa zona posterior ao manómetro, a pressão lida na enchedora não é o valor real. Já no segundo caso, verificou-se que não existem desvios significativos na temperatura da água e o seu valor também é lido no painel de comando através do um manómetro disposto no **local “a”** juntamente com o de pressão (**figura.4.38**)

De modo a prevenir qualquer erro na leitura realizada pelos manómetros de pressão e temperatura, foi criada uma proposta de melhoria para colocar novos manómetros na zona de obstrução. (**Anexo XVI**)

a) Colocação do manómetro de pressão

O aparelho tem o intuito de facilitar a identificação da obstrução por qualquer membro, principalmente do enchedor. Quando o esguicho de água está obstruído, a pressão interna na zona do bloqueio irá aumentar significativamente face à pressão atual e o enchedor deverá proceder à sua limpeza

b) Colocação do manómetro de temperatura

Esta ação apenas tem intuito de prevenir qualquer erro de leitura e garantir que opera sempre à mesma temperatura.

4. Apresentação e discussão de resultados

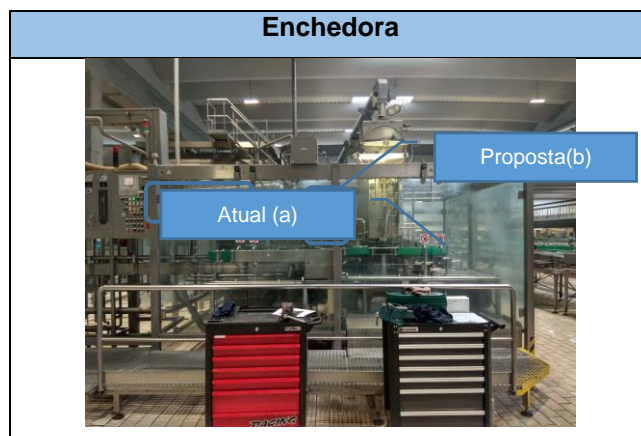


Figura 4.38 Localização dos manómetros atuais (a) e propostos (b) no sistema de HDE

Na **figura 4.39** é apresentado uma ilustração da colocação dos dois manómetros no esguicho de HDE. A proposta de melhoria foi submetida e aprovada até à data de fim de estágio, mas a colocação dos mesmos apenas será efetuada após todo o material necessário ser reunido e houver disponibilidade da linha de enchimento.

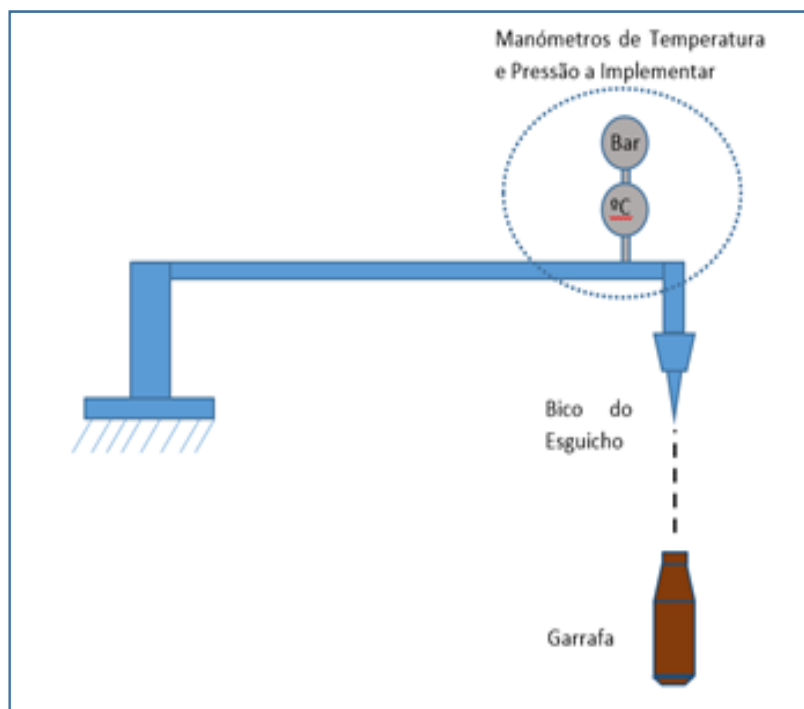


Figura 4.39-Posicionamento dos novos manómetros de pressão e temperatura no esguicho do HDE

4. Apresentação e discussão de resultados

Tabela 7.1-Identificação dos pontos de qualidade da enchedora

Nº	Área / Linha	Modo de Defeito	Máquina	Comp.	Função do Processo	Causa/ Condição	Medidas para repor condição básica	Relevância (1-3-5)	Existe Standard ? (s/n)	Ref. standard	Situação das condições (5 perguntas para zero defeitos)						Ações	Quem	Quando	
											Situação	Visibilidade É o parâmetro claro e visível?	Variabilidade e É fácil chegar à condição?	Estabilidade O parâmetro está geralmente dentro de especificação?	Monitorização A variação do parâmetro é facilmente identificada?	Reposição É fácil repor o parâmetro dentro de especificação?				Pontuação Total (robustez das condições)
1	Enchimento / linha	Pick up de O2 >0,1 ppm	Enchedora	HDE	Expulsão do oxigénio do HS por espumagem	Pressão incorreta de água por Set point errado	Repor Set point	5	s	LUP	Atual	5	5	3	5	5	23	na		
2	Enchimento / linha	Pick up de O2 >0,1 ppm	Enchedora	HDE	Expulsão do oxigénio do HS por espumagem	Pressão incorreta de água por obstrução do injetor	Limpeza do injetor	5	s	LUP	Atual	3	5	3	1	3	15	Implementação de um Manómetro de pressão à saída do HDE para alerta de obstrução.	RL	31/07 Aguarda disponibilidade da linha
3	Enchimento / linha	Pick up de O2 >0,1 ppm	Enchedora	HDE	Expulsão do oxigénio do HS por espumagem	Temperatura incorreta da temperatura de água	contactar manutenção	5	n		Atual	3	5	3	1	3	15	Implementação de um Manómetro de temperatura à saída do HDE para alerta de obstrução.	RL	31/07 Aguarda disponibilidade da linha
4	Enchimento / linha	Pick up de O2 >0,1 ppm	Enchedora	HDE	Expulsão do oxigénio do HS por espumagem	Alinhamento incorreto do esguicho	Ajuste do HDE de acordo com gestão visual da linha	5	s	Gestão visual da linha	Atual	5	5	3	3	5	21			
5	Enchimento / linha	Pick up de O2 >0,1 ppm	Enchedora	Sistema de vácuo	Retirada de oxigénio da garrafa	Pressão >	Contactar a manutenção	3	n		Atual	5	5	5	3	3	21			
6	Enchimento / linha	Pick up de O2 >0,1 ppm	Sistema de envio	Tubagens	Sistema de envio	Presença de fugas	Contactar a manutenção	3	n		Atual	3	3	5	3	3	17			
7	Enchimento / linha	Pick up de O2 >0,1 ppm	Enchedora	CO2	Contrapressão de enchimento	Pureza <99,9 %	Avisar a área da qualidade	5	n		Atual	3	3	5	3	3	17			
8	Enchimento / linha	Pick up de O2 >0,1 ppm	Equipamento de medição	Medição de TPO	Controlo de O2	Validação de TPO controlo NOK	Avisar a área da qualidade	5	n		Atual	5	3	5	5	3	21			

4. Apresentação e discussão de resultados

5. Conclusões e propostas de trabalho futuro

5 Conclusões e propostas de trabalho futuro

Sendo a empresa em estudo uma indústria da área alimentar, é crucial controlar e garantir a qualidade de todos os produtos comercializados. Uma das principais causas para o degradamento da cerveja é a elevada concentração de Oxigénio no interior da embalagem que poderá conferir “*off-flavour*”, como o sabor a papel molhado, ou formar resíduos alterando a aparência da cerveja (turvação). Por esta razão, foi criada uma equipa de melhoria TPM com o objetivo de reduzir os elevados níveis de “*Total Package Oxygen*” (TPO) para níveis inferiores a 0,2 ppm

Apenas foi possível planear e realizar os ensaios para a determinação dos níveis de Oxigénio e posteriormente identificar as causas raízes com a aquisição de um novo equipamento, Orbisphere 6110 Total Package Analyser, que analisa a concentração de Oxigénio Dissolvido e Oxigénio do espaço vazio (“*Pick-up*”) em separado, a concentração de Dióxido de Carbono (CO₂) e Ar no Colo.

Orbisphere 6110 Total Package Analyser

Foi avaliada a precisão (“*Relative Standard Deviation*”) e a exatidão (z-score) das medições de CO₂ e Ar no Colo através da comparação do método tradicional, Zahm & Nagel e Hidróxido de Potássio, respetivamente com dois métodos com o equipamento TPA. A validação das análises de Oxigénio foi através dos parâmetros da sensibilidade, precisão e exatidão (erro relativo).

Nas análises de CO₂, o equipamento TPA apresentou melhores resultados de precisão, com o “*Relative Standard Deviation*” (RSD) a variar entre **0,48-0,58** %, e de exatidão com o z-score a variar entre **0,15-0,19** face ao método Zahm & Nagel com RSD superior a **1,20**% e z-score de **-1,58-0,37**. Para a determinação de Ar no Colo, o equipamento apresentou ser mais preciso, com RSD a variar entre **11,61-16,27**% face ao **24,46**% do método tradicional mas o método com Hidróxido de Potássio demonstrou ser mais exato com o z-score de **0,06** face aos valores do equipamento TPA, **0,2-0,32**. Quanto à validação de Oxigénio, a sensibilidade apresentada pelo equipamento TPA é próxima de 1. A precisão foi validada por apresentar uma diferença entre a média de valores reais e teóricos inferior a 20 ppb, **10 a 17** ppb, em toda a gama de volume de ar injetado analisado, 100, 250, 300 e 500 µl e o erro relativo foi 2 e 3% para a gama de concentrações analisadas, que são inferiores ao limite superior de 5%. Através da análise e avaliação da capacidade do equipamento Orbisphere 6110 Total Package Analyser verificou-se que está capacitado para realizar as análises de CO₂ e TPO, não tendo a confirmação total para o Ar no Colo mas uma vez que o equipamento determina a concentração de Co₂ e Ar no Colo em simultâneo, a escolha do melhor método para este último parâmetro poderá depender apenas do método definido como o melhor na validação de Dióxido de Carbono.

Com a validação do equipamento TPA, além de permitir controlar melhor s níveis de Oxigénio do produto acabado, também melhorou as condições de análise e dos analistas. Com este método, tornou o processo de análise mais seguro, contrariamente ao método com Hidróxido de Potássio, este não requer o uso de um composto corrosivo, minimizou os erros associados às análises, o procedimento é praticamente todo automatizado ou seja, não existe a influência da ação humana, reduziu o número de análise de 3 para 2, uma vez que consegue analisar o CO₂ e Ar no Colo numa amostra só e reduziu o

5. Conclusões e propostas de trabalho futuro

tempo total despendido nas análises, por semana o laboratório pode analisar pelo menos 15 amostras perfazendo 30 amostras semanais (CO₂ e Ar no Colo), podendo demorar cerca de 160 minutos (2h20). Os enchedores analisam duas amostras sempre que é necessário e determinam as concentrações de TPO e CO₂, podem demorar cerca de 45 minutos. A aquisição do equipamento TPA, reduziu mais de metade o tempo despendido tanto no laboratório, que passou a analisar 15 amostras para os dois parâmetros em 75 minutos (1h15) como para a área de enchimento que demora apenas 10 minutos para analisar duas amostras.

Um dos grandes desafios na validação foram os problemas relacionados com a manutenção do mesmo. Sendo este um equipamento de alta sensibilidade, as interferências com o sistema interno afetavam as análises, reproduzindo falsos resultados. Por vezes eram obstáculos ultrapassáveis com o conhecimento básico do TPA adquirido ao longo do estágio, mas existiram certas ocorrências que necessitava de uma intervenção por parte da equipa da empresa fornecedora e o tempo de espera podia variar dependendo da disponibilidade do mesmo.

De futuro, será uma mais valia planear ensaios com maior variação de concentração de Oxigénio e Dióxido de Carbono assim como variação das condições de análise de modo a avaliar mais critérios de validação como o Limite de deteção e Limite de quantificação assim como realizar os ensaios R&R. O Ar no Colo não foi totalmente validado pelos resultados inconclusivos, deste modo, será fundamental avaliar a capacidade de cada variável (pressão e volume), para a determinação de Ar no Colo.

Equipa de Melhoria TPM

Primeiramente foram identificados os modos de defeito Oxigénio Dissolvido e Oxigénio no espaço vazio assim como as causas raízes para o elevado nível de TPO. Ao analisar os dados históricos juntamente com a Matriz “Quality Assurance” (QA), verificou-se que o “Pick-up” era o modo de defeito crítico e originado durante o processo de enchimento, pelo que o foco da equipa foi a enchedora da linha de enchimento e o limite de controlo estipulado para este parâmetro é de 0,1 ppm.

A enchedora é um sistema composto por múltiplos componentes que funcionam como um só. Uma falha poderá originar um defeito maior alastrando para as outras fases do processo de enchimento. Através de reuniões, partilha de conhecimentos e realização de ensaios, foram avaliadas as áreas críticas da enchedora de modo aplicar a análise 5 Porquês e Diagramas de Ishikawa. A primeira causa raiz identificada foi a pressão do sistema de HDE. A pressão real era x bar, não correspondia ao valor parametrizado de y bar, e não permitia que a cerveja formasse espuma suficiente para expulsar o Oxigénio no espaço vazio. A segunda causa raiz foi o comprimento dos bicos de enchimento, que controla o nível de conteúdo efetivo e está relacionado com o volume de espaço vazio da embalagem. Os bicos de enchimento eram longos pelo que o nível de líquido era inferior ao desejado e consequentemente o volume de espaço vazio era elevado permitindo o ingresso de mais Oxigénio. Foram planeados e realizados ensaios, variando a pressão e encurtando o comprimento, e com o equipamento TPA previamente validado, foram analisadas diversas amostras em pilotos da enchedora. O sistema de HDE foi solucionado com a manutenção do variador de pressão que mantinha o seu valor sempre constante. Quanto ao comprimento dos bicos de enchimento, ao fim de 3 reduções, foi

5. Conclusões e propostas de trabalho futuro

alcançado o comprimento necessário, 92,2 mm, para reduzir os níveis de “Pick-up” para valores inferiores a 0,1, sendo a média no 5º ensaio de 0,084 ppm, reduzindo em cerca de 59% face aos resultados antes da formação da equipa.

A média de TPO no 5º ensaio foi de **0,274** ppm mas verificou-se uma redução de **49%** face ao **a** ppm do 1º ensaio. Uma vez não foi possível reduzir o TPO para níveis inferiores a 0,2 ppm como proposta de trabalho futuro será dar continuidade ao trabalho realizado e reduzir os níveis de Oxigénio dissolvido para níveis inferiores a 0,1 ppm podendo assim alcançar o objetivo inicial de reduzir o TPO para 0,2 ppm

Validação do equipamento TPA e a conseqüente redução dos níveis de Oxigênio do produto acabado

5. Conclusões e propostas de trabalho futuro

Referências Bibliográficas

- [1] [Online]. Disponível: <http://www.centralcervejas.pt/pt/sobre-nos/historia.aspx>. Consultado: Agosto de 2017
- [2] Marques, L. D.C. “Desenvolvimento de uma ferramenta para análise da Eficiência Global de um Equipamento numa instalação de fabrico de cerveja Desenvolvimento de uma ferramenta para análise da Eficiência Global de um Equipamento numa instalação de fabrico de cerveja”, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Outubro de 2017, Dissertação de Mestrado.
- [3] [Online] “History of beer.” Disponível: <http://www.heartlandbrewery.com/history-of-beer/>. Consultado: Agosto de 2018
- [4] Young, T. W. “Beer, ALCOHOLIC BEVERAGE,” *Encyclopaedia Britannica*. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/topic/beer>. Consultado: Agosto de 2018
- [5] Hardwick W. A. “Handbook of Brewing,”, 15 de Novembro 1994, Marcel Dekker, Inc, Nova Iorque (Estados Unidos da América) .
- [6] Priest, F. G., Stewart, G. G., "Handbook of Brewing" Taylor & Francis Group, LLC, 2ª edição, 2006
- [7] [Online] Blake, V. C. “The Oxford Companion to beer definiton of hops, *Craft Beer & Brewing Magazine*. Disponível: <https://beerandbrewing.com/dictionary/VnEcZ72c86/>. Consultado: Agosto de 2018
- [8] Bamforth, C. W., Russell, I. and Stewart, G. “Handbook of Alcoholic Beverages - Beer: A Quality Perspective,”, Academic Press, 1ª Edição, 13 de Agosto de 2008.
- [9] [Online] “Maltagem,” *Groupe VEVESCIA Malteurop*. Disponível: <https://pt.malteurop.com/os-nossos-dominios/maltes/maltagem>. Consultado: Agosto de 2018.
- [10] [Online] Buttrick, P. K. A. “The Oxford Companion to Beer definition of mashing,” *Craft Beer & Brewing Magazine*. Disponível: <https://beerandbrewing.com/dictionary/BkD3llopul/>. Consultado: Agosto de 2018.
- [11] [Online] Thomas, K. “The Oxford Companion to Beer definition of sparging,” *Craft Beer & Brewing Magazine*. Disponível: <https://beerandbrewing.com/dictionary/Yibra5GU76/>. Consultado: Agosto de 2018.
- [12] [Online] Kapral, D. “The Oxford Companion to Beer definition of wort,” *Craft Beer & Brewing Magazine*. Disponível: <https://beerandbrewing.com/dictionary/nfffzoYQNF/>. Consultado: Agosto de 2018.
- [13] Bamforth, C. W. *Brewing Materials and Processes: A Practical Approach to Beer Excellence*, Elsevier, 1ª Edição, 13 de Junho de 2016.
- [14] [Online] Philliskirk, G. “The Oxford Companion to Beer definition of fermentation,” *Craft Beer & Brewing Magazine*. Disponível: <https://beerandbrewing.com/dictionary/wMD73jk23l/>. Consultado: Agosto de 2018.
- [15] [Online] Philliskirk, G. “The Oxford Companion to Beer definition of pasteurization,” *Craft Beer & Brewing Magazine*. Disponível: <https://beerandbrewing.com/dictionary/edvVKFchSZ/>.

- Consultado: Agosto de 2018.
- [16] Butler, I. B., Schoonen, M. A. A. and Rickard, D. T. "Removal of dissolved oxygen from water: A comparison of four common techniques," *Talanta*, vol. 41, no. 2, pp. 211–215, 1994.
- [17] [Online] Dornbusch G. and Oliver, H. "The Oxford Companion to Beer definition of oxidation," *Craft Beer & Brewing Magazine*. Disponível: <https://beerandbrewing.com/dictionary/l9v9PEb7GI/>. Consultado: Agosto de 2018.
- [18] Bamforth, C. W. and Lentini, A. "The flavor instability of beer," "Handbook of Alcoholic Beverages - Beer: A Quality Perspective," Academic Press, 1ª Edição, 13 de Agosto de 2008.
- [19] [Online] Bushman, Z. "Quality control in beer production - oxygen," *Gastrograph AL*, 2015. Disponível: <https://www.gastrograph.com/blogs/gastronexus/quality-control-in-beer-production-part-3.html>. Consultado: Setembro de 2018.
- [20] [Online] "Controle de oxigénio dissolvido na produção de cerveja," *Mettler Toledo*. Disponível: <https://www.mt.com/br/pt/home/library/case-studies/process-analytics/Wort.html>. Consultado: Setembro de 2018.
- [21] [Online] Hach, Quality Control in the Brewery, "Reference Standard for Tpo Analytical Methods,". Disponível: https://www.hach.com/cms-portals/hach_com/cms/documents/pdf/Marketing/TPO-analytical-methods-DOC42.53.20216.Sep15.pdf. Consultado: Setembro de 2018.
- [22] "Quality control in the brewery - Innovative Technology for gas analysis in beer packages", *Brewing and beverage industry International*, Verlag W. Sachon, nº 4/2009.
- [23] Boettern, L. "How Oxygen Electrochemical Toxic and Metal Oxide Semiconductor Sensors Work", *Biosystems*, Nº AN2000-1, Janeiro de 2000.
- [24] [Online] "How an Optical Oxygen Sensor works," *Anton Paar*. Disponível: <https://www.anton-paar.com/corp-en/products/applications/how-an-optical-oxygen-sensor-works/>. Consultado: Setembro de 2018.
- [25] [Online] "Beer Fermentation and CO₂," *CO₂ Meter*, 2016.. Disponível: <https://www.co2meter.com/blogs/news/7010354-beer-fermentation-and-co2>. Consultado: Setembro de 2018.
- [26] Battino, R., Rettich, T. R. and Tominaga, T. "The Solubility of Nitrogen and Air in Liquids," *Journal of Physical and Chemical*, vol. 13. nº2, pp:563–600, 1984.
- [27] [Online] Lindell, W. D. "The Oxford Companion to Beer definition of Henry's law," *Craft Beer & Brewing Magazine*. Disponível: <https://beerandbrewing.com/dictionary/kwchv8B8mS/>. Consultado: Setembro de 2018.
- [28] Olsovská, J., Šterba, K. and Čejka, P. "Comparison of carbon dioxide determination measured by different methods," *Kvas. Prum.*, vol. 59, nº 3, pp. 63–68, 2013.
- [29] Murer, G. and Gautsch, J. "Selective CO₂ measurement for beverages with the new Multiple Volume Expansion Method" 2016.
- [30] "Guia Para a Aplicação da NP EN ISO/IEC 17025," *Instituto Português de Acreditação (IPAC)*, 30 de Março 2010.
- [31] Relacre, "Guia RELACRE 13, *Validação de Métodos Internos de Ensaio em Análise Química*",

- Edição Fevereiro de 2000.
- [32] Brito, N. M. Junior, O. P. A., Polese, L. and Ribeiro M. L. “Validação De Métodos Analíticos: Estratégia E Discussão,” *Pesticidas e R.Ecotoxicol e Meio Ambiente*, Curitiba, vol. 13, pp. 129–146, 2003.
- [33] [Online] “Capacidad y rendimiento: entienda los índices Cp, Cpk, Pp y Ppk,” *HarborHm Informática Industrial*, 2017. Disponível: <https://www.harbor.com.br/es/harbor-blog/2017/07/06/capacidade-performance-significado/>. Consultado: Setembro de 2018.
- [34] [Online] “2.1 - ÍNDICES DE CAPACIDADE DO PROCESSO: CP E CPK,” *Potal Action*. Available: <http://www.portalaction.com.br/analise-de-capacidade/21-indices-de-capacidade-do-processo-cp-e-cpk>. Consultado: Setembro de 2018.
- [35] Seiichi, N. “Introduction to TPM (Total Productive Maintenance)”, Productive Press, Portland, Oregon, 1988.
- [36] [Online] Silveira, B. C. “Os 8 Pilares da Manutenção Produtiva Total,” *Citisystems*. Disponível: <https://www.citisystems.com.br/pilares-manutencao-produtiva-total/>. Consultado: Setembro de 2018.
- [37] Freitas, J. C. F. P. “Organização e melhoria do desempenho do centro de manutenção de apoio às linhas de montagem de autorrádios”, Universidade do Minho - Escola de Engenharia, Outubro de 2012, Dissertação de Mestrado.
- [38] Ridzuan, A. R., Azlan, M., Majid, A. and Ahmed, E.M “International Conference on Management , Economics and Finance (Icmef 2012)”, pp. 797–812, Outubro de 2012.
- [39] Meland, O. “Key performance indicators - A necessary tool for managing improvement processes?”, *Advances in Safety, Reliability and Risk Management: ESREL 2011*, Taylor & Francis Group, 2012.
- [40] Sardinha, J. C., Santos V.S., Quinteiros, P. C. R., Velloso, V. F., Oliveira, E. A. A. Q., “A Contribuição Do Ciclo Pdca E Do Sdca Na Metodologia Balanced Scorecard No Cumprimento De Metas Estratégicas,” XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, Brasil.
- [41] Mira, T. F. D. “Gestão Autónoma aplicada a uma linha de produção”, Faculdade de Ciências e Tecnologia/Universidade de Coimbra, Setembro de 2014, Dissertação de Mestrado.
- [42] Sondalini, M. “Understanding How to Use The 5-Whys for Root Cause Analysis”, *Lifetime Reliability Solutions*.
- [43] Luminita, S., Nadia, B. and Daniela, B. M. “Quality Assurance Matrix in Automotive Industry”, *ANNALS of the ORADEA UNIVERSITY, Fascicle of Management and Technological Engineering*, vol. XI, no. Xxi, Janeiro de 2012.
- [44] “Cause and Effect Analysis using the Ishikawa Fishbone”, *City Process Management*, 2008.
- [45] Ficha de apresentação do equipamento “ORBISPHERE 6110 TOTAL PACKAGE Total Package Analyser for Oxygen & Carbon Dioxide measurements”, *Hach*,
- [46] “Orbisphere Model 6110 Package Analyser V3, user Manual”, *Hach*, 2017.
- [47] Ficha de apresentação do equipamento: Analisador portátil de Oxigénio Dissolvido, “Flexibilidade

e precisão nas medições de oxigênio dissolvido: Máximo controle da qualidade de bebidas”,
Mettler Toledo.

Anexo I – Ficha Técnica do anti-espumante do equipamento TPA

Na fig.I.11 é apresentado a ficha técnica do anti-epumante usado no equipamento Orbisphere 6110 Total Package Anayser.

COMPOSITION / INFORMATION ABOUT THE COMPONENTS			
INGREDIENT	CAS NO	PERCENT	HAZARDOUS
Silicone antifoam emulsion	N/A	70%	No
Water	7732-18-5	30%	No
IDENTIFICATION OF HAZARDS			
OVERVIEW	SPECIAL INDICATION OF HAZARDS TO HUMANS AND THE ENVIRONMENT Not hazardous according to Directive 67/548/EEC.		
FIRST AID			
INHALATION	If inhaled, remove to fresh air. If breathing becomes difficult, call a physician.		
INGESTION	If swallowed, wash out mouth with water provided person is conscious. Call a physician.		
SKIN CONTACT	In case of contact, immediately wash skin with soap and copious amounts of water.		
EYE CONTACT	In case of contact with eyes, flush with copious amounts of water for at least 15 minutes. Assure adequate flushing by separating the eyelids with fingers. Call a physician.		
FIRE FIGHTING MEASURES			
FIRE EXTINGUISHING MEDIA	Suitable: Water spray. Carbon dioxide, dry chemical powder, or appropriate foam.		
SPECIAL INFORMATION	Wear self-contained breathing apparatus and protective clothing to prevent contact with skin and eyes.		
MEASURES IN CASE OF SPILLAGE			
Wash spill site with soap solution. Flush spill area with copious amounts of water. Absorb on sand or vermiculite and place in closed containers for disposal.			
HANDLING AND STORAGE			
Directions for Safe Handling: Avoid inhalation. Avoid contact with eyes, skin, and clothing. Avoid prolonged or repeated exposure. Conditions of Storage: Keep tightly closed.			
EXPOSURE CONTROLS / INDIVIDUAL PROTECTION			
ENGINEERING CONTROLS	Safety shower and eye bath. Mechanical exhaust required.		
GENERAL HYGIENE MEASURES	Wash thoroughly after handling.		
PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT	Eye Protection: Chemical safety goggles.		

Figura I. 1-Ficha técnica do anti-espumante da empresa fornecedora

Anexo II – Método de análise com o equipamento TPA

No Anexo II é apresentado o Método de análise de CO₂ dissolvido, Ar no Colo e TPO, Oxigénio dissolvido e Oxigénio no espaço vazio em latas e garrafas

1 - OBJECTIVO

Determinar a quantidade de CO₂ dissolvido, Ar no Colo, TPO e Oxigénio Dissolvido, Oxigénio no espaço vazio, em cervejas e sidras.

2 - CAMPO DE APLICAÇÃO

2.1 – Este método é aplicado ao produto acabado embalado em garrafa ou lata com mais de 150 mL e altura entre 90 e 340 mm.

2.2 – A medição da quantidade de CO₂ deve ser realizada com amostras em equilíbrio

2.3 – Para cervejas **sem widget**, o analisador apresenta os valores de TPO, Oxigénio dissolvido e Oxigénio no espaço vazio, CO₂ (P/T), CO₂ real e volume de espaço vazio.

2.4 – Para cervejas com **widget**, o analisador apresenta os valores de Oxigénio no espaço vazio e dentro do widget, mas não o Oxigénio no líquido.

4 – FUNDAMENTO

4.1 – Logo após a perfuração, são medidos o Oxigénio e CO₂ no espaço vazio. O Oxigénio é medido electroquimicamente e o CO₂ é calculado através da Temperatura, Pressão e Condutividade Térmica.

4.2 – Ao iniciar o segundo passo, o líquido é descarbonatado através de um sonotrodo ultrassónico. Com a libertação dos gases, é medido o Oxigénio e o CO₂ que são independentes da fase líquida como descrito em 4.1. É adicionado um anti-espumante para impedir a formação de espuma.

4.3 – A determinação do volume do espaço vazio baseia-se no Princípio dos Gases Perfeitos. É aberta uma válvula que permite a entrada de CO₂ (gás de purga) que irá ocupar todo o volume de espaço vazio e será medido uma nova pressão.

$$PV = nRT \quad (1)$$

Equação 1-Equação dos Gases Perfeitos

Onde,

P = nova Pressão do espaço vazio

V = volume de espaço vazio

n = número de moles de CO₂ no espaço vazio

R = constante de gases perfeitos

T = temperatura da fonte de CO₂

4.4 – Como mencionado em 2.2 as amostras devem ser preparadas com temperatura e/ou equilíbrio

4.5 – Com a amostra na base e a porta frontal fechada, é iniciada a análise apertando o botão Start. Toda a operação é automática e a análise será dividida em diversas fases: perfuração da embalagem, medição da temperatura, Oxigénio no espaço vazio, Oxigénio no líquido, CO₂ e o volume de espaço vazio. No final da análise, há uma redução de pressão no interior da embalagem para evitar que o conteúdo seja expelido quando exposto à pressão atmosférica.

5 - EQUIPAMENTO E MATERIAL

- Equipamento TPA

- Agitador automático

- Fonte de CO₂ (>99% de pureza): como gás de purga, mantém o equipamento pronto para analisar amostras com níveis baixos de oxigénio e também a determinação do volume de espaço vazio

- Água: é necessário manter um certo nível de água no sonotrodo para tornar a transferência de energia do ultrassom da base para a embalagem mais eficiente

- Fonte de ar comprimido: as funções mecânicas do equipamento são acionadas através do ar comprimido

- Anti-espuma: uma pequena quantidade é injetada no líquido para impedir a formação de espuma



Fig. 1 - Equipamento TPA

6 – Preparação das amostras

6.1 – Recolha de amostras

6.1.1 – A recolha de amostras após o enchimento devem ser realizadas quando a enchedora opera a uma velocidade constante

6.1.2 – A análise às amostras após o enchimento devem ser realizadas o mais rápido possível, não ultrapassando os 30 minutos depois da recolha

6.2 – Preparação das amostras

6.2.1 – CO₂ e Ar no Colo (amostras em equilíbrio): para atingir o equilíbrio, as amostras devem ser agitadas durante 5 minutos, a um ritmo constante, com um agitador automático. Imediatamente a seguir à agitação, a análise deve ser iniciada no equipamento Orbisphere 6110.



Fig. 2-Agitador Automático

6.2.2 – TPO: as amostras para esta análise não requerem preparação prévia. Apenas é necessário garantir que a análise é realizada logo após o capsulamento.

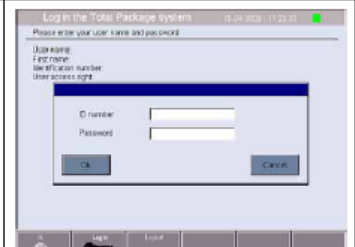
6.2.3 – Enchimento e Laboratório

6.2.3.1 – As análises realizadas pelo **Enchimento** devem ser analisadas à temperatura de saída da enchedora








6.2.3.2 – As análises realizadas pelo **Laboratório** devem ser analisadas à temperatura ambiente (Banho termostaticado a 20°C durante 10 minutos)

7 – TÉCNICA








7.1 – Procedimento

7.1.1		<ul style="list-style-type: none">• Toque no painel (inicialmente desligado) para o ativar• No canto inferior esquerdo clique na ícone "Login"• Introduza o seu ID e a palavra-passe
-------	---	--

Validação do equipamento TPA e a consequente redução dos níveis de Oxigénio do produto acabado
Anexos

7.1.2		<ul style="list-style-type: none"> • Ao fazer login, será exibida a seguinte tela • Clique no ícone "Package Identification"
7.1.3		<ul style="list-style-type: none"> • Serão apresentadas várias opções de produto • Percorra a lista e seleccione o conteúdo e a embalagem que quer analisar • Seleccione o produto pretendido e clique em "OK"
7.1.4		<ul style="list-style-type: none"> • Coloque a plataforma na posição indicada para o produto seleccionado "Tilt position"
7.1.5		<ul style="list-style-type: none"> • Regule o encosto da embalagem para a posição indicada no painel "Package backstop" • Encha a base com água até à borda
7.1.6		<ul style="list-style-type: none"> • Coloque a embalagem na base • Com a porta levantada, clique no ícone "Start Analysis". Serão ativados dois raios lasers
7.1.7		<ul style="list-style-type: none"> • Garrafas: os dois raios lasers devem se cruzar no centro da cápsula • Latas: com o anel de abertura invertida, os dois raios lasers devem se cruzar no posição 1 ou 2 da figura à direita
7.1.8		<ul style="list-style-type: none"> • Caso seja necessário, regule o encosto da embalagem até os raios laser se cruzarem como apresentado na figura
7.1.9		<ul style="list-style-type: none"> • Com a porta fechada, inicie a análise clicando no botão da figura que se encontra do lado direito do equipamento

Validação do equipamento TPA e a consequente redução dos níveis de Oxigénio do produto acabado
Anexos

7.1.7		<ul style="list-style-type: none"> • Garrafas: os dois raios lasers devem se cruzar no centro da cápsula • Latas: com o anel de abertura invertida, os dois raios lasers devem se cruzar na posição 1 ou 2 da figura à direita
7.1.8		<ul style="list-style-type: none"> • Caso seja necessário, regule o encosto da embalagem até os raios laser se cruzarem como apresentado na figura
7.1.9		<ul style="list-style-type: none"> • Com a porta fechada, inicie a análise clicando no botão da figura que se encontra do lado direito do equipamento
7.1.10		<ul style="list-style-type: none"> • Será exibida a seguinte tela • Na parte inferior é apresentada uma barra de progressão • Na parte superior é apresentada a fase da análise
7.1.11		<ul style="list-style-type: none"> • No final da análise recolha os dados necessários a partir da seguinte tabela • Não abra a porta frontal até o equipamento retornar à posição inicial
7.1.12		<ul style="list-style-type: none"> • Ao terminar as medições, clique no ícone "Abort" • Será apresentada o painel à direita. No canto inferior esquerdo clique em "Stand by" para suspender o equipamento até à próxima utilização
7.1.13		<ul style="list-style-type: none"> • No final de cada análise, despeje o conteúdo da embalagem para não correr o risco de ser ingerido

8 - EXPRESSÃO DE RESULTADOS

Exprima o resultado com duas casas decimais.

- CO2 em g/L
- Ar no Colo em mL
- TPO e Oxigénio dissolvido em mg/L

Anexo III – Verificação da medição da concentração de Oxigénio no equipamento TPA

No anexo III é apresentado o Método de verificação periódica para a determinação da concentração de Oxigénio com o equipamento Orbisphere 6110 Total Package Analyser

1 - OBJECTIVO

Validação do instrumento para a análise do TPO (Total Package Oxygen) em garrafas e latas

2 - CAMPO DE APLICAÇÃO

2.1 – Este método pode ser aplicado a qualquer aparelho que analise o TPO ou apenas o Oxigénio Dissolvido (DO) com o posterior cálculo de TPO.

3 – Impacto no Método

Quando os instrumentos de medição de TPO estão corretamente calibrados, podem ser ferramentas que auxiliam a fábrica no melhoramento da qualidade da cerveja através da redução dos níveis de Pick-up de Oxigénio.

As medições First Time Right (FTR) podem ser melhorados com o auxílio dos instrumentos de medição de TPO ou outros aparelhos. Os seguintes FTR podem ser monitorizados e consequentemente melhorar a qualidade do produto:

- Oxigénio Dissolvido da Cervejas nos TCFs
- Pick-up de Oxigénio na enchedora e capsuladora
- TPO (antes da pasteurização) do produto final

4 – Material



Figura 1-Material necessário para a validação do TPO

- Produto: Lata de cerveja com mais de 1 mês após o enchimento
- Seringa de alta precisão de 500 µl
- Conjunto de Septum's
- Bracelete
- Um copo de água

5 – Método

Quem pode realizar este método?

Este procedimento pode ser realizado por qualquer analista preparado. A preparação pode ser feita seguindo os passos do Vídeo e SOP.

Avaliação da Linearidade das medições do aparelho

Frequência: semestralmente ou depois de uma manutenção ao sensor

Exemplo:

- 1) Branco
- 2) Branco
- 3) Branco
- 4) Branco + 100µl de ar (Cerca de 50% do TPO Limite)
- 5) Branco + 100µl de ar (Cerca de 50% do TPO Limite)
- 6) Branco + 100µl de ar (Cerca de 50% do TPO Limite)
- 7) Branco + 250µl de ar (Cerca de 100% do TPO Limite)
- 8) Branco + 250µl de ar (Cerca de 100% do TPO Limite)
- 9) Branco + 250µl de ar (Cerca de 100% do TPO Limite)
- 10) Branco + 500µl de ar (Cerca de 200% do TPO Limite)
- 11) Branco + 500µl de ar (Cerca de 200% do TPO Limite)
- 12) Branco + 500µl de ar (Cerca de 200% do TPO Limite)

O exemplo acima deve ser seguido para analisar a linearidade e o bom funcionamento do instrumento

Esta verificação deve ser realizada a 4 níveis e em triplicado, incluindo o 0 (amostra com mais de 1 mês após o enchimento). HACH indica que deve ser obtida uma correlação $>0,99$ para qualquer instrumento de medição de TPO. Mesmo com analistas com menos experiência nesta validação, um correlação $>0,98$ pode ser atingida para verificar o bom funcionamento do instrumento.

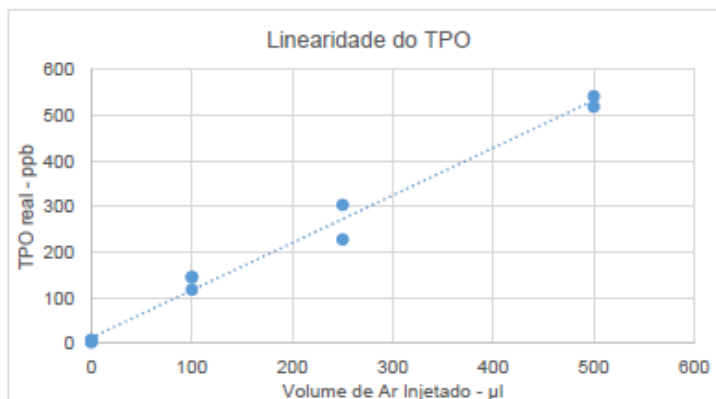
6 – Processo de Verificação

Frequência: semanalmente

Esta método também verifica se o instrumento apresenta desvios nos resultados ao longo do tempo segundo o mesmo procedimento da linearidade.

Para este caso, não é necessário realizar o teste a 4 níveis.

Exemplo de da verificação da linearidade do Orbisphere 6110 (Total Package Analyser)












Validação do equipamento TPA e a consequente redução dos níveis de Oxigénio do produto acabado
Anexos

Precisão

O processo é considerado preciso se for verificado uma diferença inferior a 20µg/l entre os valor médio real e teóricos.

Procedimento

2.1.1		<ul style="list-style-type: none"> Meça 3 amostras "Branco" no equipamento TPA
2.1.2		<ul style="list-style-type: none"> Monte a agulha na seringa
2.1.3		<ul style="list-style-type: none"> Recolha com a seringa 100µl de água destilada Não é necessário ter cuidado com as bolhas de ar
2.1.4		<ul style="list-style-type: none"> Com a agulha na posição vertical, arraste as bolhas de ar para a parte superior da agulha
2.1.5		<ul style="list-style-type: none"> Retire as bolhas de ar e a água destilada 50µl
2.1.6		<ul style="list-style-type: none"> Recolha a quantidade de ar pretendida
2.1.7		<ul style="list-style-type: none"> Coloque o septum na embalagem e de seguida a bracelete O furo da bracelete deverá estar sobre o septum
2.1.8		<ul style="list-style-type: none"> Com a embalagem na posição horizontal, perfure-a com a agulha Injete cuidadosamente o conteúdo da seringa Retire cerca de 20µl e volte a injetar Repita duas vezes o passo anterior
2.1.9		<ul style="list-style-type: none"> Retire a agulha e imediatamente tape o furo com o dedo para evitar perda de líquido Com o dedo sobre o furo, rode a bracelete para tapar a saída

2.1.10	 A photograph of a TPA (Total Peroxide Analyzer) machine. The machine is white and grey with a digital display on top. A blue vertical label on the left side of the machine reads 'O ₂ /CO ₂ /TPO'. A glass bottle of beer is placed on the platform of the machine, which is positioned to measure the oxygen content of the liquid inside.	<ul style="list-style-type: none">• Meça o TPO da amostra no equipamento TPA
2.1.11		<ul style="list-style-type: none">• Repita os passos 2.1.3 a 2.1.11 três vezes para cada quantidade de ar

CÁLCULO

O Excel para o cálculo do TPO teórico está disponível em [Brains Brewery Calculator](#) (HMESC 02.17.02.005). Para calcular o TPO é necessário saber: Volume de ar injetado, Pressão Barométrica, Temperatura Ambiente e Volume de Líquido.

Anexo IV – Método Tradicional para a determinação da concentração de CO₂, Zahm & Nagel

No Anexo IV é presente o procedimento, fundamentos teóricos e materiais do método tradicional para a determinação da concentração de Dióxido de Carbono

1 - OBJECTIVO

Determinar a quantidade de CO₂ dissolvida na cerveja.

2 - CAMPO DE APLICAÇÃO

Este método é aplicado ao produto acabado embalado em garrafa ou lata.

4 - FUNDAMENTO

4.1 - A determinação manométrica de CO₂ baseia-se na lei de Henry das Pressões Parciais que relaciona a pressão parcial de um gás, em equilíbrio com um líquido, com a quantidade de gás dissolvido nesse líquido.

Lei de Henry

A pressão de um gás dissolvido num líquido (com o seu coeficiente de solubilidade próprio no dissolvente) mede-se pela pressão que esse gás *não dissolvido* exerce na superfície livre do líquido. Para uma dada temperatura a pressão parcial de um gás em equilíbrio com um líquido é proporcional à quantidade deste gás dissolvido no líquido.

6 - EQUIPAMENTO E MATERIAL

- Dispositivo Zahm Nagel
- Termómetro
- Descapsulador

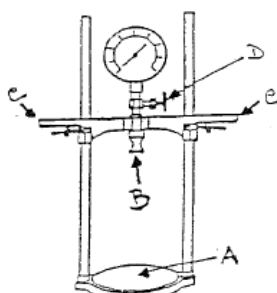


Fig. 1 - Dispositivo Zahm Nagel

7 - TÉCNICA

7.1 – Verificação das condições da análise (no início de cada turno)

De acordo com a Figura 1, proceda do seguinte modo:

7.1.1 – Coloque a garrafa Padrão de Verificação capsulada sobre a base A.

7.1.2 - Verifique se a válvula D está fechada.

7.1.3 - Centre a cápsula e a agulha de perfuração situada em B.

7.1.4 - Segure firmemente as molas C e exerça pressão para baixo na vertical até perfurar a cápsula e solte as molas.

7.1.5 - Sem agitar, abra com cuidado, a válvula D e deixe sair lentamente o ar (para não provocar diferenças bruscas de pressão no interior da garrafa, o que faria libertar CO₂ dissolvido), até o ponteiro do manómetro voltar ao zero.

7.1.6 - Feche a válvula D.

7.1.7 - Agite o conjunto fortemente (cerca de 10 vezes) mantendo-o perfeitamente aderente à garrafa, de modo a não haver perdas de CO₂ e até se verificar uma leitura constante no manómetro.

7.1.8 - Registe a pressão lida.

7.1.9 - Retire a garrafa do aparelho, descapsule-a e com um termómetro leia a temperatura da cerveja.

7.1.10 – Com os valores de pressão e temperatura obtidos, determine o teor de CO₂ segundo a equação 1.

7.2 – Análise de amostras: Proceda de acordo com o descrito de 7.1.1 a 7.1.10.

$$C_a = (P_{\text{Headspace}} + 1.013) \times e^{\left(-10.7288 + \frac{2617.25}{t+273.15}\right)}$$

Onde,

C_a – aparente (m/V), não é tido em conta o volume de Ar no Colo para o cálculo (g.L⁻¹)

P_{Headspace} – pressão total lida com a agitação da amostra (bar)

t – temperatura (°C)

1.013 – pressão atmosférica médio (bar)

$e^{\left(-10.7288 + \frac{2617.25}{t+273.15}\right)}$ – Constante de Henry (a 20°C é igual a 0,1636579 (g.L⁻¹.bar⁻¹)

9 - EXPRESSÃO DE RESULTADOS

Exprima o resultado em g/l com duas casas decimais.

10 – PRECISÃO

Ainda não foi estabelecida.

Anexo V – Método Tradicional para a determinação da concentração de Ar no Colo, Hidróxido de Potássio

No Anexo V é apresentado o procedimento, fundamentos teóricos e materiais relativos ao método tradicional para a determinação da concentração de Ar no Colo

Hidróxido de Potássio:



É um reagente corrosivo e nocivo.

Use sempre luvas e óculos de protecção.



Como é uma base forte, evitar o contacto com a pele e os olhos. Em caso de acidente, é importante lavar imediatamente com água fria. Use sempre material de vidro pírex ao trabalhar com ácidos e bases fortes.

1 - OBJECTIVO

Determinação do ar no colo em garrafas e do espaço vazio em latas.

2 - CAMPO DE APLICAÇÃO

Este método aplica-se a cerveja em garrafa após capsulagem e em lata após cravação e determina a quantidade de ar apenas na fase gasosa.

4 - FUNDAMENTO

O volume da mistura de gases do espaço vazio é transferido para uma bureta cheia com uma solução aquosa de hidróxido de potássio. O CO₂ é absorvido pelo hidróxido de potássio, e o volume dos restantes gases, sobretudo azoto e oxigénio, são medidos na bureta.

5 - REAGENTES E PRODUTOS AUXILIARES

Hidróxido de potássio, KOH 300 g/l (30% p/v) (pró-análise).

5.1 - Preparação de soluções de KOH a 30% a partir de uma solução a 47%

$$\text{Factor de Diluição} = \frac{47}{30} = 1,566$$

5.1.1 Preparação em balão volumétrico

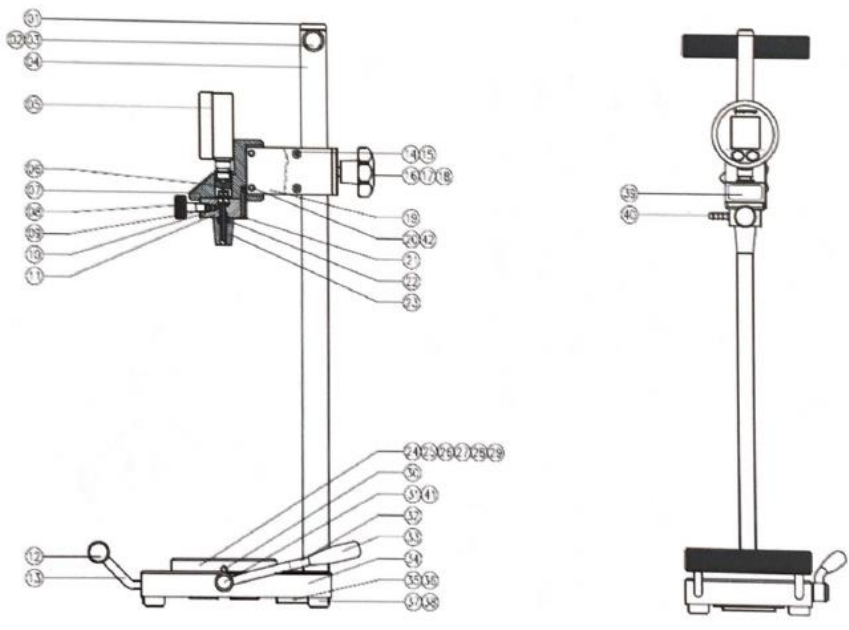
	Volume de KOH a 47%	Volume de água destilada
Para um balão de 1 L	640 ml	Completar até ao traço
Para um balão de 2 L	1277 ml	Completar até ao traço

5.1.2 Preparação para frasco

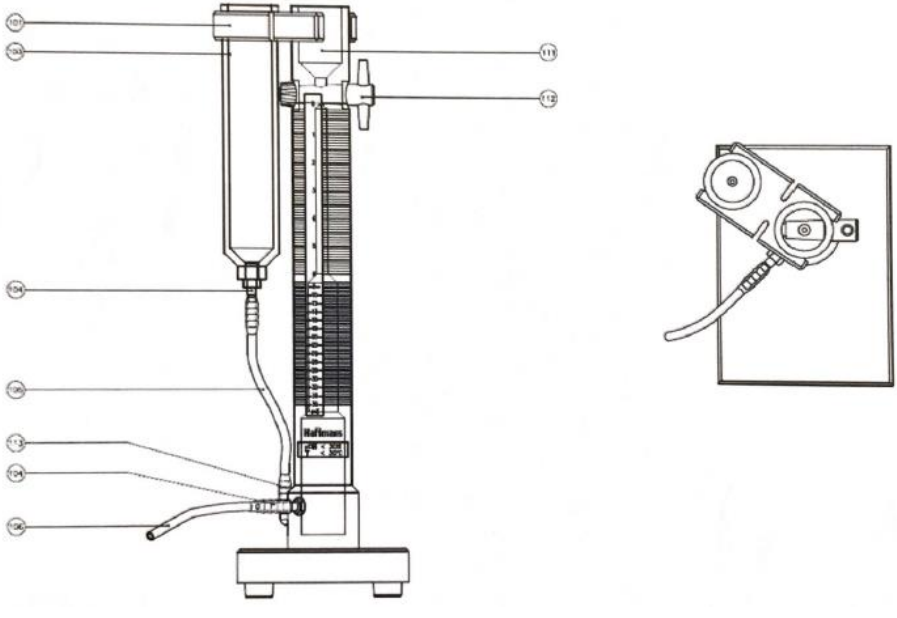
	Volume de KOH a 47%	Volume de água destilada
Frasco de 2 L	1510 ml ou 6 Bombadas (no caso de pipetador acoplado ao bidon)	860 ml

6 - EQUIPAMENTO E MATERIAL

6.1 – Perfurador com manómetro (ICD)



6.2 – Bureta de medição (IAM)



7 - TÉCNICA

Para evitar diferenças de pressão, o nível do líquido nos dois tubos deve ser mantido igual.

7.1 - Preparação do equipamento IAM

7.1.1 Feche a válvula agulha do ICD (nº8);

7.1.2 Ligue a mangueira do IAM (nº106) ao bico esquerdo (nº40) do ICD;

7.1.3 Feche a válvula do IAM (nº112);

7.1.4 Encha o copo cilíndrico do IAM (nº103) quase até cima com solução de KOH 30%;

7.1.5 Abra a válvula do IAM (nº112) para que este se encha de solução;

7.1.6 Deslize o copo cilíndrico do IAM (nº103) para cima, empurrando a parte inferior do recipiente. A parte superior deve ficar, aproximadamente, 13 cm acima do IAM;

7.1.7 Adicione uma pequena quantidade de solução ao copo cilíndrico para que fique 1/3 cheio. O nível do IAM deve ficar, aproximadamente, 3 cm acima da válvula;

7.1.8 Feche a válvula do IAM (nº112) e baixe o copo cilíndrico até ao suporte (nº101), de modo a ficar ao mesmo nível da bureta (nº111).

7.1.9 Não deve haver ar na mangueira entre o IAM e o ICD-2000. O ar pode ser removido de três formas:

- Abra lentamente a válvula agulha do ICD (nº8) até que uma gota de solução saia pela agulha. É mais rápido se o IAM se encontrar mais alto que o ICD. Feche a válvula de agulha se todo o ar tiver sido removido da mangueira.

- Use como teste uma garrafa ou lata que não seja necessária para medição. Agite-a até obter equilíbrio e perfure permitindo que o gás saia da garrafa ou lata sob a forma de pequenas bolhas, abrindo a válvula agulha muito devagar. Feche a válvula agulha e espere até que a solução absorva o CO₂ da mangueira, isto é, até que a mangueira entre o ICD e o IAM esteja completamente cheia de solução. Este processo pode ser acelerado, agitando a mangueira.

- Remova o cone de borracha da agulha do ICD-2000. Ligue uma mangueira, que contenha CO₂ (no máximo a 0,5 bar), ao ICD-2000 (a mangueira deve ser aquecida para facilitar a montagem). Abra lentamente a válvula agulha e expulse o ar da mangueira, usando o CO₂. Feche a válvula agulha, remova a mangueira e monte o botão com o cone de borracha.

Pode colocar uma válvula de anti-retorno na tubagem entre ICD e o IAM.

Neste momento o IAM está pronto para ser utilizado nas medições, estando cheio de solução de KOH a 30% e sem presença de ar.

7.2 - MEDIÇÃO DO AR NO COLO/ESPAÇO VAZIO EM PRODUTO ACABADO

ATENÇÃO

A amostra não deve ser agitada em excesso. A embalagem apenas se deverá inverter uma vez antes de ser colocada no perfurador para análise.

7.2.1 Abra lentamente a válvula agulha do ICD (nº8) e deixe que as pequenas bolhas de gás provenientes do "headspace" da garrafa ou lata borbulhem na solução KOH 30% existente na bureta (nº111);

7.2.2 Se a cerveja não espumar após a abertura da válvula do ICD, o bocal da garrafa deve ser bem tapado com a borracha;

7.2.3 Feche imediatamente a válvula agulha, após escapar todo o ar do espaço vazio da garrafa ou lata, assim que a cerveja comece a entrar mangueira de ligação ao IAM.

ATENÇÃO

Ao esperar tempo demais para fechar a válvula agulha, irá causar a entrada de solução na amostra através do ICD.

7.2.4 Deslize o copo cilíndrico para que a cerveja neste e na bureta estejam ao mesmo nível (a pressão hidrostática na câmara é neutralizada e é indicado o volume de ar correto);

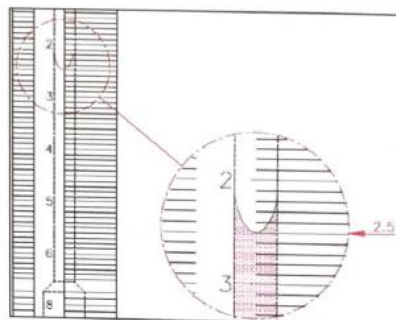
7.2.5 Abra a válvula do IAM (nº112) e deixe que uma pequena quantidade de solução flua ao longo da câmara da bureta de medição (que se encontra agora cheia de ar);

7.2.6 Equalize novamente os níveis do líquido no copo cilíndrico e na bureta;

7.2.7 Leia o volume indicado na bureta do IAM (na parte inferior do menisco, tal como mostra a figura) em ml;

7.2.8 Deslize o copo cilíndrico para cima (em posição máxima) e abra a válvula para que o ar possa escapar pela bureta;

7.2.9 Feche a tampa.



O IAM, então, está pronto para a próxima medição.

8 - EXPRESSÃO DOS RESULTADOS

Exprima o resultado em ml de ar no colo ou no espaço vazio com uma casa decimal.

Anexo VI – “Troubleshooting” do equipamento TPA



No Anexo VI é apresentado o documento com a descrição dos problemas/obstáculos e os respetivos procedimentos de resolução que não estão descritos no manual de utilizador do equipamento Orbisphere 6110 *Total Pckage Analyser*

<p>0 – ADVERTÊNCIAS E PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA, AMBIENTE, SEGURANÇA ALIMENTAR ALIMENTAR</p> <p><u>SEGURANÇA</u></p> <p>Perigo/Riscos: Exposição de pequenas quantidades de CO₂ durante as purgas do equipamento</p> <p>Procedimento/EPI Obrigatório: N/A</p> <p><u>AMBIENTE</u></p> <p>Esta tarefa tem inerente à sua execução os seguintes aspectos ambientais cujos impactos deverão ser minimizados:</p> <ul style="list-style-type: none">- Consumo de água- Consumo de energia elétrica- Consumo de ar comprimido- Consumo de CO₂ <p><u>DESCRIÇÃO</u></p> <p>N/A</p> <p><u>SEGURANÇA ALIMENTAR</u></p> <p>N/A</p> <p>➤ Descrição</p> <p>Quando os equipamento são utilizados com grande frequência, tendem a surgir diversos problemas relacionados com a sua utilização que não são apresentados nos manuais de manutenção por estes não serem recorrentes. Para tal, são descritos apresentados os obstáculos e as resoluções do equipamento TPA</p>

Problema: entrada de O₂ no equipamento

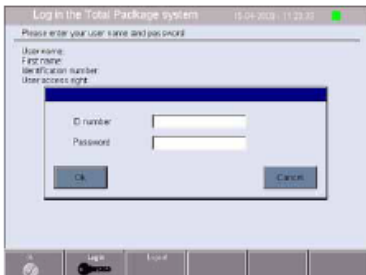
➤ **Testes**

1. **VERIFICAÇÃO DE ENTRADA DE AR NO EQUIPAMENTO**



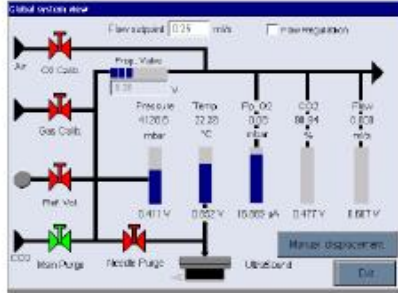
<u>Verificação de entradas de ar no equipamento</u>	
CAUSA	PROCEDIMENTO
Mal isolamento do aparelho	Exterior  <p>- Verifique se todas as ligações externas (Gás de Purga e Ar Comprimido) estão bem conectadas ao equipamento. Esta tarefa pode ser realizada pelo técnico, operador ou analista</p>
	Interior  <p>- Verifique se todas as peças interior do equipamento estão bem isoladas e encaixadas. Esta tarefa só deve ser realizada pelo Técnico de Manutenção da HACH</p>
<p>CONTACTE O TÉCNICO DE MANUTENÇÃO DA HACH PARA REALIZAR A VERIFICAÇÃO DO ISOLAMENTO DAS CONECÇÕES NO INTERIOR DO EQUIPAMENTO</p>	

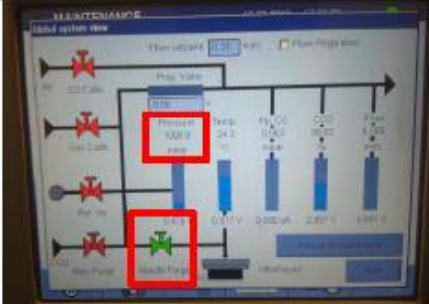
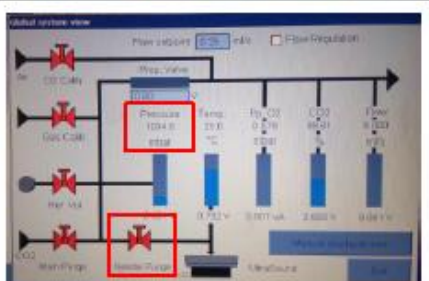
2. **VERIFICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DAS VÁLVULAS DA AGULHA, MAIN PURGE E VÁLVULA PROPORCIONAL DO EQUIPAMENTO**

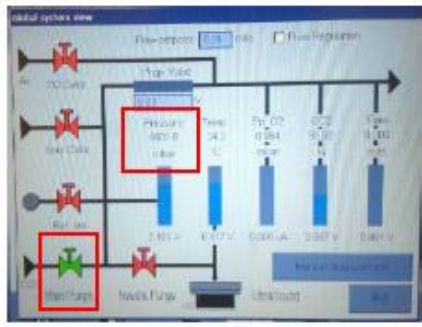
A verificação do funcionamento das válvulas do equipamento só pode ser realizada com painel de "Global System View" ligado.

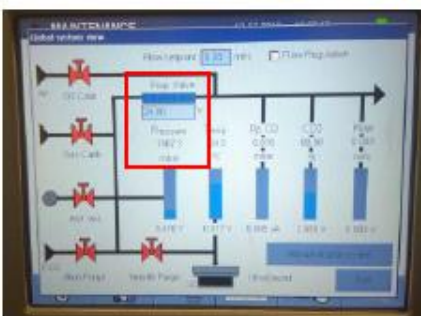
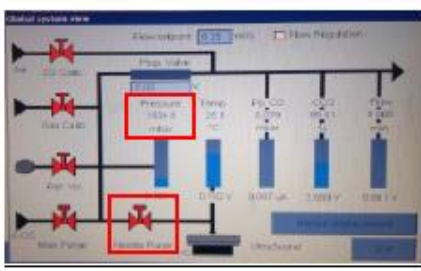
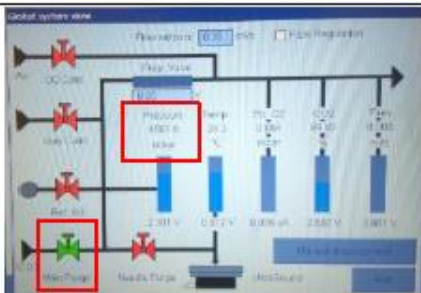
ACESSO AO PAINEL DE "GLOBAL SYSTEM VIEW"	
	<p>- Toque no painel (inicialmente desligado) para o ativar</p> <p>- No canto inferior esquerdo clique na ícone "Login" Introduza o seu ID e a palavra-passe</p>

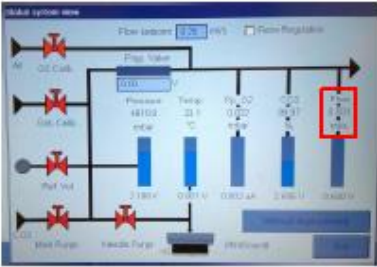
Validação do equipamento TPA e a consequente redução dos níveis de Oxigénio do produto acabado
Anexos

	<ul style="list-style-type: none"> - Ao fazer login, será exibida a seguinte tela - Na canto inferior direito da tela, clique em "Maintenance"
	<ul style="list-style-type: none"> - No lado esquerdo do painel, clique em "Global System View"
	<ul style="list-style-type: none"> - "Global System View"

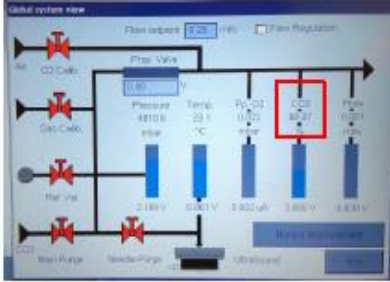

Teste da Needle Purge (Válvula da Agulha)		
CAUSA	PROCEDIMENTO	
Válvula da agulha defeituosa	<p style="text-align: center;">2.1.1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Clique na válvula da Needle Purge e verifique se a pressão do aparelho diminui
	<p style="text-align: center;">2.1.2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Feche a Needle Purge e verifique se a pressão (Pressão Barométrica) do sistema mantém-se constante

2.1.3		<p>- Com a Needle Purge fechada, abra a Main Purge e verifique se a pressão do sistema aumenta até estabilizar próximo do valor apresentado no manómetro exterior do gás de purga</p>
-------	---	---

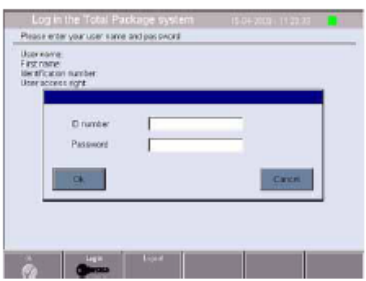
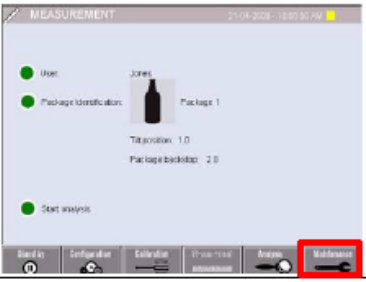
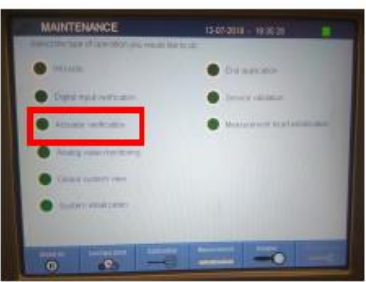

Teste da Prop. Valve (Válvula Proporcional)		
CAUSA	PROCEDIMENTO	
Válvula Proporcional (Prop. Valve) defeituosa	a	 <p style="text-align: right;">- Abra a Prop. Valve* e verifique se a pressão do sistema diminui</p>
	b	 <p style="text-align: right;">- Feche a Prop. Valve e verifique se a pressão (Pressão Barométrica) do sistema mantém-se constantes</p>
	c	 <p style="text-align: right;">- Com a Prop. Valve fechada, abra a Main Purge e verifique se a pressão do sistema aumenta até estabilizar próximo do valor apresentado no manómetro exterior do Gás de Purga</p>

d		<p>- Com a Prop. Valve fechada, verifique se a Flow tem valores compreendidos entre 0 e 0,001 ml/s.</p>
<p>*A abertura da Prop. Valve (Válvula proporcional) é efetuada através da aplicação de uma certa voltagem que é inserida no painel. 0V e 24V traduzem no encerramento e a abertura total, respetivamente, da válvula.</p>		

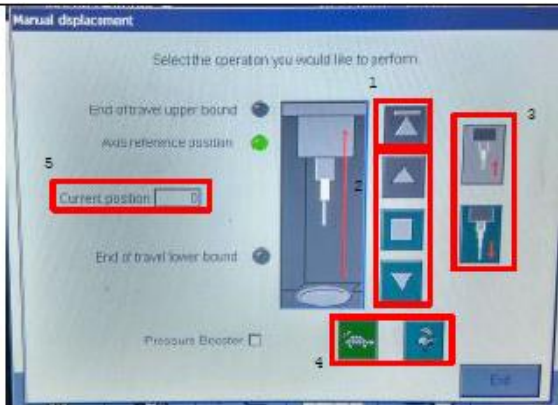
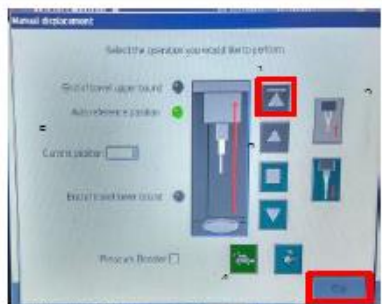
3. VERIFICAÇÃO DA PUREZA DO GAS DE PURGA

<u>Contaminação da corrente do gás de purga</u>			
CAUSA	PROCEDIMENTO		
Presença de Oxigênio na corrente de CO ₂	a		<p>- Certifique que o Gás de Purga de alimentação tem uma pureza de 99,9%</p>
	b		<p>- Certifique, no manómetro, que a pressão da fonte de Ar Comprimido que alimenta o aparelho encontra-se a 0,5 bar ABAIXO da pressão de alimentação do Gás de Purga**</p>
<p>**Pressão de ar comprimido: 5,5 a 6 bar Pressão de CO₂: 6 a 7 bar</p>			

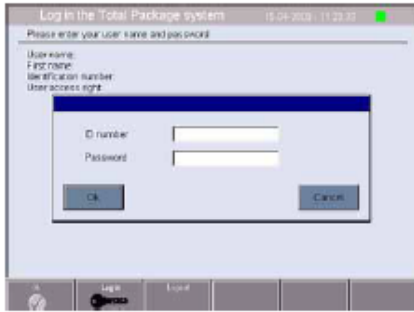



Problema: Funcionamento do motor e agulha

Teste de funcionamento do motor e agulha	
CAUSA	PROCEDIMENTO
Avaria do motor e agulha	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">a</div> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="margin-left: 10px;"> <p>- Toque no painel (inicialmente desligado) para o ativar</p> <p>- No canto inferior esquerdo clique na ícone "Login" Introduza o seu ID e a palavra-passe</p> </div> </div>
	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">b</div> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="margin-left: 10px;"> <p>- Ao fazer login, será exibida a seguinte tela</p> <p>- Na canto inferior direito da tela, clique em "Maintenance"</p> </div> </div>
	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">c</div> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="margin-left: 10px;"> <p>- No lado esquerdo do painel, clique em "Actuator verification"</p> </div> </div>
	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">d</div> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="margin-left: 10px;"> <p>- Selecione a primeira opção, "Manual displacement"</p> </div> </div>
	<p>e – Descrição do painel de "Manual displacement"</p>


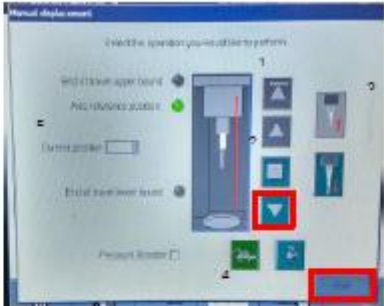
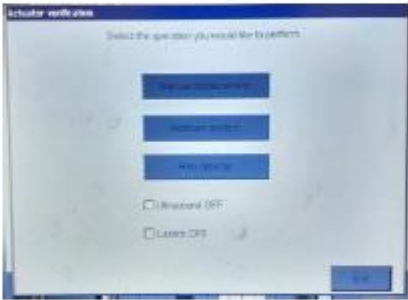
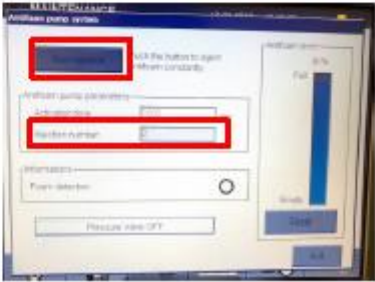
Validação do equipamento TPA e a consequente redução dos níveis de Oxigénio do produto acabado
Anexos

	 <p>1- Retomar a posição inicial 2 – Desclocação (cima, stop e baixo) da unidade 3 – Mover a agulha cima e baixo 4 – Velocidade de deslocamento (tartaruga lento e lebre rápido) 5 – Posição atual da unidade</p>
e	 <p>- Após a realização dos testes, o motor e a agulha devem retornar à posição inicial antes de clicar em "Exit" e deixar o aparelho em "Stand by"</p>

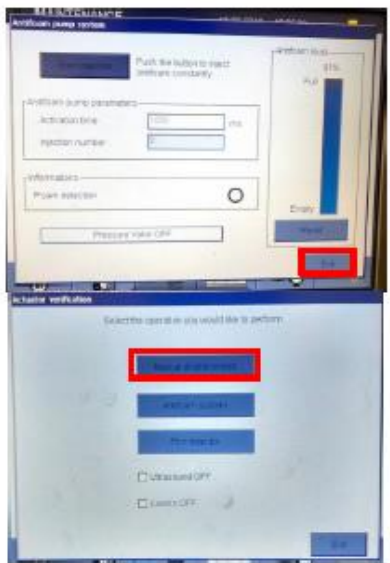



Problema: Equipamento não injeta antiespumante

CAUSA		PROCEDIMENTO	
<p>Ar no interior da tubagem de antiespumante</p> <p>E/OU</p> <p>A bomba de antiespumante não opera corretamente</p>	a		<ul style="list-style-type: none"> - Toque no painel (inicialmente desligado) para o ativar - No canto inferior esquerdo clique na ícone "Login" Introduza o seu ID e a palavra-passe
	b		<ul style="list-style-type: none"> - Ao fazer login, será exibida a seguinte tela - Na canto inferior direito da tela, clique em "Maintenance"
	c		<ul style="list-style-type: none"> - No lado esquerdo do painel, clique em "Actuator verification"
	d		<ul style="list-style-type: none"> - Selecione a primeira opção, "Manual displacement"

Validação do equipamento TPA e a consequente redução dos níveis de Oxigénio do produto acabado
Anexos



e		<p>- Abra a porta frontal e coloque o recipiente de teste no centro da base</p>
f		<p>- Feche a porta frontal e em seguida clique no icone indicado para descer o motor do equipamento - Pare (deixe de pressionar no icone) o movimento assim que o controlador de nível estiver no mesmo eixo que a marca do recipiente e em seguida clique em "Exit" para voltar ao painel anterior</p>
g		<p>- Selecione a opção, "Antifoam system"</p>
h		<p>- Com a porta frontal fechada, defina o número de injeções e de seguida clique em "Start injection" para iniciar o teste</p>

Validação do equipamento TPA e a consequente redução dos níveis de Oxigénio do produto acabado
Anexos

<p>i</p>		<p>- Ao terminar o teste, clique em "Exit" e retorne ao painel de "Manual displacement"</p>
<p>j</p>		<p>-Clique no ícone assinalado para o motor retomar a posição inicial</p>
<p>k</p>		<p>- Abra a porta frontal, retire e limpe o antiespumante do recipiente de teste</p>
<p>l</p>		<p>- Retroceda até ao menu inicial e coloque sistema em "Stand by"</p>

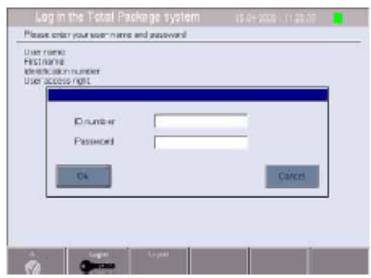

Problema: Bloqueio do Sistema antes da recolha da agulha

O sistema pode ficar bloqueado antes de finalizar a análise. A agulha permanece no interior da embalagem e o equipamento fica na posição de medição. O painel de controlo não responde a nenhum comando.

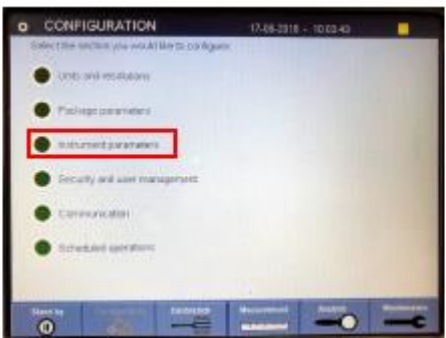

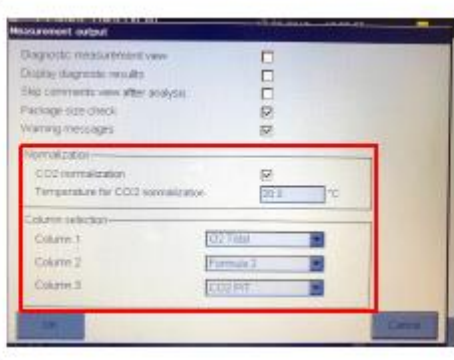
CAUSA		PROCEDIMENTO	
Bloqueio do Sistema durante a medição de uma amostra	a		<ul style="list-style-type: none"> -No painel apresentado, clique em um ícone para verificar se o sistema se encontra bloqueado - Caso afirmativo, proceda para os seguintes passos, caso contrário, siga as instruções para a recolha da agulha e retroceda o motor para a sua posição inicial
	b		<ul style="list-style-type: none"> - Desligue o equipamento e espere 10 segundos antes de o voltar a ligar
	c		<ul style="list-style-type: none"> - Ao ligar o equipamento, o sistema irá reiniciar e no final das verificações iniciais, a agulha será recolhida e o motor irá retroceder para a posição inicial
	d		<ul style="list-style-type: none"> - Analise uma amostra de controlo para verificar o bom funcionamento do equipamento

Anexo VII – Instruções do equipamento TPA

No Anexo VII está apresentado o documento com a descrição de instruções para o interface do equipamento Orbisphere 6110 *Total Package Analyser*

<p><u>SEGURANÇA</u> Perigo/Riscos: N/A</p> <p>Procedimento/EPI Obrigatório: N/A</p> <p><u>AMBIENTE</u> Esta tarefa tem inerente à sua execução os seguintes aspectos ambientais cujos impactos deverão ser minimizados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Consumo de energia - Consumo de CO₂ - Consumo de ar comprimido <p><u>DESCRIÇÃO</u> N/A</p> <p><u>SEGURANÇA ALIMENTAR</u> N/A</p> <p><u>DISPLAY DOS RESULTADOS E A SUA NORMALIZAÇÃO</u></p> <p>Após cada análise, no painel são apresentados 3 parâmetros principais. Estes podem ser substituídos por outras opções.</p> <p>Os resultados apresentados após cada análise são referentes à temperatura da amostra. Caso seja necessário, é possível obter resultados normalizados para uma dada temperatura.</p> <p>Seguindo o procedimento abaixo, poderá escolher os parâmetros apresentados e caso necessário, a temperatura de normalização</p>	
<p><u>Procedimento</u></p>	
<p>a</p>	 <p>- Toque no painel (inicialmente desligado) para o ativar</p> <p>- No canto inferior esquerdo clique na ícone "Login" introduza o seu ID e a palavra-passe</p>
<p>b</p>	 <p>- No canto inferior direito, pressione em "Configuration"</p>

Validação do equipamento TPA e a consequente redução dos níveis de Oxigénio do produto acabado
Anexos


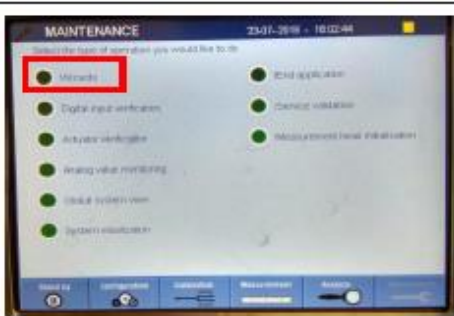


<p>c</p>		<p>- Clique em "Instrument parameters"</p>
		<p>- Clique em "Measurement Output"</p>
<p>d</p>		<p>- Na parte inferior do painel, poderá seleccionar os 3 parâmetros a apresentar no final de cada análise</p> <p>- Em "Temperature for CO₂ normalization" pode definir a temperatura de normalização de resultados</p>

Anexo VIII – Manutenção do equipamento TPA

No Anexo VIII é apresentado o documento com os procedimentos das manutenções periódicas do equipamento Orbisphere 6110 *Total Package Analyser*

0 – ADVERTÊNCIAS E PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA, AMBIENTE, SEGURANÇA ALIMENTAR ALIMENTAR	
<u>SEGURANÇA</u>	
Procedimento/EPI Obrigatório:	
N/A	
<u>AMBIENTE</u>	
Esta tarefa tem inerente à sua execução, os seguintes aspetos ambientais cujos impactos deverão ser minimizados:	
<ul style="list-style-type: none">- Consumo de água- Consumo de energia elétrica- Consumo de ar comprimido- Consumo de CO₂	
<u>DESCRIÇÃO</u>	
N/A	
<u>SEGURANÇA ALIMENTAR</u>	
No final da manutenção:	
<ol style="list-style-type: none">1. <i>Antifoaming tank filling</i> e <i>Antifoam pump maintenance</i> limpe os resíduos que permaneceram no equipamento, mesa e qualquer outro instrumento que possa entrar em contato com o antiespumante2. <i>Piercing tip replacement</i> certifique que a agulha de perfuração encontra-se bem encaixada sem haver o risco de ficar presa em uma embalagem	
➤ <u>Verificações iniciais:</u>	
<ul style="list-style-type: none">➤ O equipamento reporta 3 tipos de avisos:<ul style="list-style-type: none">Verde – o equipamento está a operar corretamenteAmarelo – existem manutenções ou verificações pendentes que não são críticas para o bom funcionamento do equipamentoVermelho – é necessário a intervenção ao equipamento antes de uma nova análise	
Seguindo a gestão visual do equipamento para a verificação dos erros/avisos, atue sobre o mesmo através dos procedimentos identificados para cada caso.	
➤ <u>Manutenção</u>	
Antifoaming tank filling	Reposição do antiespuma
EC Sensor Maintenance	Manutenção do sensor de Oxigénio
Goretex filter replacement	Reposição do antiespuma
Piercing tip replacement	Substituição da borracha da agulha
Antifoam pump maintenance	Teste da bomba de antiespumante

➤ **Procedimento para a manutenção do equipamento TPA**

<p>Seguindo o procedimento abaixo, chegará à tela das manutenções básicas e periódicas do equipamento</p>		
a		<p>- No canto inferior direito, pressione em "Maintenance"</p>
b		<p>- Na seguinte tela, pressione "Wizards"</p>
c		<p>- Na seguinte tela, pressione "Maintenance"</p>
d		<p>- Na tela seguinte são apresentadas as várias Opções de Manutenção</p> <p>- Selecione a manutenção pretendida e siga os passos descritos</p> <p>NOTA: para a reposição do Antiespumante, deve clicar em "Antifoaming tank filling" e na fase de injeção do antiespumante deve seguir o procedimento descrito abaixo</p>

FASE DE INJEÇÃO DE ANTIESPUMANTE		
d1		-
d2		- Encaixe a extremidade oposta do adaptador do equipamento à seringa NOTA: O TUBO DA SERINGA DEVE FICAR SOBREPOSTO AO TUBO DO ADAPTADOR
d3		-Encaixe a peça (a) ao adaptador e pressione o êmbolo até sair antiespumante de modo a retirar todo o ar da tubagem e em seguida retire-a NOTA: PARA RETIRAR A PEÇA (a), PRIMEIRO DEVE DESTRAVAR O ADAPTADOR
d4		- Encaixe o adaptador do conjunto ao conector do cartucho de antiespumante
d5		- Pressione o êmbolo para injetar o máximo de antiespumante
d6		- Mantenha a pressão da seringa para evitar que o antiespumante saia de volta para a seringa
d7		- Pressione a trava no adaptador para liberá-lo do cartucho antiespumante e retire o conjunto
d8		- O resto de antiespumante que permaneceu na seringa, reponha no frasco

Anexo IX – Planeamento das manutenções do equipamento TPA

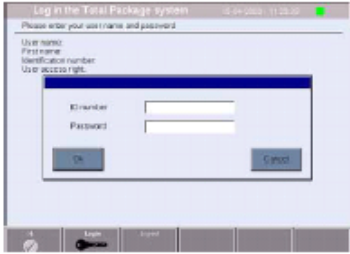

O Anexo IX é apresentado o plano de manutenções (atividade e responsável) periódicas do equipamento Orbisphere 6110 *Total Package Analyser*

<p>0 – ADVERTÊNCIAS E PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA, AMBIENTE, SEGURANÇA ALIMENTAR ALIMENTAR</p> <p><u>SEGURANÇA</u> Perigo/Riscos: N/A</p> <p>Procedimento/EPI Obrigatório: N/A</p> <p><u>AMBIENTE</u> Esta tarefa tem inerente à sua execução os seguintes aspectos ambientais cujos impactos deverão ser minimizados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Consumo de energia - Consumo de CO₂ - Consumo de ar comprimido <p><u>DESCRIÇÃO</u> N/A</p> <p><u>SEGURANÇA ALIMENTAR</u> N/A</p>



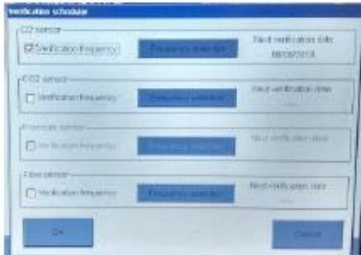
A frequência das manutenções e verificações ao equipamento podem ser programadas e o intervalo entre cada intervenção pode variar dependendo do grau de instabilidade do componente a analisar.

Seguindo o procedimento abaixo, pode ativar, programar o intervalo de tempo e verificar a data da próxima intervenção de cada atividade .

PROCEDIMENTO

1		<ul style="list-style-type: none"> - Toque no painel (inicialmente desligado) para o ativar - No canto inferior esquerdo clique na ícone "Login" introduza o seu ID e a palavra-passe
2		<ul style="list-style-type: none"> - No canto inferior direito, pressione em "Configuration"

Validação do equipamento TPA e a consequente redução dos níveis de Oxigênio do produto acabado
Anexos

3		- Na seguinte tela, pressione "Scheduled operations"
4		- Na tela seguinte pode selecionar: 1) Calibração dos sensores 2) Verificação 3) Manutenção de rotina 4) Serviços da HACH
5	<p><u>Exemplo:</u></p> 	- Para qualquer opção selecionada anteriormente: Na parte esquerda da tela pode ativar a operação, no centro a opção de agendar e à direita, a data da próxima manutenção

Ações realizadas pelo enchedor	Intervalo de Manutenção
Limpe o exterior do equipamento	Diário
Encha novamente o copo do sonotrodo com água conforme a frequência de uso	Diário
Limpe a superfície do sonotrodo	Diário
Ações realizadas pelos responsáveis	Intervalo de Manutenção
Verifique se a borracha da agulha está bem fixada	Diário
Verifique a pressão do gás de purga	Diário
Analisar uma amostra de referência (lata de cerveja c/ mais de 1mês) que irá verificar se o sensor de CO2 e a resposta/resíduo do O2 (<20 ppb)	Diário
Substituição do filtro Gore-Tex (veja as instruções de trabalho)	Semanal
Remova e limpe a porta frontal	Semanal
Limpe as janelas de barreira ótica	Semanal
Limpe a lente ótica do laser para posicionar a embalagem	Semanal
Verifique se a ponta da perfuração está apertada	Semanal
Verificação do desempenho do sensor de O2 (verificação no menu cal)	Semanal
Reabasteça o cartucho de antiespumante	Semanal
Preparação da bomba antiespumante após um período de espera longo e antes de utilizá-la Especialmente quando o instrumento está operando em um ambiente quente	Semanal

Ações realizadas pelos Técnicos da HACH	Intervalo de Manutenção
Substituição da proteção do detector de borda	Semestral
Substituição da ponta da perfuração	Semestral
Limpeza do cartucho de antiespumante	Semestral
Purificação do sistema antiespumante e limpeza (3x se o analisador é usado com frequência)	2/3x por ano
Substituição dos O-rings da câmara de fluxo	Semestral
Substituição do tubo (azul) da amostragem	Semestral
Calibração dos sensores (CO ₂ , pressão, pressão barométrica, fluxo, temperatura)	Semestral
Substituição do cartucho do sensor de O ₂ e calibração do sensor (veja assistente)	2-3 meses
Substituição da proteção do display	Semestral
Substituição da válvula da agulha	Semestral
Substituição do soquete interno do cartucho antiespumante	Semestral
Manutenção da bomba antiespumante	Semestral
Manutenção do módulo de perfuração	Semestral

Anexo X – Calibração manual do sensor de Dióxido de Carbono

No Anexo X é apresentado o procedimento de calibração manual do sensor de Dióxido de Carbono que substitui o procedimento normal com o medidor portátil de CO₂.

<p><u>SEGURANÇA</u></p> <p>Procedimento/EPI Obrigatório:</p> <p>Proteção auditiva</p> <p><u>AMBIENTE</u></p> <p>Esta tarefa tem inerente à sua execução, os seguintes aspetos ambientais cujos impactos deverão ser minimizados:</p> <ul style="list-style-type: none">- Consumo de água- Consumo de energia elétrica- Consumo de ar comprimido- Consumo de CO₂- Produção de resíduos de embalagens de vidro- Produção de efluente com cerveja- Produção de resíduos metal <p><u>DESCRIÇÃO</u></p> <p>N/A</p> <p><u>FUNDAMENTO</u></p> <p>O cálculo realizado pelo equipamento TPA para a determinação da concentração de CO₂ na amostra, baseia-se lei de Henry das Pressões Parciais que relaciona a pressão parcial do gás exercida sobre a superfície do líquido com a quantidade de gás dissolvido nesse líquido.</p> <p><u>SEGURANÇA ALIMENTAR</u></p> <p>Após cada análise, despeje o conteúdo da embalagem para não correr o risco de ser ingerido e leve consigo as garrafas vazias.</p> <p><u>APLICADO</u></p> <p>Este método apenas deve ser aplicado caso:</p> <ul style="list-style-type: none">- Os resultados de CO₂ da Amostra de Controlo (AC) encontrem-se desviados após uma calibração ao sensor de pressão- Seja necessário calibrar o sensor de Pressão sem um medidor de pressão portátil <p><u>Materiais</u></p> <ul style="list-style-type: none">-Agitador Automático-Amostras de Controlo (AC) validado-Equipamento TPA
--

Validação do equipamento TPA e a consequente redução dos níveis de Oxigénio do produto acabado
Anexos

- 2.2. Encha o prato sônico até a borda com água (Fig. 3).
- 2.3. Feche a porta frontal transparente e toque no ecrã por dois segundos para ativar o mesmo.
- 3. Verifique se os resultados de CO₂ ainda encontram-se desviados através da medição de uma amostra de controlo

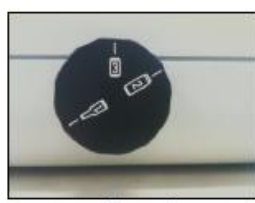


Figure 2



Figure 3



Figure 4



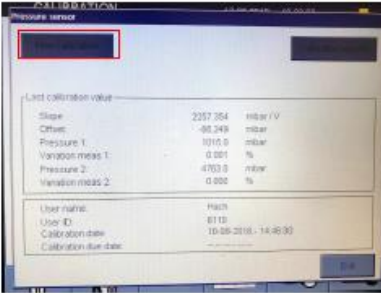
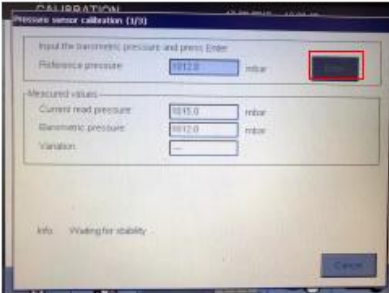
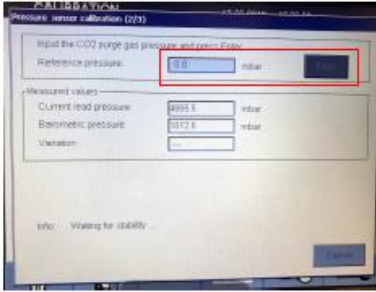
Procedimento para a Calibração Manual do sensor de CO₂

Análise para a verificação do desvio do resultados de CO ₂ da AC		
1		<p>Toque no ícone do login na parte inferior esquerda do ecrã e insira a sua ID e password</p>
2		<p>No ecrã exibido toque no ícone "Package Identification"</p>
3		<p>No novo menú, procure e seleccione "33cl Ret. Sagres Branca" (posição 5)</p>
4		<p>Análise uma amostra de controlo segundo o procedimento descrito na IT "MTI 26.51.94 OPERAÇÃO - MÊDIDOR DE TPÓ E CO₂"</p> <p>Recolha o valor de CO₂ e avalie se o resultado está desviado acima ou abaixo do valor de referência</p>

Calibração do sensor de Pressão

Segundo a Lei de Henry para a determinação da concentração de um composto:
Maior pressão → Maior concentração (temperatura constante)
Maior temperatura → Menor a concentração (pressão constante)

Validação do equipamento TPA e a consequente redução dos níveis de Oxigénio do produto acabado
Anexos

5		<p>No centro da parte inferior da tela clique em "Calibration"</p>
6		<p>Selecione "Pressure Sensor"</p>
7		<p>Clique em "New calibration" calibrar o sensor de pressão</p>
8		<p>No centro da parte superior da tela será apresentado o valor da pressão barométrica, resultado da calibração do sensor do mesmo. Espere cerca de 10 segundos antes de pressionar "Enter"</p>
9		<p>Em seguida introduza na caixa (inicialmente 0.0 mbar) o valor da NOVA PRESSÃO mediante a avaliação realizada sobre o resultado da AC analisada inicialmente Espere 10 segundos antes de clicar em "Enter"</p>
10		<p>Valide a nova calibração e realize uma nova análise à AC.</p>
11	<p>Caso o resultado de CO₂ da AC continue desviado, repita os passos 4 a 8 até:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ a média de 3 amostras for igual à média admitida ▪ o resultado de CO₂ das 3 medições encontrarem-se dentro do intervalo admitido 	

Anexo XI – Método para a determinação do conteúdo efetivo

O Anexo XI é apresentado o método (procedimento, fundamentos teóricos e segurança) para a determinação do conteúdo efetivo em latas e garrafas.

1 - OBJECTIVO

Determinação do conteúdo efectivo de garrafas/latas por pesagem.
Conteúdo efectivo significa a quantidade de cerveja expressa em ml, medida a 20°C.

2 - CAMPO DE APLICAÇÃO

O método aplica-se a todos os tipos de latas ou garrafas

4 - FUNDAMENTO

4.1 – O conteúdo efectivo em ml é determinado a partir da diferença entre peso da embalagem cheia e peso da tara, tomando em consideração a densidade 20°/4°C do conteúdo.

4.2 – Se a embalagem vazia tiver um peso uniforme isso pode ser tomado como tara constante.

4.3 – Se necessário é tomado em consideração um factor de correcção para o conteúdo em CO₂.

5 - EQUIPAMENTO E MATERIAL

5.1 – Balança de precisão com sensibilidade a 0,1 g.

5.2 – Sacarómetro, Picnómetro ou aparelho para determinação do peso específico com aproximação a 0,0005.

5 - EQUIPAMENTO E MATERIAL

5.1 – Balança de precisão com sensibilidade a 0,1 g.

5.2 – Sacarómetro, Picnómetro ou aparelho para determinação do peso específico com aproximação a 0,0005.

6 - TÉCNICA

6.1 – Se o peso específico 20°C/20°C do conteúdo for conhecido:

6.1.2 – *Pese a embalagem por abrir, com uma precisão de 0,1 g (g1).*

Abra a embalagem e esvazie-a completamente. Enxagúe com água, inverta e espere que escorra completamente até que fique seca (incluindo o seu interior). Pese a embalagem vazia juntamente com a respectiva cápsula ou anel de abertura, com uma precisão de 0,1 g (g2).

6.2 – Se o peso específico 20°C/20°C do conteúdo não for conhecido:

6.2.1 – *Pese a embalagem sem a abrir com uma precisão de 0,1 g (g1).*

6.2.2 – *Abra a embalagem e descarbonate o volume suficiente do conteúdo para determinação da massa específica 20°/20°C (S).*

6.2.3 – *Esvazie completamente a embalagem, enxagúe com água, inverta e espere que escorra completamente até que fique seca (incluindo o seu interior). Pese a embalagem vazia juntamente com a respectiva cápsula ou anel de abertura, com uma precisão de 0,1 g (g2).*

7 - EXPRESSÃO DOS RESULTADOS

7.1 – Cálculo

7.1.1 – Calcule a densidade (**d**) 20°C/4°C g/ml a partir do peso específico (**S**) 20°/20°C pela seguinte fórmula:

$$d = 0,9970 \times S + 0,0012$$

Onde: **S** = massa específica 20°C/20°C da cerveja

7.1.2 – Quando se pretende correcção para o conteúdo em CO₂, calcule a densidade 20°/4°C da cerveja carbonatada (**d_c**) a partir da fórmula:

$$d_c = (a \times 3,6 \times 0,001 + S) \times 0,9970 + 0,0012$$

Onde: **a** = CO₂ da cerveja % (m/v)

S = massa específica 20°C/20°C da cerveja

7.1.3 – Sem correcção para o conteúdo em CO₂ :

$$\text{Conteúdoefectivo(ml)} = \frac{g1-g2}{d}$$

Onde: **g1** = Peso da embalagem por abrir (g)

g2 = Peso da embalagem vazia completa com a cápsula ou o anel de abertura (g)

d = densidade 20°C/4°C da cerveja em g/ml, calculada como no parágrafo 7.1.1

7.1.4 – Com correcção para o conteúdo em CO₂ :

$$\text{Conteúdoefectivo(ml)} = \frac{g1-g2}{d_c}$$

Onde: **g1** = Peso da embalagem por abrir (g)

g2 = Peso da embalagem vazia completa com a cápsula ou o anel de abertura (g)

d_c = densidade 20°C/4°C da cerveja em g/ml, calculada como no parágrafo 7.1.2

7.2 – Exprima o resultado em ml com 1 casa decimal.

8 - PRECISÃO

Ainda não foi estabelecida.

9 – NOTAS

9.1 – Determinação da Tara média das latas vazias

A tara das latas vazias é determinada periodicamente por pesagem das tampas e das latas vazias abertas. A determinação da tara média deve ser repetida a cada 3 meses. Se não houver alterações na tara, a frequência da determinação deve ser reduzida para uma vez em cada 6 meses. Quando possível, use as especificações dos fornecedores.

9.1.2 – Latas vazias

Por fornecedor e por conteúdo, devem ser aleatoriamente amostradas 100 latas e pesadas em grupos de 5 ou 10. A soma do total das 100 latas é depois dividida por 100 e arredondado a 0,1 g.

9.1.3 – Tara média

A tara média das latas fechadas será a soma das taras das tampas e das latas vazias, obtidas em 9.1.1 e 9.1.2.

Anexo XII – Tabelas de valores da empresa

Confidencial

Anexo XIII – Ficha técnico do equipamento TPA

No Anexo XII é apresentado a ficha técnica do equipamento Orbisphere 6110 *Total Package Oxygen*

2		Orbisphere 6110 Total Package Analyzer	
Technical Data*			
Range	O ₂ : 1 ppb to 12 ppm CO ₂ : 0.75 to 5 v/v or 1.5 to 10 g/kg	Enclosure Rating	IP20
Repeatability (r95)	TPO: ±5 µg/L ±10 %, whichever the greater CO ₂ : ±0.05 v/v or 0.10 g/kg ±2 %, whichever is greater, measured on equilibrated packages at 10 to 25 °C	Compliance	European directives: Low voltage 2006/95/EC; EMC 2004/108/EC Electromagnetic compatibility standards: EN61326 Safety standard: IEC/UL/CSA 61010-1 Safety of Laser products: IEC/UL/CSA 60825-1
Typical Analysis Time	Approximately 4 minutes	Display Type	Digital TFT VGA (640 x 480) color touch screen
Units	O ₂ Concentration: ppb, ppm CO ₂ Concentration: v/v, g/kg, g/L %W Total Package Quantities: mg, mL, mg/L, mL/L, µg/L Pressure: bar, mbar, psi Temperature: °F, °C, K	Communication Capabilities	1 x USB client, 1 x USB host, 1 x Ethernet
Operating Conditions	Package temperature: -2 to 30 °C (28 to 86 °F) Package pressure: 1.4 to 6.8 bar (20 to 73 psi) Ambient temperature: 0 to 40 °C (32 to 104 °F)	Dimensions (H x W x D)	942 mm x 540 mm x 537 mm
Package Settings	Closure types: metallic, PET Package height: min. 90 mm (3.54 in.) max. 340 mm (13.39 in.) Package volume: min. 150 mL	Weight	121.25 lbs. (55 kg)
		Installation Requirement	Power requirements: 100/240 VAC, 50/60 Hz Purge gas: CO ₂ with purity >99.9% at 6 to 7 bar abs (87 to 102 psi)
			<small>*Subject to change without notice.</small>

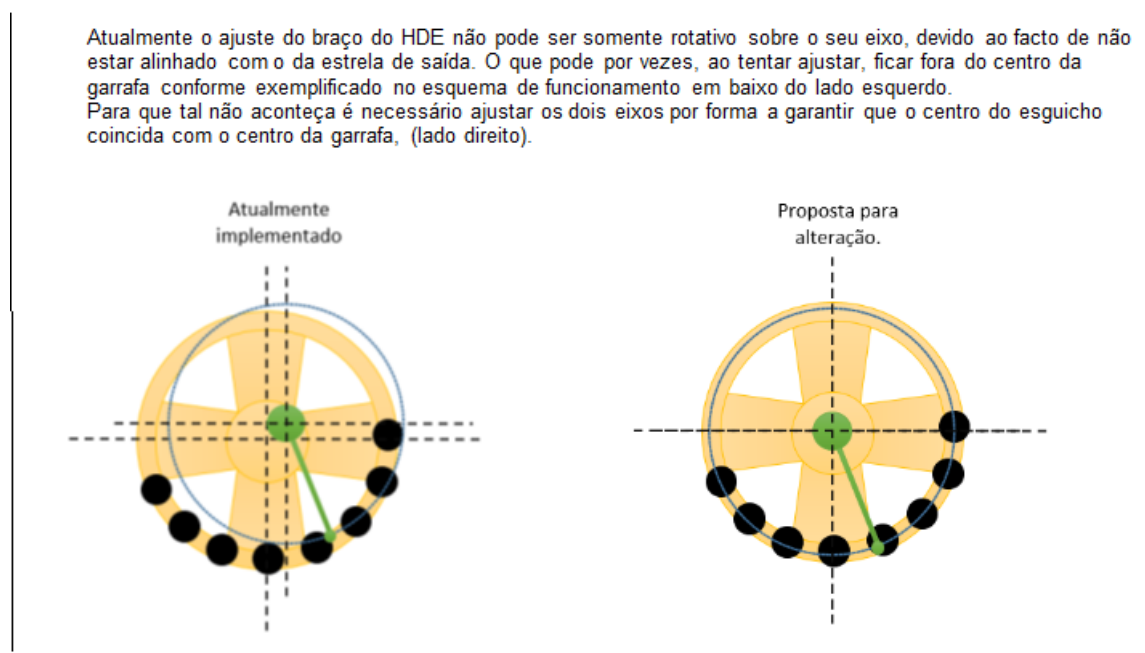
Anexo XIV – LUP das pressões de parametrização do sistema de HDE da enchedora

No Anexo XV é apresentado a LUP criada na atividade 4 para a padronização das novas pressões do sistema de HDE, segundo a rota de redução de defeitos seguido pela equipa de melhoria TPM para a redução dos níveis de *Total Package Oxygen*.

LUP				
Área:	Tipo: <input checked="" type="checkbox"/> C.Básico	<input type="checkbox"/> Problema	N°	
	<input type="checkbox"/> Melhoria	<input type="checkbox"/> Segurança		
Pilar:	<input type="checkbox"/> Manutenção Autónoma	<input type="checkbox"/> Formação e Treino	<input type="checkbox"/> Higiene, Segurança e Ambiente	
	<input type="checkbox"/> Manutenção Planeada	<input type="checkbox"/> Melhoria Específica	<input checked="" type="checkbox"/> Qualidade	
Elaboração:	Data:	Aprovação:	Data:	
Tema:				
HDE ENCHEDORA L03				
MULTIPLICADOR 80%				
		Pressão ideal (bar)	Potência (grf/h)	Pressão real (bar)
P0		1,0	>0	0,8
P1		1,0	7500	0,8
P2		1,4	15000	1,1
P3		2,0	22500	1,6
P4		4,0	30000	3,2
P5		5,0	37500	4,0
P6		6,0	45000	4,8
P7		7,0	52500	5,6
P8		8,0	60000	6,4
<p>A pressão real do esguicho deve estar regulada de acordo com a tabela de forma a garantir que o ar no colo e o conteúdo efetivo dentro dos parâmetros definidos.</p> <p>Sempre que seja necessário ajustar a pressão por alteração das condições de enchimento ou para cumprimento do ar no colo e conteúdo efectivo, ajustar apenas no multiplicador.</p>				
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div> <p>Atenção: Respeitar as regras de segurança definidas. Com a máquina em funcionamento não tocar em partes móveis e demasiado quentes nem inserir o corpo dentro da máquina.</p> </div> </div>				

Anexo XV – Proposta de melhoria para o alinhamento do eixo do braço do sistema de HDE

No anexo XVI é apresentada a proposta de melhoria para o alinhamento do eixo do braço do sistema de HDE aplicada à enchedora.



Proposta de Melhoria

Área: Enchimento		Nº Proposta:
Nome do Proponente:		Data:
Nº:	Ass.:	
Origem	<input type="checkbox"/> Rotina Anomalias	<input type="checkbox"/> Rotina Inspeções
	<input type="checkbox"/> Rotina Avarias	<input type="checkbox"/> Rotina Segurança
		<input type="checkbox"/> Equipa Melhoria
		<input checked="" type="checkbox"/> Outros
		<input type="checkbox"/> Organização 5'S

Título da Melhoria: Permitir um correto ajuste do Braço do HDE sobre a estrela

Descrição Detalhada:

Benefício esperado:
 Garantia de segurança da qualidade do produto, na fase de enchimento.

Custo Estimado:

Anexos:

Planeamento Análise de Risco NPV Impacto

Outros Quais: _____

Aprovação: Aprovado Não Aprovado

Descritivo da Decisão:

Assinatura:

Anexo XVI – Proposta de melhoria para a implementação do manómetro de pressão e temperatura no esguicho do sistema de HDE

No Anexo é apresentada a proposta de melhoria para a implementação do manómetro de pressão e outro de temperatura no esguicho do sistema de HDE da enchedora.

Proposta de Melhoria	
Área: Enchimento	Nº Proposta:
Nome do Proponente:	Data:
Ass.:	
Origem <input type="checkbox"/> Rotina Anomalias <input type="checkbox"/> Rotina Inspeções <input type="checkbox"/> Equipa Melhoria <input checked="" type="checkbox"/> Outros <input type="checkbox"/> Rotina Avarias <input type="checkbox"/> Rotina Segurança <input type="checkbox"/> Organização 5'S	
Título da Melhoria: Garantir segurança na qualidade do Esguicho do HDE	
Descrição Detalhada:	
<p>Instalar manómetros de pressão e temperatura para ser possível comparar os valores apresentados na consola de operação e os reais, garantindo assim a qualidade do produto. Em baixo está uma representação gráfica do pretendido com a implementação.</p> <div style="text-align: center;"> <p>Manómetros de Temperatura e Pressão a Implementar</p> <p>Bico do Esguicho</p> <p>Garrafa</p> </div>	
Benefício esperado:	
Garantia de segurança da qualidade do produto, na fase de enchimento.	
Custo Estimado:	
Anexos:	
<input type="checkbox"/> Planeamento <input type="checkbox"/> Análise de Risco <input type="checkbox"/> NPV <input type="checkbox"/> Impacto <input type="checkbox"/> Outros <input type="checkbox"/> Quais: _____	
Aprovação: <input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Não Aprovado	
Descritivo da Decisão:	
Assinatura:	