



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Inês Carolina Carvalho Vieira da Cruz

**Avaliação do impacto da redução de peso
da embalagem nas características da
qualidade do produto final**

Tese de Mestrado

Mestrado em Engenharia e Gestão da Qualidade

Trabalho efetuado sob a orientação de
Eusébio Manuel Pinto Nunes

Outubro de 2018

DECLARAÇÃO

Nome: Inês Carolina Carvalho Vieira da Cruz

Endereço eletrónico: inesvieiradacruz@gmail.com Telefone: 961 671 200

Número do Bilhete de Identidade: 14347669 6 ZY4

Título da dissertação: Avaliação do impacto da redução de peso da embalagem nas características da qualidade do produto final

Orientador: Eusébio Manuel Pinto Nunes

Ano de conclusão: 2018

Designação do Mestrado: Mestrado em Engenharia e Gestão da Qualidade

É autorizada a reprodução integral desta dissertação apenas para efeitos de investigação, mediante declaração escrita do interessado que, a tal, se compromete.

Universidade do Minho, 31/10/2018

Assinatura:



AGRADECIMENTOS

Concluída mais esta etapa da minha vida académica, não posso deixar de agradecer a todas as pessoas que me apoiaram e contribuíram, de alguma forma, para a realização da presente dissertação.

Agradeço ao meu orientador, Professor Eusébio Nunes, por toda a ajuda sempre disponibilizada.

Ao *Super Bock Group*, pela oportunidade de estágio, no Departamento de Qualidade.

A todos os colaboradores com que trabalhei, em especial à Eng^a Teresa Anjos, pelo conhecimento transmitido e pela oportunidade de me envolver em vários projetos da área.

Às minhas colegas de estágio, que partilharam esta aprendizagem comigo, pela força que me deram e por todos os bons momentos vividos.

Às minhas colegas de mestrado, por me terem ajudado a chegar até aqui e por todos os desabafos, nestes últimos meses.

E, por fim, o meu agradecimento especial à minha família, que tornou tudo isto possível, acreditando sempre em mim, nas minhas competências e capacidades.



RESUMO

A presente dissertação enquadra-se no Mestrado em Engenharia e Gestão da Qualidade da Universidade do Minho, e foi realizada, em ambiente empresarial, numa empresa do setor de produção e embalamento de bebidas.

Este trabalho tem por objetivo avaliar o impacto da redução de peso da embalagem de bebidas, sem afetar as especificações técnicas e o aspeto visual da embalagem, com vista à diminuição do impacto ambiental (menos matérias primas, menor gasto de energia e menor quantidade de resíduos no mercado) e à redução de custos na produção.

A redução de peso ocorreu em 5 tipos de embalagens: garrafa de cerveja Super Bock de 20cl; garrafa de água Pedras Salgadas normal de 25cl; garrafa de água Pedras Salgadas de sabor a limão de 25cl; garrafão de água lisa Caramulo de 6L; e garrafão de água lisa Vitalis de 6L. Nas garrafas de vidro a redução foi de 5 grama e nos garrafões 2,5 grama.

Sabendo que é necessário manter a qualidade do produto que chega ao cliente (cerveja e água), considera-se indispensável a garantia da qualidade da embalagem. A metodologia utilizada consistiu em realizar ensaios às características técnicas da qualidade da embalagem, efetuando uma comparação entre os valores da garrafa atual e da garrafa nova. O volume líquido da garrafa é a principal característica a manter, juntamente com os valores de resistência da garrafa de vidro, nomeadamente, a resistência ao choque térmico, devido às bruscas flutuações de temperatura; a resistência à pressão interna, devido à gaseificação do conteúdo líquido; a resistência à carga vertical; e a resistência ao impacto (principalmente na linha de enchimento).

Os resultados obtidos demonstram não haver diferenças significativas relativamente às principais características da qualidade da garrafa atual e da garrafa nova.

PALAVRAS-CHAVE

Processo de enchimento, Embalagens, Comparação de médias, Características da qualidade.



ABSTRACT

This thesis is part of the Master in *Engineering and Quality Management*, at the Minho University, and was carried out in a business environment, in a beverage production and packaging company.

For this study, the work objective is to reduce the weight of the packaging, without affecting the technical specifications of the bottle and the visual aspect for to reducing the environmental impact (less raw materials, lower energy consumption and less waste on the market) and, reducing production costs. The reduction of weight occurred in a five packages types, such as Super Bock beer, 20cl bottle; Pedras Salgadas water, 25cl bottle; Pedras Salgadas water, lemon flavor, 25cl; Caramulo water, six liter bottle; and Vitalis water, six liter bottle. Five grams were reduced in the glass bottles and 2.5 grams in the water carboys.

Knowing the necessity for to maintain the product quality that reaches the customers, it is essential to ensure the drinks packaging quality. The methodology used was to carry out tests on the technical characteristics of the packaging quality, comparing the current bottle values with the new bottle. In this way, the main characteristic to maintain is the net volume of the bottle with the values of the resistances of bottle glass, such us the thermal shock resistance, on account of temperature oscillations; the resistance to internal pressure, on account of the liquid content gasification; the vertical load resistance; and the impact resistance (especially during the filling line).

The results obtained concluded that there are no significant differences in relation to the main characteristics of the quality of the current bottle and the new bottle.

KEYWORDS

Filling process, Packaging, Average comparison, Quality characteristic



ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xv
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Metodologias de Investigação.....	3
1.4 Estrutura da Dissertação.....	4
1.5 Local de Estudo.....	5
2 Introdução Teórica.....	7
2.1 Definição de Qualidade.....	7
2.2 Abordagens de Gestão da Qualidade.....	7
2.3 Utilização do Vidro na Indústria Alimentar.....	8
2.4 Produção de embalagens de vidro.....	10
2.4.1 Produção do Vidro.....	11
2.4.2 Fabricação da Garrafa de Vidro.....	13
2.4.3 Controlo da Qualidade da Garrafa.....	17
2.4.4 Paletização das Garrafas.....	20
2.5 Nomenclatura da Garrafa de Vidro.....	20
2.6 Processo de Enchimento.....	22
2.7 Abordagem ao Polímero PET.....	24
2.8 Capabilidade do Processo.....	26
3 Ensaio Realizados às Características Técnicas da Qualidade da Embalagem.....	31
3.1 Objeto de Estudo.....	31
3.1.1 Quebra de Garrafas.....	34
3.1.2 Peso.....	38
3.1.3 Espessura e Diâmetro.....	41

3.2	Variáveis Críticas da Qualidade	46
3.2.1	Capacidade - Volume Líquido	46
3.2.2	Resistência ao Impacto, à Pressão Interna, ao Choque Térmico e à Carga Vertical 51	
3.2.3	Altura.....	53
3.3	Capabilidade do Processo - Resultados.....	55
3.4	Redução do Peso dos Garrafões PET	60
4	Conclusões Finais	67
	Referências Bibliográficas	69
	Anexo I – Marcas comercializadas pelo SBG.....	73
	Anexo II – Descrição das características da qualidade (Super bock e pedras Salgadas)	74
	Anexo III – Teste t Realizado em Excel	75
	Anexo IV – Garrafões PET	77



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Ciclo de vida do vidro (“Ciclo do Vidro - BA Glass,” n.d.).	10
Figura 2- Procedimento geral da produção de embalagens de vidro.	10
Figura 3- Produção de garrafas de vidro.	11
Figura 4- Esquema do forno (Azinheira & Dias, 2014).	13
Figura 5- Local de saída da gota para o molde (Azinheira & Dias, 2014).	13
Figura 6- Garrafa a sair do molde (Ferguson, 2017).	14
Figura 7- Imagem esquemática do processo de moldação soprado-soprado. Adaptado de Robertson (2013).	15
Figura 8- Imagem esquemática do processo de moldação prensado-soprado, adaptado de Robertson (2013).	15
Figura 9- Zonas de contacto das garrafas de água Pedras Salgadas e cerveja Super Bock.	19
Figura 10- Nomenclatura principal da garrafa de vidro.	21
Figura 11- Informação gravada no fundo de uma garrafa.	21
Figura 12- SIPOC do processo de enchimento de garrafas de vidro, neste caso cerveja.	23
Figura 13- Esquema de produção de uma embalagem de extrusão sopro. Adaptado de Duarte (2017).	26
Figura 14- Garrafas mencionadas neste trabalho.	34
Figura 15- Etapas para análise de garrafas partidas.	35
Figura 16- Fotografias da análise a quebra de garrafas:	36
Figura 17- Diagrama de causa-efeito da quebra de garrafas, após embalagem.	37
Figura 18- Gráficos de análise visual às paletes com:	37
Figura 19- Garrafas de vidro:	38
Figura 20- Balança digital, equipamento de pesagem utilizado.	39
Figura 21- Peso da garrafa Super Bock – 20cl:	40
Figura 22- Peso da garrafa de água Pedras Salgadas:	41
Figura 23- Equipamento de medição de espessuras; B- Paquímetro.	42
Figura 24: A- Garrafa Super Bock - Atual e Nova; B- Garrafa Pedras Salgadas - Nova e Atual.	42
Figura 25- Zonas de contacto e não contacto utilizadas em medições durante o ensaio.	43

Figura 26- Equipamento da BA mede, mecanicamente, a espessura e diâmetro das garrafas.	45
Figura 27- Volume líquido da garrafa Super Bock.	47
Figura 28- Gráfico do volume líquido da garrafa Pedras Salgadas.....	47
Figura 29: A- Marca dos 43mm na garrafa; B- distância de 43mm, ou inferior.....	48
Figura 30: A- Equipamento que mede a pressão interna; B- Equipamento que mede a carga vertical.	52
Figura 31- Graminho, equipamento de medição de altura da garrafa.	54
Figura 32- Gráfico da altura da garrafa Super Bock.	54
Figura 33-Gráfico da altura da garrafa de água Pedras Salgadas.....	55
Figura 34- Divisão do garrafão de água, em 3 partes (igualmente para Caramulo e Vitalis). .	63
Figura 35- Gráficos de análise aos garrafões de Água Caramulo.	64
Figura 36- Gráficos de análise aos garrafões da Água Vitalis	65



ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Matéria-prima do vidro (Azinheira & Dias, 2014; Robertson, 2013).....	12
Tabela 2- Exemplos de defeitos presentes nas embalagens.	18
Tabela 3- Resistência testada para a qualidade das garrafas de vidro (Robertson, 2013).....	18
Tabela 4- Descrição das etapas da linha de enchimento.	24
Tabela 5- Significado da simbologia utilizada nos cálculos.	29
Tabela 6- Valores de especificação das características técnicas da qualidade das garrafas Super Bock e Pedras Salgadas.	33
Tabela 7- Informações retiradas, durante a análise, a quebras de garrafas em paletes.	36
Tabela 8- Peso das garrafas Super Bock e Pedras Salgadas.	38
Tabela 9- Espessura das garrafas Super Bock - Atual e Nova. Valores do ensaio no laboratório do SBG.	43
Tabela 10- Diâmetro das garrafas Super Bock - Atual e Nova.	44
Tabela 11- Espessura e diâmetro das garrafas de água Pedras Salgadas - Atual e Nova.....	45
Tabela 12- Espessura e diâmetro da garrafa Super Bock Atual e Nova e da garrafa Pedras Salgadas Nova, nos laboratórios da BA.	46
Tabela 13- Densidades	46
Tabela 14- Valores médios da capacidade, nos laboratórios da BA, para a garrafa Super Bock.	48
Tabela 15- Valores médios da capacidade, nos laboratórios da BA, para a garrafa Pedras Salgadas.....	49
Tabela 16- Dados do volume líquido.	49
Tabela 17- Estatística de grupo dos dados, obtida no SPSS.	50
Tabela 18- Teste de amostras independentes, obtidas no SPSS.....	50
Tabela 19- Ensaio para obter os valores de resistência da garrafa de vidro.	51
Tabela 20- Resultados dos ensaios de resistência da atual e da nova garrafa Super Bock.	52
Tabela 21- Resultados dos ensaios de resistência da atual e da nova garrafa de água Pedras Salgadas.....	53
Tabela 22- Resultados das medições de altura nos laboratórios da BA.	55
Tabela 23- Dados da garrafa nova Super bock – Operador A.	56

Tabela 24- Dados da garrafa nova Super Bock – Operador B.	57
Tabela 25- Resultados da garrafa nova Super Bock do operador A e operador B.....	57
Tabela 26- Dados da garrafa nova Pedras Salgadas - Operador A	58
Tabela 27- Dados da garrafa nova Pedras Salgadas – Operador B.....	59
Tabela 28- Resultados da garrafa nova Pedras Salgadas do operador A e operador B.....	59
Tabela 29- Definição dos equipamentos e métodos utilizados no ensaio de características técnicas de qualidade do garrafão.	61
Tabela 30- Parâmetros de enchimento:	62



LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

°C- Grau Celsius

cl- Centilitro(s)

LIE- Limite inferior de especificação

LSE- Limite superior de especificação

ml- mililitros(s)

mm- milímetro(s)

SB- Super Bock

SBG- Super Bock Group

ZCI - Zona de Contacto Inferior

ZCS - Zona de Contacto Superior

ZNC - Zona de Não Contacto

ZNCI - Zona de Não Contacto Inferior

ZNCS - Zona de Não Contacto Superior



1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, apresenta-se o enquadramento do trabalho, os objetivos propostos, a metodologia de investigação, a estrutura da dissertação e o local de estudo.

1.1 Enquadramento

O presente trabalho surge no âmbito da unidade curricular de Dissertação de Mestrado, em Engenharia e Gestão da Qualidade, da Universidade do Minho. Desenvolvido nos serviços técnicos do Departamento de Qualidade do *Super Bock Group* (SBG), em Leça do Balio – Matosinhos, consiste na avaliação do impacto da redução de peso da embalagem nas características da qualidade do produto final.

Em termos de volume de vendas (em hectolitros), a cerveja tornou-se a bebida alcoólica mais vendida em todo o mundo. Em termos globais, a produção aumentou de 1,3 bilhões de hectolitros, em 1998, para quase dois bilhões de hectolitros, em 2013 (Mirabito, Oliphant, Van Doorn, Watson, & Spence, 2017).

Por ser considerada um produto alimentar, devido ao uso de grãos de cereal como matéria-prima, deve garantir-se a máxima qualidade da cerveja quando chega ao cliente (Marco, I, Miranda, Riemma, & Iannone, 2016). Neste sentido, a embalagem desempenha um papel importante na qualidade do produto final, à semelhança do que se verifica com outros produtos alimentares.

De um modo geral, a embalagem é um componente indispensável do estilo de vida dos tempos modernos e desempenha um papel vital na produção, preservação, distribuição e comercialização de produtos. Por conseguinte, o fecho de uma embalagem é idealizado para proteger o produto contra derrames, furtos, contaminações e perdas de qualidade. E quando um de nós adquire um produto embalado supõe, naturalmente, que esse produto esteja bem protegido e que o acesso a ele seja seguro e fácil (Galotto & Ulloa, 2010).

No que diz respeito ao sector de bebidas disponíveis no mercado (cervejas, águas, sumos, vinhos, entre outros), e na qual o SBG se integra, a embalagem de vidro adquire uma importância fulcral no resultado final do produto. Nas fábricas do SBG, em Leça do Balio e

Pedras Salgadas, são aos milhares as garrafas que ali circulam, diariamente. E, como tal, este produto acaba por ser detentor de especial atenção, por parte dos seus responsáveis.

Assim, quando a garrafa entra na linha de enchimento e apresenta defeitos, a produção fica afetada, pois a linha é interrompida de imediato para que se identifique/confirme o problema existente. O lote de fabrico da garrafa poderá ser bloqueado e substituído por outro. A empresa dispõe de vários equipamentos, instalados ao longo da linha, nomeadamente os inspetores de garrafas vazias e de garrafas cheias, por forma a minimizar o risco de serem colocadas garrafas com defeitos no mercado. Deste modo, constata-se a preocupação do grupo no controlo da qualidade das garrafas de vidro que chegam as suas instalações, através dos seus diversos fornecedores.

A indústria do vidro tem vindo a aumentar, desempenhando um papel fundamental em diferentes setores tradicionais e inovadores. As empresas deste setor lidam com grandes volumes de produção e são consumidoras de grande quantidade de energia. Por este motivo, são necessárias constantes melhorias tecnológicas nos processos de produção, para que se reduzam os consumos/desperdícios de matérias-primas e energia (Mohajerani et al., 2017; Testa, Malandrino, Sessa, Supino, & Sica, 2017). Embora estes aspetos do processo de produção de garrafas de vidro digam diretamente aos seus fabricantes, não deixam de preocupar o SBG pelas implicações que têm, nomeadamente, em termos ambientais e de sustentabilidade.

Deste modo, destacam-se como aspetos motivacionais do SBG:

- i) a redução do impacto ambiental da produção das garrafas de vidro utilizadas no processo de enchimento de cerveja nas suas linhas;
- ii) a redução dos custos de produção e de logística, a inovação, a concorrência e a sustentabilidade do negócio.

Ora, a redução na quantidade de vidro utilizada na produção das garrafas conduz a uma diminuição do impacto ambiental (menos matérias primas, menor consumo de energia e menor quantidade de resíduos no mercado) e, simultaneamente, uma redução de custos na produção. Contudo, dever-se-á avaliar as consequências de uma redução específica no peso de uma dada garrafa nas características da mesma. No caso concreto deste projeto, o problema em estudo é o seguinte:



Pretende-se reduzir 5 gramas (aproximadamente 3%) ao peso atual de três tipos de garrafas de 20 cl e 25 cl (*Cerveja Super Bock* de 20cl, *água das Pedras Salgadas de cor verde* e *água das Pedras Salgadas de cor branca*, ambas de 25cl) comercializadas pelo SBG e, assim, proceder-se à avaliação do seu impacto, num conjunto de características técnicas da qualidade deste produto.

1.2 Objetivos

Este trabalho teve como principais objetivos a identificação e validação de todos os impactos sofridos nas características técnicas da qualidade resultantes da redução de peso das garrafas de vidro usadas no enchimento de cerveja e de água, por uma grande empresa deste sector, assim como, dos garrafões de 6L de águas lisas, que também sofreram redução de peso e foram avaliados.

Mais especificamente, pretende-se:

- Avaliar quantitativamente (para comparação) as quebras da garrafa atual de cerveja de 20cl e 25cl presentes no armazém automático, prontas para expedição e, na presença de garrafas partidas, localizar o local da garrafa na matriz da paleta. No caso das paletes da nova garrafa, será simulado um transporte para posteriormente ser efetuada outra avaliação;
- Analisar e comparar, em laboratório, as principais características da qualidade das garrafas de 20cl e de 25cl, usadas atualmente, com as das novas garrafas, tendo em conta o cumprimento das especificações técnicas;
- Acompanhar e analisar a nova garrafa nas linhas de enchimento e, se necessário, apresentar sugestões de alteração/ajuste dos equipamentos da linha de enchimento e da embalagem, para assegurar o cumprimento das especificações;
- Analisar os resultados dos ensaios realizados aos garrafões (de PET) de águas lisas, após passarem pela linha de enchimento, para garantir a sua conformidade; bem como, analisar a estabilidade das paletes e resistência dos garrafões, no final de um transporte simulado para o efeito.

1.3 Metodologias de Investigação

Na elaboração deste trabalho, foi adotada a metodologia Investigação-Ação. Trata-se de uma abordagem a uma situação/sistema que visa não apenas entender, mas melhorar essa

situação/sistema (Lawler, n.d.), ou, como Elliot (1991) menciona, “*O estudo de uma situação social com vista a melhorar a qualidade da ação dentro dela*”.

Para uma definição abrangente da *Investigação-Ação*, são necessárias cinco etapas (Diagnóstico, Planeamento das Ações, Implementação das Ações, Avaliação e Especificação da Aprendizagem). No entanto, podem existir projetos, no âmbito desta metodologia, que possam diferir no número de etapas (Susman & Evered, 1978).

Neste trabalho, é necessária uma pesquisa bibliográfica a partir de livros, artigos científicos, teses de dissertação, entre outros, onde será aprofundado o conhecimento de temas relacionados com a indústria do vidro e com a indústria alimentar.

As cinco etapas, referidas anteriormente, são percorridas da seguinte forma: 1) Diagnóstico: identificar e definir o problema; 2) Planeamento das Ações: existência de várias hipóteses, considerando as descobertas, com vista a resolução do problema; 3) Implementação das Ações: selecionar o melhor plano de ação; 4) Avaliação: estudar as consequências da ação; e 5) Especificação da Aprendizagem: identificar o que correu bem e o que poderá ser melhorado. As etapas comportam-se em ciclo onde, simultaneamente, se *olha* para a frente e para trás, numa “*tensão entre a compreensão retrospectiva e a ação prospetiva*” (Carr & Kemmis, 2004).

1.4 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em quatro capítulos. Este é o primeiro, onde, e em modo de introdução, é apresentado o enquadramento do trabalho, os seus objetivos e a metodologia de investigação seguida; e a estrutura apresentada, ao logo da dissertação, terminando com a apresentação do local de estudo.

No segundo capítulo apresenta-se uma introdução teórica, que aborda temas que levam ao melhor entendimento do caso prático, mencionando-se diversos conceitos relevantes, relacionados com as embalagens de vidro e com o processo de enchimento.

No terceiro capítulo serão apresentadas quatro secções: 1) Primeiramente, são apresentadas as garrafas em estudo (cerveja Super Bock - 20cl, água Pedras Salgadas, de cor verde, e água Pedras Salgadas, de cor branca, ambas de 25cl); o ensaio realizado às quebras da garrafa, no produto final (Super Bock, de 20cl e de 25cl, garrafa atual); e as características técnicas da qualidade, que sofreram alteração (o peso, a espessura e o diâmetro da garrafa). 2) De



seguida, apresentam-se os ensaios realizados às variâncias críticas da garrafa, para garantir a sua conformidade, apresentando-se o método de comparação, entre a garrafa atual e a garrafa nova. 3) Aqui, mostra-se um estudo da capacidade do processo que envolve a pesagem do volume líquido. 4) Por fim, exibe-se o projeto da redução de peso de garrafões de água lisa da marca Caramulo e Vitalis.

No capítulo quatro, são apresentadas as principais conclusões retiradas deste trabalho e descritas algumas etapas que não se realizaram.

1.5 Local de Estudo

O SBG é a maior empresa portuguesa de bebidas. Fundada em 1890, com o nome *Companhia União Portucalense das Fábricas de Cerveja*, passou a designar-se por *Unicer Bebidas S.A.* e, mais recentemente, em 2017, sofreu a alteração para o seu nome atual. É uma empresa maioritariamente portuguesa, detida, em 56 %, pela *Viacer (Violas e Arsopi)* e 44% pela *Carlsberg* (“*SUPER BOCK GROUP - Estrutura Acionista,*” n.d.). O seu ramo de negócio está presente nas cervejas e águas engarrafadas; no segmento dos refrigerantes e vinhos; na produção e comercialização de malte; e na área do turismo. As marcas comercializadas pela empresa estão apresentadas no Anexo I.

A sede situa-se em Leça do Balio - Matosinhos, distrito do Porto. Aqui, é produzida a cerveja Super Bock, e todo o seu processo de enchimento. Por sua vez, a água Pedras Salgadas tem a sua captação no Parque das Pedras Salgadas, no distrito de Vila Real, sendo transportada, através de um sistema de tubagens, para a sua linha de enchimento localizada a poucos quilómetros daquele local.

O SBG está presente em mais de 50 países espalhados pelo mundo, nomeadamente em diversos países da Europa, nos Países da Lusofonia (como o Brasil, Angola e Moçambique), na Arábia Saudita, no Médio Oriente e, mais recentemente, e já com grande importância, na Ásia Oriental (“*SUPER BOCK GROUP - Onde Estamos,*” n.d.).



2 INTRODUÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem como propósito abordar conceitos necessários para um melhor entendimento do projeto. Começa por uma definição de qualidade. Seguidamente, apresenta a produção da embalagem de vidro e o seu processo de enchimento, fazendo, também, referência ao material utilizado para a produção de garrações de água, o polímero polietileno tereftalato (PET).

2.1 Definição de Qualidade

Qualidade significa “*atender aos requisitos*”. Com esta definição, percebe-se que, para ter um produto de qualidade, os requisitos devem ser mensuráveis e os requisitos do produto serão atendidos ou não. Com este significado, a qualidade é um estado binário, ou seja, é um produto de qualidade ou não o é. Os requisitos podem ser muito completos ou podem ser simples, mas, desde que sejam mensuráveis, pode-se determinar se a qualidade foi ou não alcançada. Esta é a visão de qualidade do produtor, conforme os seus requisitos ou as suas especificações. Atender às especificações torna-se, assim, um fim em si mesmo (Lewis, 1999).

Outra definição de qualidade é a do cliente. Com esta definição, o cliente define o seu grau de qualidade, no sentido de perceber se o produto/serviço vai ao encontro daquilo que necessita. Ou seja, a qualidade tem a ver com o facto de ser, ou não, “adequada ao uso”. Ao mesmo tempo, também deve existir uma descrição do objetivo do produto, normalmente documentado na “especificação de requisitos” de um cliente. Neste sentido, os requisitos devem estar num documento que será de extrema importância, pois o sistema de qualidade gira em torno dele. Além disso, os atributos de qualidade são descritos na especificação de requisitos do cliente (Lewis, 1999).

2.2 Abordagens de Gestão da Qualidade

Para gerir a qualidade e, por conseguinte, abordar os problemas da qualidade de forma estruturada, Juran e Godfrey (1998) propõem uma abordagem em três fases: Planeamento, Controlo e Melhoria. Cada uma destas fases é apoiada por ferramentas e técnicas adequadas (Spring, McQuater, Swift, Dale, & Booker, 1998). Segundo McQuater, Scurr, Dale, &

Hillman (1995), ferramentas e técnicas da qualidade são métodos, habilidades, meios ou mecanismos práticos que podem ser aplicados a tarefas específicas, usadas na maior parte das vezes, individualmente, para facilitar mudanças positivas. Exemplos: diagrama de causa e efeito; análise de Pareto; gráficos de controle; histogramas e fluxogramas (diagrama que mostra as etapas sequenciais de um processo ou de um fluxo de trabalho, que vai para a criação de um produto ou serviço (Lewis, 1999)).

O PDCA (Plan, Do, Check, Action) é um método de gestão para melhoria contínua da qualidade. Também é conhecido por *ciclo de Deming*, em homenagem ao Doutor Edwards Deming, que introduziu este método, pela primeira vez, no Japão. A definição usual é *PLANEAR, EXECUTAR, VERIFICAR e AGIR*. E significa definir o objetivo do trabalho, desenvolver e executar um plano para atender a esse objetivo, e verificar se os resultados esperados são atingidos. Se os resultados previstos não forem atingidos, são feitas modificações no procedimento de trabalho para cumprir o plano (Lewis, 1999).

Seguir este ciclo PDCA é mais eficaz do que adotar a abordagem perfeccionista de se concentrar exclusivamente no desenvolvimento de planos perfeitos. Além dos fatores que podem ser controlados com precisão, geralmente, há muitos outros fatores externos com probabilidade de influenciar os resultados, e é quase impossível estabelecer padrões sobre todos esses fatores. Por essa razão, mesmo que o plano seja quase perfeito, ainda é necessário continuar a verificar e tomar decisões corretivas (Juran & Godfrey, 1998).

2.3 Utilização do Vidro na Indústria Alimentar

Segundo (Coles, Mc Dowell, & Krwan, 2003)(2003), os consumidores atribuem uma percepção de alta qualidade aos produtos embalados em vidro e dispõem-se a pagar mais por isso. Assim, o vidro traz vantagens a nível de:

- Transparência - vantagem de se ver o produto;
- Impermeabilidade - para todos os efeitos práticos, relacionados com a embalagem de alimentos e líquidos;
- Integridade química - o vidro é quimicamente resistente a todos os produtos alimentares, líquidos e sólidos;
- Processamento por calor - o vidro é termicamente estável, o que o torna adequado para o enchimento a quente, esterilização por calor no recipiente e pasteurização de produtos alimentícios;



- Proteção UV - o vidro âmbar oferece proteção UV ao produto e, em alguns casos, o vidro verde pode oferecer proteção UV parcial;
- Higiene - superfícies de vidro são facilmente molhadas e secas durante a lavagem e limpeza, antes do enchimento;
- Benefícios ambientais - recipientes de vidro são retornáveis, reutilizáveis e recicláveis.

➤ Ciclo de Vida do Vidro

O vidro é um material não biodegradável, devido à sua natureza inerte, demorando 1 milhão de anos para se decompor, retirando lugar, muitas vezes, nos aterros para os materiais biodegradáveis. Em muitos países do mundo, diminuir os resíduos de vidro tornou-se um verdadeiro desafio ambiental. A sua reutilização, nos diferentes sectores, faz com que as emissões de gases de efeito de estufa sejam minimizadas e alivia a escassez de aterros (Mohajerani et al., 2017). Segundo Mohajerani et al. (2017)), por cada tonelada de vidro reciclado são, aproximadamente, conservados 560 kg de areia, 190 kg de carbonato de sódio, 175 kg de calcário e 64 kg de feldspato.

Segundo Robertson (2013), as fábricas utilizavam cerca de 15% a 20% de casco (vidro quebrado ou usado) na mistura crua do vidro, mas com o aumento generalizado da reciclagem essa percentagem aumentou para 65% ou mais, tendo alguns países adotado uma produção com casco na sua totalidade.

O vidro que vai para reciclagem está contaminado com vários materiais, incluindo rótulos, cortiça e plástico. Para a sua limpeza o vidro é esmagado, passando por um separador magnético e, em seguida, por uma triagem, que usa um soprador de ar, que remove o material leve, como o papel e o plástico. A limpeza do vidro não é o desafio mais difícil, mas sim a separação das suas diferentes cores. É esta separação que leva ao sucesso da sua reciclagem. Em média, 65% é vidro transparente, 20% âmbar e 15% verde. Existem processos de separação manual e automáticos, baseados na transmitância da luz visível. Quando os recipientes das diferentes cores estão misturados só podem ser reciclados para o vidro de cor âmbar (Robertson, 2013).

Segundo Shulman (2011), o impacto da reciclagem do vidro está na redução de resíduos enviados para aterro. Contudo, se o casco tiver de ser transportado mais de 160Km para esse reaproveitamento, a reciclagem não representa economia de energia.

Como podemos ver, na Figura 1, as garrafas de vidro podem seguir dois caminhos. Se forem garrafas retornáveis, estas voltam a entrar nas linhas de enchimento, após o seu conteúdo ser consumido, e voltam para o mercado. No caso de se tratar de garrafas de tara perdida, depois do seu consumo, são depositadas nos ecopontos verdes e reencaminhados para reciclagem. A sua limpeza é feita, como indicada anteriormente, e o vidro triturado (o casco) pode voltar para a fábrica do vidro, onde será introduzido na matéria-prima.

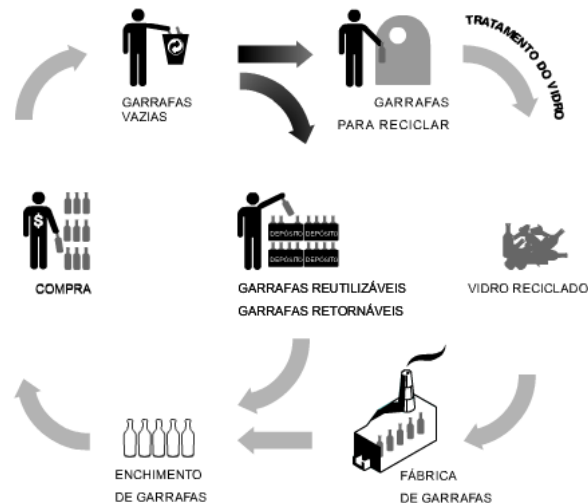


Figura 1- Ciclo de vida do vidro (“Ciclo do Vidro - BA Glass,” n.d.).

2.4 Produção de embalagens de vidro

Esta secção tem como intuito apresentar as etapas necessárias para a produção de embalagem de vidro, com foco nas garrafas de vidro. Na Figura 2, é apresentado um esquema geral com as etapas comuns à produção de embalagens de vidro.

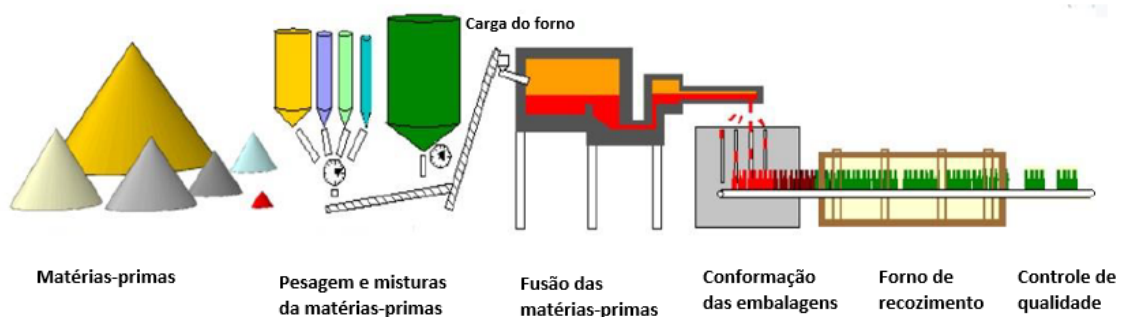


Figura 2- Procedimento geral da produção de embalagens de vidro.



Na Figura 3, é apresentado um esquema da produção de embalagens de vidro, desde a produção do vidro à produção das garrafas, passando pelo controlo da qualidade e terminando com a paletização das garrafas.

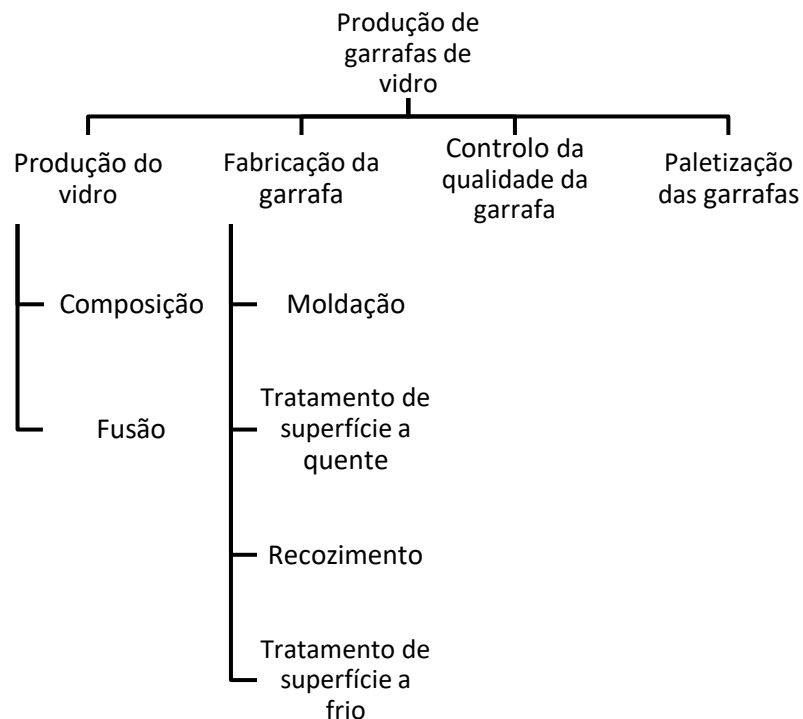


Figura 3- Produção de garrafas de vidro.

2.4.1 Produção do Vidro

A produção de vidro é dividida em duas fases, que serão explicadas nesta secção: (i) composição do vidro; (ii) fusão do vidro.

(i) Composição do vidro

O vidro é composto fundamentalmente por dióxido de silício, óxido de sódio e óxido de cálcio. Estes componentes levados a altas temperaturas (1500°C - 1600°C), formam uma estrutura semelhante a um líquido, mas quando expostos à temperatura ambiente comportam-se como um sólido. Por este motivo, o vidro pode ser moldado com grande facilidade (Mohajerani et al., 2017; Testa et al., 2017).

Segundo Klimovitz e Ockert (1982), além da matéria-prima (ver *Tabela 1*) são adicionados corantes e oxidantes, para obter a cor desejável. Neste projeto, iremos falar de três tipos de cor, âmbar (mais acastanhada), verde e incolor. De acordo com Robertson (2013), a cor âmbar provém do Sulfeto de Sódio (Na_2S); a cor verde de uma junção de Óxido de Cromo (Cr_2O_3),

Óxido de Ferro (FeO_3), Óxido de Cobre (CuO) e Óxido de Vanádio (III) (V_2O_3); para uma ausência de cor, temos o Óxido de Cério (CeO_2) e o Dióxido de Titânio (TiO_2). A cor nas garrafas tem a principal função de proteger o conteúdo de radiações indesejáveis, não sendo apenas um fator estético (Akerman, 2013).

Tabela 1- Matéria-prima do vidro (Azinheira & Dias, 2014; Robertson, 2013).

Matéria-prima	Percentagem
Dióxido de Silício (SiO_2)	70 > 72 %
Óxido de Sódio (Na_2O)	12 > 14 %
Óxido de Cálcio (CaO)	9 > 11 %
Óxido de Magnésio (MgO)	0 > 3 %
Óxido de Alumínio (Al_2O_3)	0 > 2 %
Óxido de Potássio (K_2O)	0 > 1 %
Resíduos de vidro moído provenientes da reciclagem (casco)	-

A percentagem de vidro reciclado, o casco, adicionado ao conjunto das matérias-primas, pode chegar aos 80%. Este funde a uma temperatura inferior, gerando uma poupança de energia. Antes de ser utilizado, sofre uma limpeza para remover os contaminantes e ser separado por cores. Na limpeza e triagem do vidro, este, primeiramente, passa pela escova e, de seguida, retira as tampas de plástico, etiquetas, coroas metálicas, etc. Muitas vezes, este processo não é capaz de remover a cerâmica existente, que derrete a uma temperatura superior e tem ponto de fusão diferente, podendo formar “pedras” na garrafa, enfraquecendo-a (Klimovitz & Ockert, 1982).

(ii) Fusão do Vidro

A fusão das matérias-primas do vidro ocorre no forno (Figura 4). Este permanece ativo durante 24 horas, todos os dias do ano, podendo, por vezes, produzir em baixas quantidades, quando a entrada de matéria-prima é reduzida. A sua vida útil termina ao fim de 8 a 10 anos.

As paredes do forno são constituídas por material refratário, para deterem capacidade de resistência às altas temperaturas de fusão. A temperatura dentro do forno vai variando, consoante as reações químicas que ocorrem, para que a fusão do vidro ocorra (atingindo temperaturas de 1600 °C).

O combustível principal para aquecer o forno é o gás natural. Todavia, estes fornos podem estar preparados para usar outro tipo de combustível, como o óleo, o propano ou a eletricidade (“Processo produtivo - Vidrala Vidrala,” n.d.; “Verallia Portugal, S.A. - Processo e Fluxograma,” n.d.).

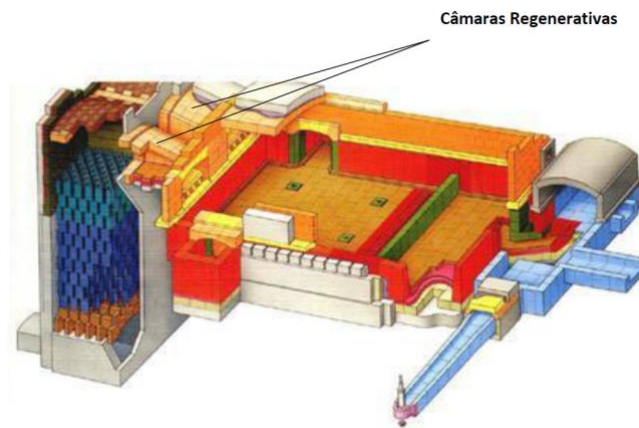


Figura 4- Esquema do forno (Azinheira & Dias, 2014).

Com o objetivo de garantir toda a qualidade do vidro, e após a fusão de todas as matérias-primas e a afinação das mesmas, podemos dizer que estão reunidas as condições para a próxima fase do processo.

2.4.2 Fabricação da Garrafa de Vidro

A fabricação da garrafa de vidro é dividida em quatro fases: (i) Moldação; (ii) Tratamento de superfície a quente; (iii) Recozimento; (iv) Tratamento de superfície a frio.

(i) Moldação

A moldação é a fase onde o líquido viscoso dá forma à embalagem, pois este, a altas temperaturas, molda-se com muita facilidade.



Figura 5- Local de saída da gota para o molde (Azinheira & Dias, 2014).

O líquido viscoso é cortado em gotas (Figura 5), por mecanismo de tesoura, de acordo com o peso e altura da embalagem pretendida. Por ação da gravidade, a gota entra nas máquinas IS - secção individual (Figura 6), através de tubos de cerâmica. A máquina pode atingir até 16 secções e cada secção pode receber de uma a quatro gotas, sendo que cada gota dá origem a

uma garrafa. Pelo facto das secções serem independentes, no momento de reparação ou manutenção, a produção não necessita de parar (Manoel, 2010; Robertson, 2013).



Figura 6- Garrafa a sair do molde (Ferguson, 2017).

A moldação é dividida em duas etapas, a formação da pré-forma ou esboço e a inserção da pré-forma, no molde final. Para isso, existem três tipos de tecnologia, que diferem na formação da pré-forma da embalagem:

- Soprado-Soprado (SS);
- Prensado-Soprado (PS);
- *Narrow Neck Press-Blow* (NNPB).

A grande diferença entre as três está no tipo de tecnologia usada. Assim, o processo SS é desenvolvido através da ação pneumática, enquanto que os processos PS e NNPB utilizam um punção que visa dar forma à pré-forma referida (Manoel, 2010; Robertson, 2013).

➤ Soprado-Soprado (SS)

A gota de vidro (quantidade de vidro cortada com precisão, em termos de peso e forma) entra no molde de ferro fundido, a pré-forma. Através de um sopro de ação pneumática, é formado o pescoço e a marisa. Em seguida, sofre um sopro no sentido contrário do primeiro, onde lhe é dada a forma do primeiro molde. Sofre uma inversão e é transferida para o molde final, sofrendo novamente ação pneumática (cerca de 200kPa), aplicada de modo a que o vidro seja pressionado contra toda a superfície metálica do molde, dando forma ao molde final da embalagem, como podemos ver na Figura 7.

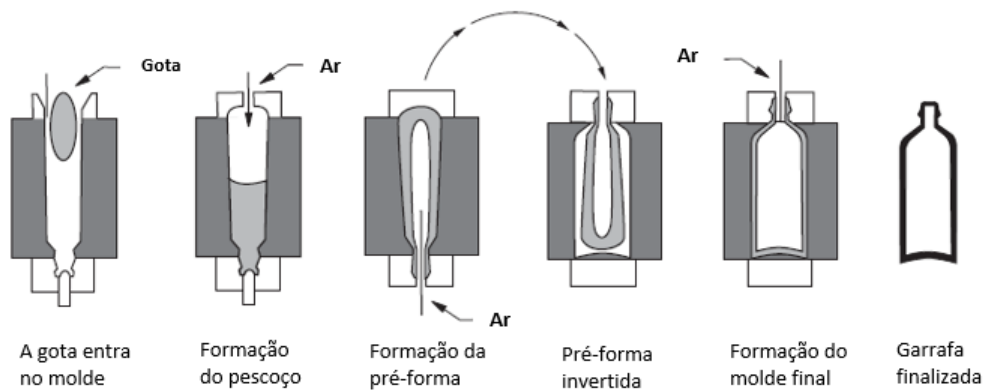


Figura 7- Imagem esquemática do processo de moldação soprado-soprado. Adaptado de Robertson (2013).

➤ Prensado-Soprado (PS)

Neste processo, a grande diferença relativamente ao soprado-soprado tem a ver com o modo como é formada a pré-forma. Aqui, a ação é realizada através de um punção metálico (Figura 8). Este pressiona a gota de vidro contra as paredes do molde e este dá lugar à pré-forma. De salientar que o punção metálico pode ter outras funcionalidades, como o de retirar energia térmica do interior da pré-forma. Em seguida, a pré-forma é invertida, sofrendo um sopro de ação pneumática contra o molde da forma final. Assim, dá-se por terminado o processo e obtemos a embalagem finalizada.

O prensado-soprado é o processo utilizado para a moldação das embalagens que possuem diâmetros superiores a 38mm. Aqui, espera-se obter uma embalagem mais controlada, relativamente às suas características, bem como à sua espessura e ao seu volume, devido à utilização do punção na fase de moldação do esboço.

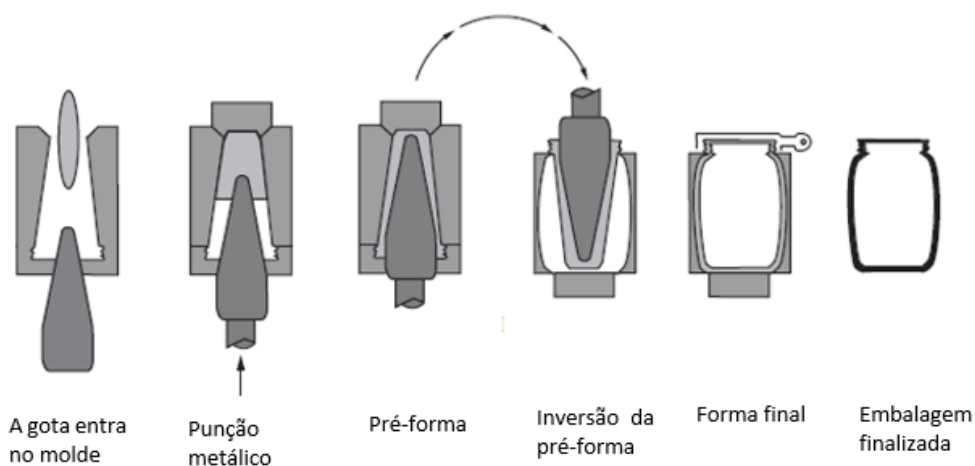


Figura 8- Imagem esquemática do processo de moldação prensado-soprado, adaptado de Robertson (2013).

➤ Narrow Neck-Press-Blow (NNPP)

Por último, o NNPP é um processo muito semelhante ao prensado-soprado, talvez um aperfeiçoamento deste. Este NNPP foi introduzido nos anos 70 nos EUA, mas desenvolvido na Alemanha, muito recentemente. Neste processo de moldação, as embalagens não ultrapassam os 38mm de diâmetro, no gargalo, e permitiu aos fabricantes o aperfeiçoamento de garrafas mais leves e em maior quantidade. O uso do punção continua a ser o método da formação da pré-forma, apesar do vidro ser espalhado mais uniformemente, levando a uma poupança de até 30% do vidro. De seguida, a pré-forma é soprada e a embalagem termina com uma espessura mais uniforme e mais resistente à carga vertical, choque térmico e força de impacto.

(ii) Tratamento de Superfície a Quente

Este tratamento é aplicado antes da entrada na arca de recozimento, tendo por objetivo proteger a superfície do vidro, tornando-o mais resistente. É aplicado na superfície do vidro um composto metálico, mais concretamente o tetracloreto de estanho ou de titânio, sob a forma vaporizada, à saída da máquina. O tratamento só é aplicado às embalagens sem retorno, destinadas a bebidas carbonatadas, como a cerveja e água das pedras.

(iii) Recozimento

O processo de moldação cria muitas tensões nas embalagens, e para as eliminar existe o processo de recozimento. Este processo mantém as embalagens de vidro a temperaturas superiores, durante um espaço de tempo, onde as tensões são eliminadas. O recozimento é dividido em quatro fases:

- Pré-aquecimento: as embalagens são aquecidas à temperatura do recozimento;
- Manutenção: a temperatura de recozimento é de ≈ 550 °C;
- Arrefecimento lento: a temperatura não permite introdução de tensões (≈ 515 °C);
- Arrefecimento rápido: até à temperatura ambiente.
- O tempo de recozimento é diretamente proporcional à espessura do vidro.

(iv) Tratamento de Superfície a Frio

Ao contrário do tratamento de superfície a quente, este tratamento é aplicado a quase todas as embalagens de vidro, com o recipiente abaixo do 100°C. Tem como finalidade aumentar a lubricidade das embalagens, fazendo diminuir o atrito (que as danifica) entre elas, auxiliando



as linhas de enchimento. Os produtos utilizados denominam-se *ácido oleico* ou *emulsões de polietileno solúvel* e são aplicados por pulverização. É importante verificar a compatibilidade deste tratamento com as colas utilizadas para fixar os rótulos.

2.4.3 Controlo da Qualidade da Garrafa

Após o tratamento a frio, é necessário assegurar a qualidade das garrafas que chegam ao cliente. São vários os parâmetros controlados pelas vidreiras, e com o auxílio de diversos equipamentos, que garantem o fim da linha de garrafas sem qualquer tipo de defeito.

Existem dois tipos de origem dos defeitos: mecânica e térmica. Os defeitos de origem mecânica resultam de desajustes ou avarias nos moldes, podendo ser corrigidos por ajustes. Por sua vez, os defeitos de origem térmica podem se dever à rapidez de arrefecimento do vidro; ao facto do vidro não diminuir suficientemente a sua temperatura; ou, ao modo heterogéneo e irregular de arrefecimento do vidro. Segundo a Norma portuguesa 3348, os defeitos de origem mecânica e térmica, nas embalagens de vidro, são classificados em três classes:

- Críticos - defeitos perigosos para a saúde do consumidor final, e/ou que provocam avarias/quebras de rendimento, nas linhas de enchimento;
- Absolutos ou Maiores - defeitos que levam à diminuição do rendimento das linhas de enchimento, ou tornam a embalagem com menor eficácia de utilização;
- Relativos ou Menores - defeitos não presentes nas classes anteriores, tratando-se, essencialmente, de defeitos de aspeto.

Na Tabela 2, estão preferidos alguns dos defeitos existentes e descritos na NP-3348.

Por sua vez, nas secções abaixo, apresenta-se com maior pormenor, que os moldes das garrafas podem ser identificados. Quando nas garrafas são encontrados erros sistemáticos, o molde destas pode-nos levar à origem do problema e, assim, efetuarem-se as devidas ações corretivas.

O controlo da qualidade das garrafas não é apenas garantido com a ausência de defeitos, rejeitados pelos equipamentos das linhas de produção. Existe um conjunto de ensaios realizados às mesmas, em laboratório. A espessura e diâmetro, a altura, o peso, entre outros parâmetros, são verificados e controlados com os valores presentes no caderno de especificações de cada embalagem. Os mais importantes a verificar, para uma boa produção e

um bom desempenho das embalagens, são os resultados a quatro parâmetros referidos na Tabela 3

Tabela 2- Exemplos de defeitos presentes nas embalagens.

Defeitos da garrafa de vidro			
Agulha	Deformado	Má distribuição	Poleiro
Angina	Derreado	Mal cheio	Racha
Vinco	Estalado	Mal moldado	Rebarba
Arrepanhado	Estrangulado	Marisa descentrada	Roçado
Bico	Estriado	Marisa desnivelada	Sarabulhento
Bolha	Fino	Marisa escariada	Seda
Bolha estilhaçável	Fundo caído	Marisa oca	Serrilhada
Caroço	Fundo falso	Marisa não plana	Sujidade
Cascão	Grosso	Martelado	Tração
Colagem	Impacto	Mau recozimento	Tapado
Corda	Inchado	Mealheiro	Tensão
Corda superficial	Inclusão	Murça	Trapézio
Corte de tesoura	Infundido	Pala	Vidro colado
Costura grossa	Junta rugosa	Pedra	Unha
Chupado	Lasca	Picadura caída	

Tabela 3- Resistência testada para a qualidade das garrafas de vidro (Robertson, 2013).

Força	Descrição
1. Impacto	Quando um recipiente entra em contacto com outro recipiente ou objeto
2. Pressão interna	Criada pelo produto e pela expansão
3. Choque térmico	Criada por mudanças térmicas rápidas: a superfície interna de um recipiente frio é aquecida rapidamente, ou a superfície externa é arrefecida rapidamente
4. Força vertical	Criada quando um peso ou força vertical é aplicada no topo do recipiente

1. Impacto

Na linha de enchimento, são exercidas forças de impacto entre garrafas e entre garrafas e equipamentos, devido ao constate movimento da linha, tornando estas zonas da garrafa as mais sensíveis. Quanto maior for a velocidade da linha, maior será o impacto. Uma maior resistência à força de impacto pode depender da espessura e do diâmetro da embalagem, bem como do tipo do ombro (zona superior de contacto). Como podemos ver, na garrafa de água Pedras Salgadas a zona é menos saliente do que na garrafa de cerveja Super Bock, tornando-se esta mais suscetível. As embalagens de vidro sofrem força de impacto na zona de contacto superior e na zona de contacto inferior, como podemos ver na Figura 9.



Figura 9- Zonas de contacto das garrafas de água Pedras Salgadas e cerveja Super Bock.

2. Pressão interna

A pressão interna é um parâmetro muito importante na garrafa, principalmente naquelas que acondicionam bebidas gaseificadas, como é o caso da cerveja e da água Pedras Salgadas, e, também, naquelas que sofrem o tratamento de pasteurização e têm a pressão interna aumentada.

Este parâmetro depende de vários fatores, tais como a distribuição do vidro nas paredes e as condições da superfície do vidro até chegar ao ensaio.

3. Choque térmico

As garrafas sofrem choque térmico devido às mudanças de temperatura, de um meio quente para meio frio, ou de um meio frio para um meio quente. Por exemplo, a pasteurização (fase da linha de enchimento) atinge uma temperatura que pode chegar aos 80°C, ao longo do tempo em que a garrafa lá permanece. Outra mudança de temperatura acontece, quando, na lavadora, as garrafas são expostas a águas de diferentes temperaturas. As quebras possíveis devem-se a forças mecânicas. E as paredes mais finas são mais favoráveis a quebras.

4. Carga vertical

No processo de enchimento, as quebras seriam nulas se as forças aplicadas na garrafa, através da capsulagem, fossem somente de compressão, pois o vidro tem uma grande resistência à compressão. A cápsula é introduzida através do capsulador na marisa da garrafa. Aqui, a

carga vertical tem de ser aplicada de forma regular para que não ocorram quebras. Não é apenas na capsulagem que as garrafas sofrem carga vertical. Primeiramente, sofrem carga vertical no enchimento. E depois, na fase final, na paletização.

2.4.4 Paletização das Garrafas

As garrafas são conduzidas para o paletizador, onde são distribuídas por camadas (descrito nas especificações de cada garrafa), separadas por *platax*, disposto na paleta de madeira para poderem ser movimentadas. De seguida, é revestida de filme plástico retráctil de polietileno que, ao passar por uma estufa, faz com que o plástico se ajuste à paleta, dando-lhe uma maior resistência e aspeto.

As garrafas devem chegar da vidreira ao cliente (SBG) nas devidas condições: sem rasgos e sem sujidade, bem como com a humidade controlada. Ao mesmo tempo, as garrafas não devem chegar tombadas ou partidas, o que poderá acontecer no transporte das mesmas. Sendo este um requisito por parte do SBG (cliente).

2.5 Nomenclatura da Garrafa de Vidro

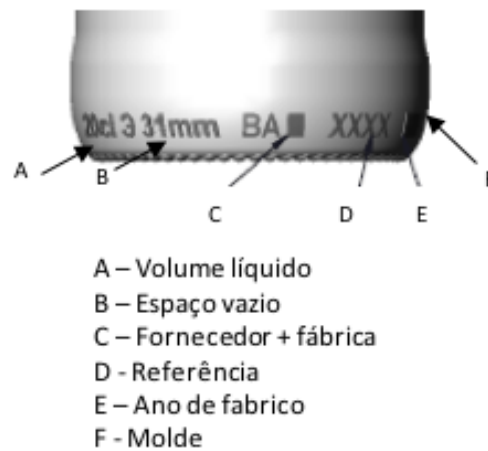
A natureza do conteúdo determina o formato do recipiente de vidro. Assim, produtos líquidos, geralmente, têm acabamentos de menor diâmetro, para facilitar o seu vazamento; e produtos sólidos exigem acabamentos de maior dimensão, para remoção do conteúdo. Além dos requisitos de enchimento e esvaziamento, deve ser considerada a rotulagem, que depende do tipo de garrafa. E o sistema existente na linha de enchimento deve estar preparado para cada tipo de produto.

A Figura 10 foi baseada na informação obtida da norma NP-3548, que define termos utilizados na indústria de embalagens do vidro. Ao acabamento da garrafa, é dado o nome *marisa*, local onde é colocada a cápsula para vedação. No caso das garrafas de cerveja Super Bock, esta zona tem de ser compatível com dois tipos de cápsula; por sua vez, na garrafa de água Pedras Salgadas a compatibilidade deve ser apenas para uma cápsula. As outras zonas da garrafa são *o gargalo* (zona da gargantilha do produto), *o ombro*, *o corpo* (onde é colocado o rótulo e contra-rótulo do produto), *o calcanhar* e *o fundo*.



Figura 10- Nomenclatura principal da garrafa de vidro.

Todas as garrafas têm informações obrigatórias na zona do fundo (Figura 11). Assim, o valor indicado em A é o volume da garrafa, e esse volume encontra-se a uma distância do topo, o espaço vazio, indicado em B. Pois, a capacidade útil de uma garrafa é diferente da capacidade total desta. No exemplo desta imagem, temos uma garrafa Super Bock, onde a capacidade útil é de 200, \pm 6 ml, e a capacidade total é de 210 ml, com isto temos uma percentagem de 4,8% de espaço vazio. Esta é uma característica importante da garrafa, pois para resistir à pressão interna e ao choque térmico, a sua percentagem não deve ser muito reduzida.



- A – Volume líquido
- B – Espaço vazio
- C – Fornecedor + fábrica
- D - Referência
- E – Ano de fabrico
- F - Molde

Figura 11- Informação gravada no fundo de uma garrafa.

2.6 Processo de Enchimento

Após o processo de produção de cerveja, ou da captação de água, advém o processo de enchimento. O SBG tem capacidade, nas suas instalações, para encher em embalagens de vidro de diferentes volumes, embalagens de PET (apenas no estabelecimento de Pedras Salgadas) e barris (apenas no estabelecimento de Leça do Balio). A cerveja Super Bock enche apenas em Leça, nas 7 linhas existentes. A garrafa de 20cl de tara perdida (TP) enche apenas em 3 linhas (linhas 1, 2 e 5). Por sua vez, as linhas de enchimento de água Pedras Salgadas, de garrafa de 25 cl de tara perdida, situam-se em Pedras Salgadas – Vila Pouca de Aguiar.

Para melhor perceber o processo complexo de como funciona uma linha de enchimento, utilizo o SIPOC, uma ferramenta que ajuda a explicar processos de forma sucinta, representado na Figura 12. Sendo o SIPOC feito para uma linha de enchimento de cerveja, acrescento que é muito semelhante ao de uma linha de enchimento da água Pedras Salgadas.

A seguir, a Tabela 4 descreve, sucintamente, as etapas principais da linha de enchimento.

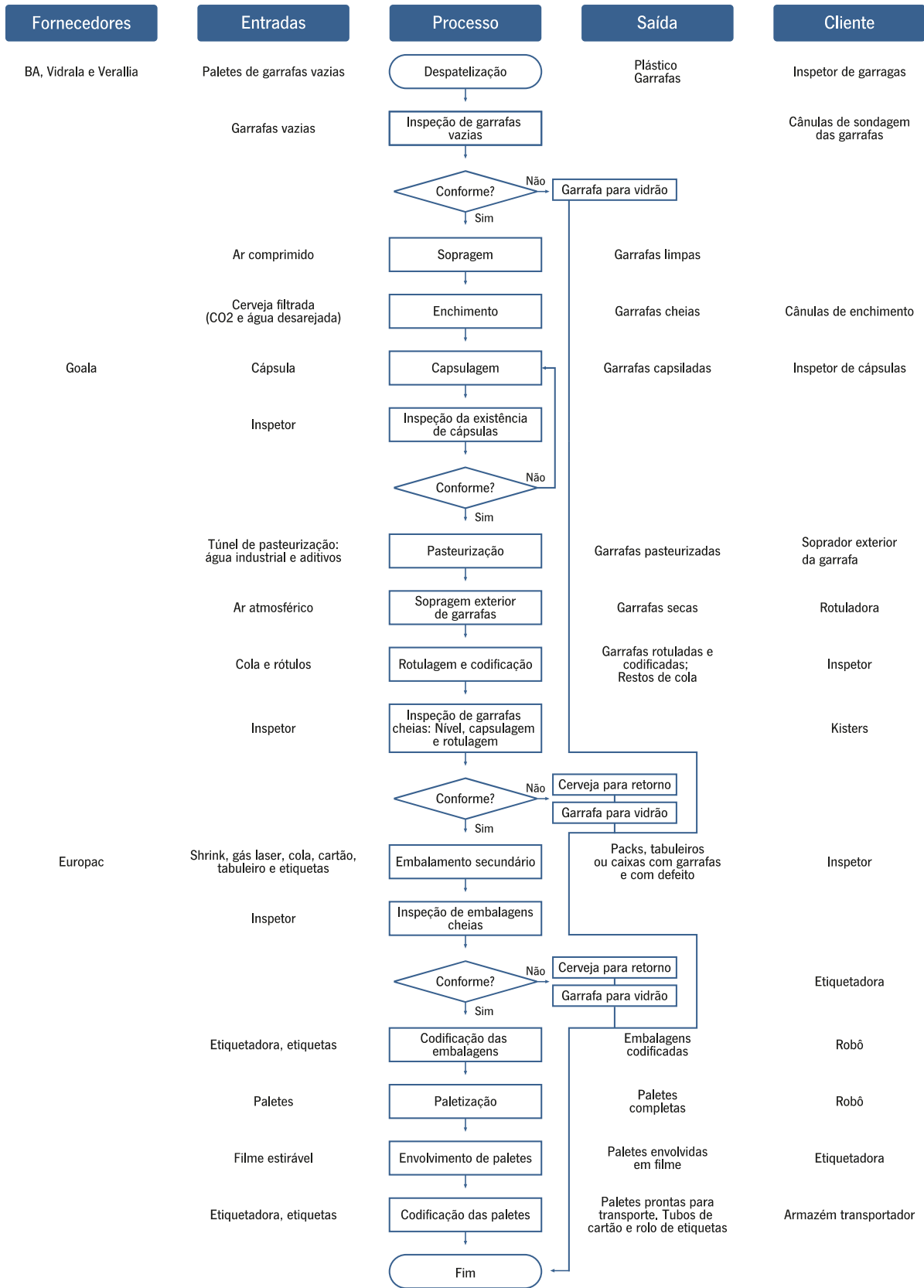


Figura 12- SIPOC do processo de enchimento de garrafas de vidro, neste caso cerveja.

Tabela 4- Descrição das etapas da linha de enchimento.

Etapas	Descrição
Despaletização	Mecanicamente a palete com vasilhame TP novo é despaletizada.
Sopragem de Garrafas	As garrafas TP são sopradas com ar comprimido tratado e filtrado, através de 3 filtros.
Inspeção de garrafas vazias	Para garantir a ausência de contaminações físicas e químicas das garradas de vidro, antes do enchimento, passam por dois inspetores. Estes inspetores são eletrônicos e detetam objetos estranhos, líquido residual ou defeitos de vasilhame. Dependendo do motivo de rejeição, as garrafas são eliminadas ou lavadas de novo.
Enchimento e Capsulagem	Garantido a qualidade do produto e segurança dos consumidores, é nesta fase que é efetuado o enchimento e capsulagem da garrafa. Num pequeno espaço de tempo, entre o enchimento e a capsulagem, entra na garrafa um pequeno fio de água desarejada (sem oxigénio), formando espuma até ao cimo da garrafa, com o objetivo de retirar o oxigénio do <i>head space</i> . Após a capsulagem, existe uma inspeção ao nível da altura do enchimento na garrafa e verifica-se a presença ou ausência de cápsula.
Pasteurização	Para garantir a estabilidade microbiológica do produto, as garrafas passam por um processo de pasteurização. As condições de temperatura e de tempo dependem do produto e do volume do mesmo.
Secagem exterior de garrafas	Nesta fase, um soprador presente na linha seca o exterior das garrafas.
Rotulagem e codificação	A rotuladora coloca o rótulo e gargantilha na garrafa. Este tem a imagem do produto e outras informações necessárias ao consumidor. Os produtos são codificados com o lote e data de durabilidade mínima.
Inspeção de garrafas cheias	Nesta fase, o volume especificado (nível) das garrafas é inspecionado, verificando-se a existência do rótulo e a gargantina, bem como a presença de código de barras. Desta etapa resulta o produto para reprocessamento, bem como vasilhame rejeitado.
Embalamento secundário	Aqui as garrafas são embaladas, de acordo com o indicado no plano de enchimento, podendo ser feito em <i>pack</i> ou em caixa.
Inspeção de embalagens cheias	Nesta etapa, é verificada a presença de todas as garrafas, através da cápsula.
Codificação de embalagens	O lote e a data de validade são colocados nas embalagens.
Paletização, envolvimento e identificação de paletes	De acordo com a matriz de paletização de cada produto, as embalagens finais são paletizadas e envolvidas em filme estirável. A etiqueta da palete, colocada no final de linha, tem como objetivo identificar cada palete individualmente, garantindo assim a sua identificação e a rastreabilidade do produto.

2.7 Abordagem ao Polímero PET

Um polímero é um composto químico resultante de reações químicas de polimerização, isto é, junção sucessiva de monómeros, a molécula inicial. Existem polímeros naturais, que se encontram presentes na natureza, e polímeros sintéticos, produzidos em fábricas, com a finalidade de substituir os naturais, como é o caso do PET. Este deriva da reação de etileno



glicol e ácido tereftálico, considerado um polímero comercial, utilizado para dar forma a grande parte das embalagens de águas lisas.

Os polímeros podem ser divididos em três classes, dependendo da forma como estão ligados química e estruturalmente. E podem ser termoplásticos, termoendurecíveis e elastômeros.

O PET é um polímero da classe termoplástico, semi-cristalino. Este material é 100% reciclável e pode voltar a ser reenformado, desde que não sejam alteradas as suas propriedades. O PET necessita sempre de novos compostos, ao contrário do vidro, pois uma garrafa pode ser produzida totalmente através de vidro reciclado.

Os polímeros, normalmente, são processados entre a temperatura de transição vítrea (temperatura de amolecimento das zonas amorfas), no caso do PET a 67°C, e a temperatura de fusão (temperatura de destruição das estruturas cristalinas), a 250°C. A sua baixa temperatura de processamentos é considerada uma grande vantagem, pois possibilita uma poupança no aquecimento dos equipamentos, tornando o produto mais acessível.

Propriedades gerais dos termoplásticos:

- Baixa densidade;
- Baixa temperatura de processamento;
- Baixa condutividade elétrica;
- Baixa condutividade térmica;
- Boa resistência à corrosão.

(“Tecnologias | ALPLA Group,” n.d.)

Numa primeira fase, as pré-formas são produzidas pelo processo de moldagem por injeção. De seguida, através da moldagem por sopro, as pré-formas são aquecidas na máquina e esticadas, dando forma à embalagem pretendida. Este processo tem vantagens, como o rápido tempo de ciclo, a alta qualidade na saída, e a possibilidade de estar junto às instalações onde as embalagens são engarrafadas (Figura 13).

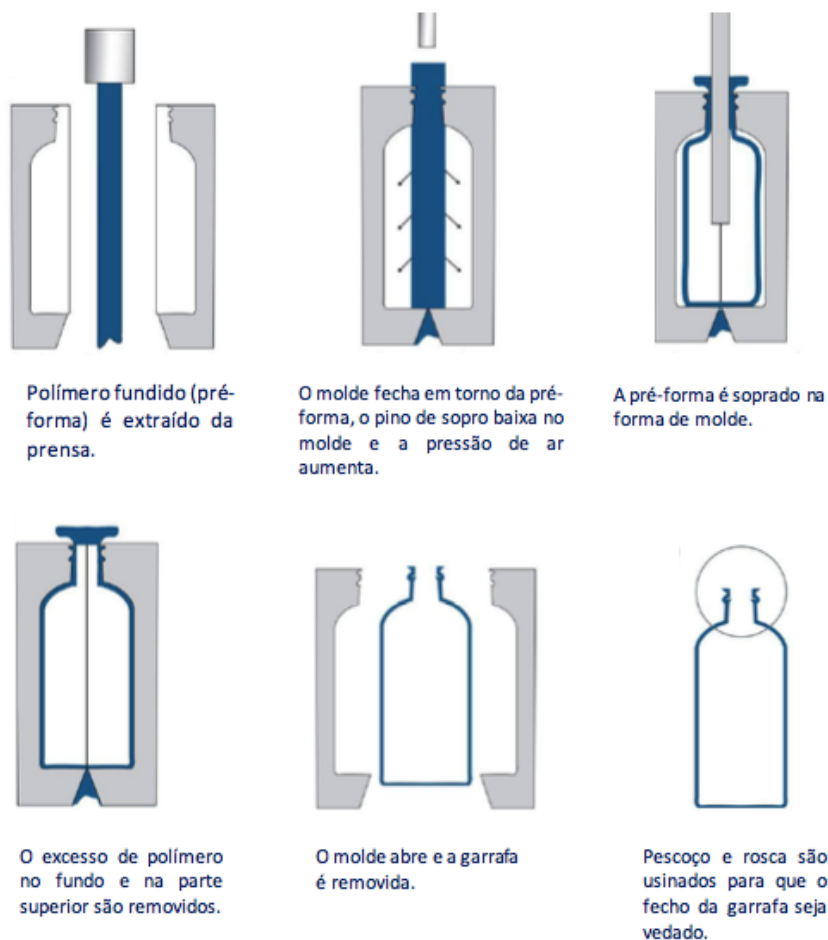


Figura 13- Esquema de produção de uma embalagem de extrusão sopro. Adaptado de Duarte (2017).

2.8 Capabilidade do Processo

O presente estudo mostra que, na repetição da medição do valor de grandeza, os resultados obtidos não são sempre iguais, apresentando alguma variação. Para conseguir quantificar a variação, e avaliar a precisão do processo de medição, a capabilidade de um sistema de medição é uma estimativa da combinação da variação de erros de medição (aleatórios e sistemáticos) com base numa avaliação (Daoudi, 2000). Se as condições em que são efetuadas as medições estiverem estabilizadas, sob controlo, então, cada resultado observado, em sucessivas medições do valor de uma mesma grandeza, pode estar afetado por dois tipos de erro:

$$\text{Valor observado} = \text{Valor verdadeiro} + \text{Erro aleatório} + \text{Erro sistemático}$$



- Erro aleatório é um erro não controlável, e devido à ação de múltiplos fatores menores, que fazem parte do processo de medida, e com o qual se explica a variação de resultados obtidos, entre medidas sucessivas, de uma mesma grandeza;
- Erro sistemático é um eventual erro de calibração do equipamento de medição, que se admite ser constante entre medidas sucessivas do mesmo valor da grandeza, mas que pode também variar com o valor da grandeza a medir e, neste caso, está-se a admitir, implicitamente, que o valor verdadeiro não se altera por defeito do processo de medição.

No caso de inspeção de várias unidades físicas diferentes, que constituem uma amostra, como é o caso dos gráficos de controlo, a variabilidade observada nos valores obtidos, na inspeção da amostra, será devida, não só à variabilidade existente nas unidades do produto inspecionado, mas também à variabilidade do processo de medição (Tavares, 2006) :

$$\sigma_{obs}^2 = \sigma_{prd}^2 + \sigma_{med}^2$$

Nesta equação, os três termos representam, respetivamente, as variâncias dos resultados observados, do produto inspecionado e do processo de medida. Demasiada variação no processo, e/ou equipamento de medida, pode mascarar variações importantes do processo produtivo e, conseqüentemente, incapacitar o controlo estatístico de detetar problemas (Tavares, 2006).

A capacidade apoia-se em dois conceitos, nomeadamente, a repetibilidade e a reprodutibilidade.

➤ Repetibilidade

A repetibilidade é, tradicionalmente, referida como a variabilidade "dentro do operador", ou seja, é a variação nas medidas obtidas com um instrumento de medição, quando usado várias vezes por um operador, enquanto mede a característica idêntica na mesma peça. Este é a inerente variação ou capacidade do próprio equipamento. Repetibilidade é referida como a variação do equipamento, embora esta conceção seja enganadora. De facto, a repetibilidade é a causa comum (erro aleatório), a variação de sucessivos ensaios sob condições definidas de medição. O melhor termo para a repetibilidade é a variação dentro do sistema, quando as condições de medição são fixas e definidas (instrumento, padrão, método, operador, ambiente

e suposições). Além da variação dentro do equipamento, a repetibilidade incluirá todas as variações de qualquer condição no modelo de erro (Daoudi, 2000).

Causas possíveis para a baixa repetibilidade:

- Peça (a amostra): forma, posição, acabamento superficial, conicidade, consistência;
- Instrumento: desgaste, falha de equipamentos, má qualidade, falta de manutenção;
- Padrão: qualidade, classe, desgaste;
- Método: variação na configuração, técnica;
- Operador: técnica, posição, falta de experiência, habilidade de manipulação, treinamento, sensação de fadiga;
- Ambiente: temperatura, humidade, vibração, iluminação, limpeza;
- Violação de uma suposição - operação estável e adequada;
- O desenho ou método do instrumento não tem robustez, uniformidade fraca;
- Calibração errada;
- Aplicação - tamanho da peça, posição, erro de observação (legibilidade, paralaxe).

➤ Reprodutibilidade

A reprodutibilidade é tradicionalmente chamada de variabilidade entre "operadores". E é normalmente definida como a variação na média das medições feitas por diferentes operadores, que usam o mesmo instrumento de medição ao medir características idênticas na mesma peça. Esta ação é, frequentemente, verdadeira com instrumentos manuais, influenciados pela habilidade do operador. Não é verdade, no entanto, em processos de medição, isto é, sistemas automatizados, em que o operador não é uma fonte principal de variação. Por este motivo, a reprodutibilidade é chamada de variação média entre sistemas ou entre condições de medição (Daoudi, 2000).

Fontes potenciais de erro de reprodutibilidade:

- Peças (amostras): diferença média na medição de diferentes tipos de peças (A, B, C), usando o mesmo instrumento, operador e método;
- Instrumentos: diferença média usando os instrumentos A, B, C, para as mesmas peças, operadores e ambiente. Neste estudo, o erro de reprodutibilidade é muitas vezes confundido com o método e / ou operador.
- Padrões: influência média de diferentes padrões de configuração no processo de medição;



- Métodos: diferença média causada pela alteração das densidades pontuais, sistemas manuais vs automatizados, entre outros;
- Operadores: diferença média, entre os operadores A, B, C, causada por treinamento, técnica, habilidade e experiência. Este é o estudo recomendado para a qualificação do produto e processo, e um instrumento de medição manual;
- Ambiente: diferença média nas medições, ao longo do tempo 1, 2, 3, causada por ciclos ambientais. Este é o estudo mais comum para sistemas altamente automatizados em qualificações de produtos e processos;
- Violação de uma suposição no estudo;
- O *design* ou método do instrumento não possui robustez;
- Eficácia do treinamento de operadores;
- Aplicação - tamanho da peça, posição, erro de observação (legibilidade, paralaxe).

Em seguida, na equação 1, 2, 3 e 4 são apresentados os cálculos para a capacidade, a repetibilidade e a reprodutibilidade. Por sua vez, na Tabela 5 podemos ver a simbologia usada nos cálculos.

Tabela 5- Significado da simbologia utilizada nos cálculos.

Símbolo	Nome
σ_r	Repetibilidade
σ_R	Reprodutibilidade
R	Amplitude
\bar{X}_{max}	Média máxima
\bar{X}_{min}	Média mínima
LSE	Limite superior de especificação
LIE	Limite inferior de especificação
PTTR	<i>Precision-to-tolerance ratio - Capacidade</i>

$$\hat{\sigma}_{med} = \frac{\bar{R}}{d_2} \Rightarrow PTTR = \frac{6\hat{\sigma}_{med}}{LSE - LIE} \quad (1)$$

d_2 (n=2) para as amplitudes que são calculadas a partir de duas medidas na mesma peça

$$\bar{R} = \frac{1}{3} (\bar{R}_1 + \bar{R}_2) \Rightarrow \sigma_r = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (2)$$

d_2 (n=2) para as amplitudes que são calculadas a partir de duas medidas na mesma peça

$$R_{\bar{X}} = \bar{X}_{max} - \bar{X}_{min} \Rightarrow \sigma_R = \frac{\bar{R}_X}{d_2} \quad (3)$$

$$\sigma_{med} = \sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_R^2} \Rightarrow PTTR\% = 100 \times \frac{6\hat{\sigma}_{med}}{LSE-LIE} \quad (4)$$

Regra geral, são aceites os valores de PTTR% menores ou iguais a 0,1, o que corresponde à regra prática de que a menor unidade de medida de um instrumento deve ser pelo menos um décimo da precisão requerida na medida.



3 ENSAIOS REALIZADOS ÀS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA QUALIDADE DA EMBALAGEM

Este capítulo começa por uma descrição das garrafas que são objeto deste estudo, destacando as características técnicas peso, espessura e diâmetro da garrafa, e pela apresentação do ensaio realizado às quebras da garrafa no produto final (Super Bock de 20cl e de 25cl, garrafa atual).

Segue-se a apresentação dos ensaios realizados às variáveis críticas da garrafa, com o objetivo de garantir a sua conformidade, nomeadamente, o volume líquido, a resistência ao choque térmico, a resistência à pressão interna, a resistência à carga vertical, a resistência ao impacto e a altura. São também apresentados os estudos comparativos entre a garrafa atual e a garrafa nova e o estudo de capacidade do sistema de pesagem das garrafas de vidro.

Por fim, apresenta-se o estudo da redução de peso de garrafões PET de água lisa das marcas Caramulo e Vitalis.

3.1 Objeto de Estudo

São objeto de estudo deste projeto:

- A garrafa de cerveja Super Bock, de 20cl;
- A garrafa de água Pedras Salgadas normal, de 25cl;
- A garrafa de água Pedras Salgadas de sabor a limão, de 25cl.

O peso das garrafas referidas acima, e presentes na Figura 14, vai sofrer uma redução de 5 gramas. Existiram 2 condições para o êxito deste projeto:

1. A nova garrafa tem de manter as mesmas especificações técnicas no que respeita a sua resistência – impacto, pressão interna, carga vertical e choque térmico;
2. A nova garrafa não pode ter qualquer impacto visual no consumidor final.

Para tal são apresentadas as seguintes etapas do projeto, para a aprovação de redução de peso de garrafa de vidro:

1. Reunião entre BA e SBG para apresentar a proposta de alteração das garrafas em estudo;

2. Aprovação do desenho técnico da nova garrafa por parte do SBG. São garantidos os mesmos valores limites para as características técnicas da qualidade e a mesma imagem da garrafa;
3. BA produz a nova garrafa com molde protótipo (aproximadamente 800 garrafas);
4. Teste das garrafas (molde protótipo) nos equipamentos da linha de enchimento, e ensaios às características técnicas da garrafa nos laboratórios do SBG;
5. Face aos resultados é dada aprovação do SBG ao molde protótipo;
6. Produção industrial da nova garrafa na BA e acompanhamento do SBG
7. Ensaio industrial com o enchimento nas diferentes linhas do SBG;
8. Ensaio de transporte para diferentes armazéns do SBG;
9. Avaliação dos resultados e aprovação final da alteração;
10. Revisão e alteração de documentação técnica;
11. *Follow up* dos primeiros enchimentos nas diferentes linhas.

A redução de 5 grama no peso da garrafa implica alterações nas seguintes características técnicas da qualidade da garrafa:

- Perfil de Espessura;
- Diâmetro;
- Resistência ao Impacto;
- Resistência à Pressão Interna;
- Resistência ao Choque Térmico;
- Resistência à Carga Vertical.

Características que não sofreram alteração, mas necessitam ser garantidas:

- Altura;
- Volume Líquido;
- Diâmetro da marisa.

Na Tabela 6, apresentam-se os valores de especificação para as características técnicas da qualidade, tanto para as garrafas de cerveja Super Bock como para as garrafas de água Pedras Salgadas.



Tabela 6- Valores de especificação das características técnicas da qualidade das garrafas Super Bock e Pedras Salgadas.

Características técnicas da qualidade	Garrafa Super Bock		Garrafa Pedras Salgadas	
	Atual	Nova	Atual	Nova
Peso (g)	Aprox.145	Aprox.140	Aprox.160	Aprox.155
Espessura (mm)	≥ 1	≥ 1	≥ 1	≥ 1
ZCS	≥ 1	≥ 1	≥ 1	≥ 1
ZCI	$\geq 0,9$	$\geq 0,9$	$\geq 0,9$	$\geq 0,9$
ZNC				
Diâmetro (mm)	$53,80 \pm 1,2$	$53,30 \pm 1,2$	$58 \pm 1,2$	$58 \pm 1,2$
ZCS	$53,80 \pm 1,2$	$53,30 \pm 1,2$	$58 \pm 1,2$	$58 \pm 1,2$
ZCI	53,40	52,90		
ZNCS	52,30	51,80		
ZNCI				
Capacidade (ml)	200	200	250	250
Resistência ao Impacto (cm/s)	≥ 65	≥ 65	≥ 65	≥ 65
Resistência à Pressão Interna (kg/cm²)	≥ 12	≥ 12	≥ 12	≥ 12
Resistência ao Choque Térmico (°C)	42	42	42	42
Resistência à Carga Vertical (kg)	≥ 600	≥ 600	≥ 340	≥ 340
Altura (mm)	$180 \pm 1,4$	$180 \pm 1,4$	$192 \pm 1,4$	$192 \pm 1,4$

Foram realizados dois tipos de ensaios às características técnicas da qualidade das garrafas:

- no laboratório do SBG;
- no laboratório da vidreira BA.

No laboratório do SBG, são realizados ensaios de qualidade às garrafas (atuais e novas) de Super Bock e Pedras Salgadas, nomeadamente, volume líquido, peso, altura, espessura e diâmetro. Nos laboratórios da BA são realizados os mesmos ensaios (embora alguns deles com equipamentos e métodos diferentes, referidos abaixo), e ainda ensaios à resistência ao impacto, à pressão interna, ao choque térmico e à resistência à carga vertical.

As novas garrafas de Super Bock e Pedras Salgadas utilizadas nos ensaios realizados no laboratório do SBG provieram de um molde protótipo (aproximadamente 800 garrafas de cada) da BA. Estas garrafas passaram por algumas etapas da linha de enchimento, nomeadamente, zona de enchimento, rotuladora, capsuladora e, algumas, foram para o pasteurizador. Como não percorreram toda a linha de enchimento, não foram sujeitas ao impacto entre garrafas, que geralmente existe durante o tempo em que as mesmas permanecem nas linhas.

Meses mais tarde, e durante 2 a 4 dias, a BA produziu as novas garrafas Super Bock e Pedras Salgadas em unidades industriais. Na impossibilidade das paletes das novas garrafas chegarem ao SBG para serem realizados os devidos ensaios às características técnicas da qualidade, o grupo realizou uma auditoria à produção, acompanhando os ensaios a essas mesmas características, que para as vidreiras são obrigatórios. Esta auditoria foi realizada por colaboradores da linha de produção de garrafas e técnicos da qualidade da vidreira.

Neste sentido, é feita uma comparação de resultados dos ensaios das características técnicas da qualidade, entre a atual garrafa e a nova garrafa. A última produção da atual garrafa Super Bock foi realizada entre os dias 05 e 17 de abril de 2018 e a nova garrafa foi produzida entre os dias 17 e 19 de abril do mesmo ano; por sua vez, a última produção da atual garrafa de água Pedras Salgadas está compreendida entre os dias 08 e 21 de maio de 2018, e a nova garrafa foi produzida entre os dias 21 e 24 de maio do mesmo ano.



Figura 14- Garrafas mencionadas neste trabalho.

3.1.1 Quebra de Garrafas

A análise da quebra de garrafas é um dos objetivos deste trabalho, levando-nos a entender o motivo de, por vezes, chegarem até ao cliente paletes com garrafas partidas. E neste sentido, foram efetuadas análises a dois tipos de garrafas atuais de cerveja Super Bock, a 20cl e 25cl. Não realizamos análise de quebra às novas garrafas de Super Bock - 20cl, devido ao facto de estas não terem chegado às instalações do SBG até à data deste trabalho

A garrafa de 25cl de cerveja apresenta um maior número de reclamações, por parte dos clientes, e, por isso, é importante percebermos se estas garrafas se partem ainda nos armazéns



do grupo ou apenas no transporte das paletes. A garrafa de 20cl de cerveja foi analisada por dois motivos; primeiramente, para a compararmos com os resultados obtidos na análise da garrafa de 25cl e, depois, para que no momento de efetuarmos a análise à nova garrafa de 20cl, tenhamos resultados para essa comparação.

Para entender o processo de análise das atuais garrafas Super Bock, a Figura 15 apresenta as 5 etapas necessárias. Seguem-se as devidas explicações da mesma.

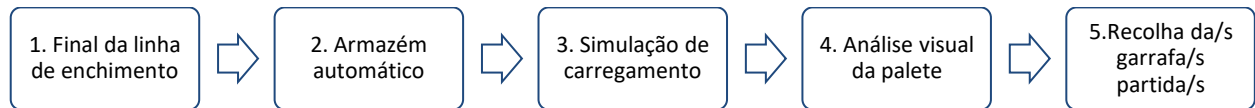


Figura 15- Etapas para análise de garrafas partidas.

1. As garrafas partidas são rejeitadas ao longo da linha de enchimento e, por isso, não chegam à fase de embalamento.
2. O transporte das paletes, do final da linha de enchimento até ao armazém automático, é feito por robôs que não põem em causa a segurança da palete.
3. Para fazer a análise de quebras das garrafas, tem de ser feito um pedido ao Departamento de Logística, para que se faça descer as paletes pretendidas da zona superior do armazém automático (onde o acesso é limitado), para uma zona ampla. O transporte é feito inicialmente por robôs e, no final, por um empilhador elétrico manobrado por um operador.
4. São analisados visualmente os 4 lados visíveis da palete. Na existência de uma garrafa partida é detetada humidade (Figura 16A), no filme plástico que a envolve, e, por vezes, fungos/bolor. Todas as informações necessárias relativamente às paletes analisadas são anotadas numa tabela Excel (Tabela 7).
5. Esta etapa só acontece quando existem garrafas partidas na palete. Assim, é necessário desmontar a palete para chegar à garrafa partida. Os pedaços de vidro partido são transferidos para um copo e levados para análise da quebra da garrafa (Figura 16B). É anotado o local da matriz da palete, onde a garrafa partida foi encontrada, para ajudar no estudo da causa. De seguida, todas garrafas partidas são retiradas da palete, com vista garantir a segurança alimentar. Depois de retiradas as garrafas partidas, as paletes voltam a entrar em *stock*, com atualização do número de garrafas.

Tabela 7- Informações retiradas, durante a análise, a quebras de garrafas em paletes.

Data da análise	Dia, mês e ano
Tipo de Produto	Produto a analisar, capacidade e tipo de embalagem
Código do produto	Número de identificação do produto
Lote	Centro, linha, dia juliano, ano e turno de enchimento
Nº da Paleta	Número de identificação da paleta
Local da garrafa partida	Número da fiada da paleta; lado da maior ou lado menor da paleta; com ou sem etiqueta
Notas	Bolor ou outras observações
Fornecedor da garrafa partida	Fornecedor da garrafa partida
Molde da garrafa partida	Molde da garrafa partida



Figura 16- Fotografias da análise a quebra de garrafas:

A- Humidade na paleta; B- Garrafa partida e retirada da paleta.

Na Figura 17, apresenta-se o diagrama de causa-efeito referente à quebra de garrafas, referidas acima.

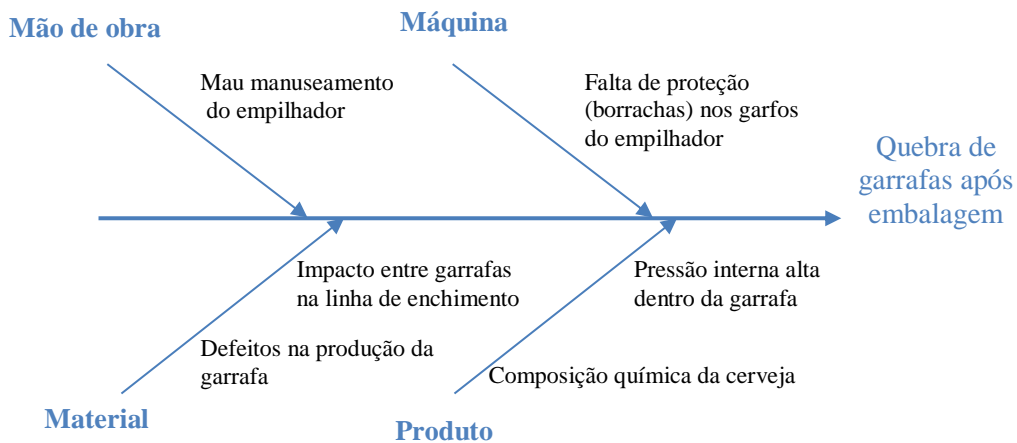


Figura 17- Diagrama de causa-efeito da quebra de garrafas, após embalagem.

Da análise visual de paletes, obtivemos os resultados que se apresentam nos gráficos da Figura 18. O número de paletes observadas é pequeno, relativamente ao número de paletes que são movimentadas todos os dias, nos armazéns de Leça do balio.

As paletes NOK são aquelas onde foram encontradas, pelo menos, uma garrafa partida; as paletes OK são aquelas onde não foi encontrada qualquer garrafa partida. No diagnóstico de quebra de garrafas de Super Bock - 20cl, foram inspecionadas oitenta e nove paletes; no diagnóstico de quebra da garrafa Super Bock - 25cl, foram inspecionadas noventa e oito paletes.

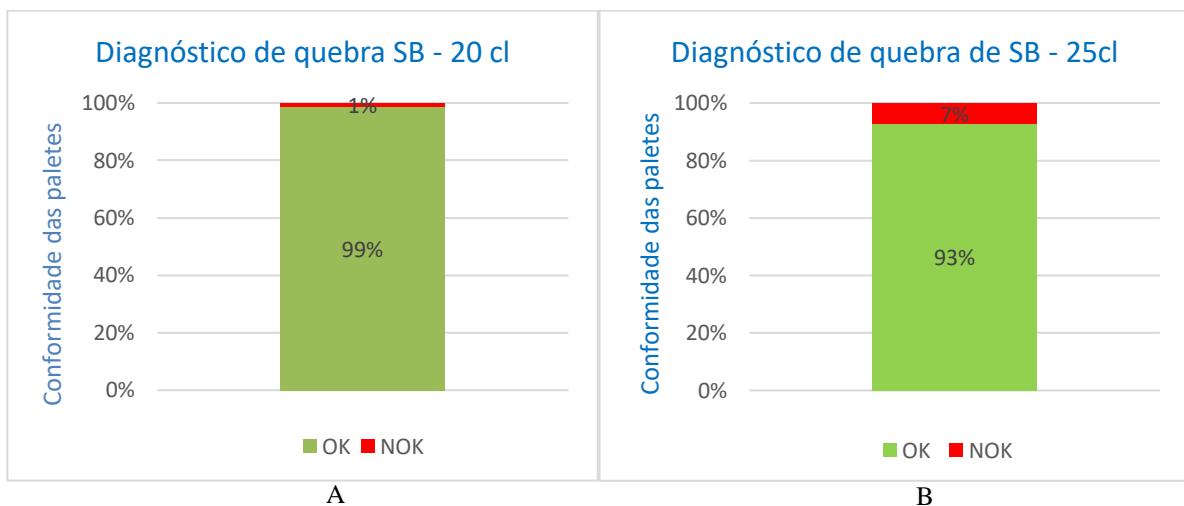


Figura 18- Gráficos de análise visual às paletes com:

A- Garrafas - 20 cl; B-Garrafas - 25 cl.

3.1.2 Peso

O peso da garrafa não é uma característica de controlo regular dos laboratórios do SBG, apenas o vidreiro o faz. Porém, o objetivo da realização do ensaio ao peso das novas garrafas Super Bock e Pedras Salgadas é a sua monitorização, pois, como sabemos, o peso da garrafa pode influenciar as restantes características técnicas de qualidade da mesma. Considerando que o peso não apresenta valores de limite superior e de limite inferior de especificação, a Tabela 8 exhibe os valores do peso das garrafas em análise.

Tabela 8- Peso das garrafas Super Bock e Pedras Salgadas.

Característica	Garrafa Super Bock		Garrafa Pedras Salgadas	
	Atual	Nova	Atual	Nova
Peso (g)	Aprox.145	Aprox.140	Aprox.160	Aprox.155

Para a medição do peso, as garrafas utilizadas não podem conter líquido (cerveja ou água), nem rótulos, nem cápsula. Na Figura 19, podemos ver a imagem de como as garrafas são pesadas, e, na Figura 20, o equipamento utilizado, isto é, a balança digital.



Figura 19- Garrafas de vidro:

A- Garrafa de cerveja Super Bock - 20 cl; B- Garrafa de água Pedras Salgadas - 25 cl.



Figura 20- Balança digital, equipamento de pesagem utilizado.

Na Figura 21, são apresentados dois gráficos, nomeadamente:

A - Relativo ao peso da garrafa atual de cerveja Super Bock - 20cl. Os valores são referentes ao valor médio do peso, do ano de 2017, presente no sistema informático do SBG; ao valor médio do peso referente ao ensaio realizado às atuais garrafas nos laboratórios do SBG (20 amostras); e ao valor médio do peso na última produção realizada na BA. Para se conseguir fazer uma análise crítica, colocou-se no gráfico uma linha com o valor pretendido para o peso.

B - Relativo ao peso da garrafa nova de cerveja Super Bock - 20cl. Aqui, apresentam-se apenas dois valores, com vista comparar com a linha horizontal indicada pelo peso pretendido para a nova garrafa: o valor médio do peso referente ao ensaio realizado às novas garrafas, nos laboratórios do SBG (20 amostras); e ao valor médio do peso do primeiro dia de produção da nova garrafa, realizada na BA.

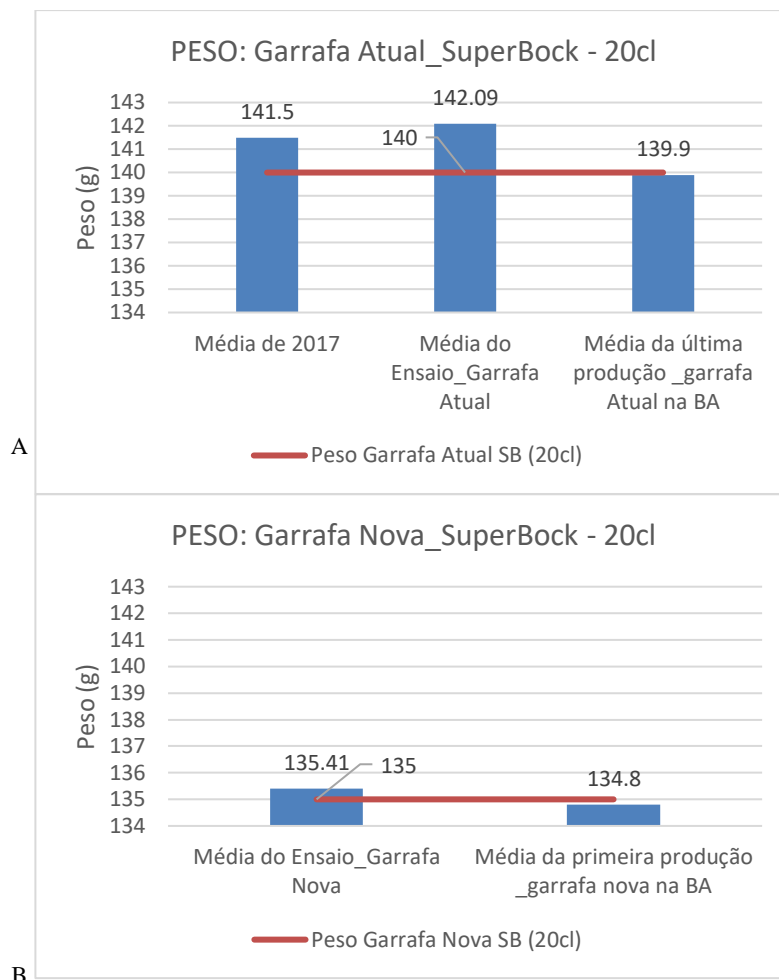


Figura 21- Peso da garrafa Super Bock – 20cl:
A- Atual; B- Nova.

A mesma análise foi realizada para a garrafa de água Pedras Salgadas - 25cl, e apresenta-se na Figura 22, em dois gráficos, nomeadamente:

A - Relativo ao peso da garrafa atual água Pedras Salgadas - 25cl. Os valores são referentes ao valor médio do peso, do ano de 2017, presente no sistema informático do SBG; ao valor médio do peso referente ao ensaio realizado às atuais garrafas, nos laboratórios do SBG (20 amostras); e ao valor médio do peso na última produção realizada na BA. Para conseguir fazer uma análise crítica apresentamos no gráfico uma linha com o valor pretendido para o peso.

B - Relativo ao peso da garrafa nova de água Pedras Salgadas - 25cl. Aqui, apresentam-se apenas dois valores, com vista comparar com a linha horizontal indicadora do peso pretendido para a nova garrafa; o valor médio do peso referente ao ensaio realizado às novas garrafas, nos laboratórios do SBG (20 amostras); e o valor médio do peso do primeiro dia de produção da nova garrafa, realizada na BA.

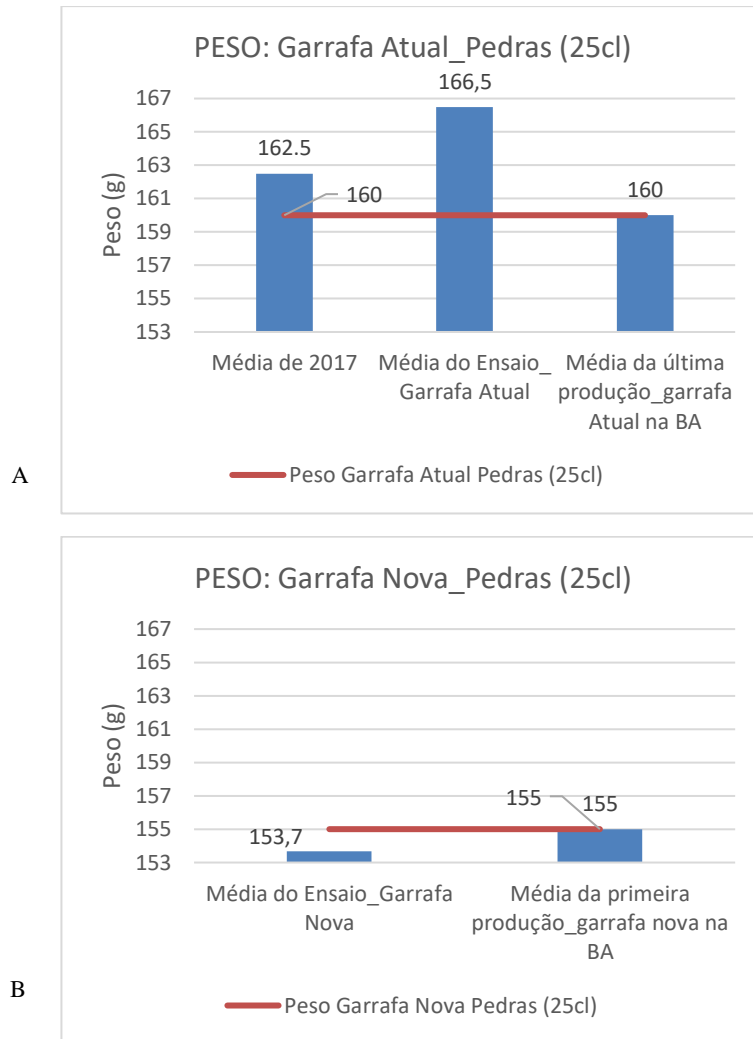


Figura 22- Peso da garrafa de água Pedras Salgadas:
A- Atual; B- Nova.

3.1.3 Espessura e Diâmetro

A maior diferença na redução do peso da garrafa encontra-se ao nível do perfil de espessura e diâmetro da mesma, isto é, ao se aplicar menos vidro nas mesmas dimensões, as paredes da garrafa ficarão mais finas.

No laboratório do SBG, a espessura e diâmetro da garrafa foram medidas com o auxílio de dois equipamentos. Na Figura 23A, apresentamos o equipamento utilizado para a medição das espessuras da garrafa. O método utilizado consiste em introduzir uma pequena esfera dentro da garrafa e aproximá-la do íman do equipamento que faz a leitura. Por sua vez, o paquímetro (Figura 23B) é um equipamento de uso comum, tendo sido utilizado para medir espessuras, quando as garrafas estavam serradas (Figura 24), e para medir o diâmetro.



A

B

Figura 23- Equipamento de medição de espessuras; B- Paquímetro.

Na Figura 24A, apresenta-se, lado a lado, duas metades da garrafa Super Bock - 20cl. Assim, no lado esquerdo mostramos a garrafa atual e do lado direito da imagem a metade referente à garrafa nova. Na Figura 24B, expomos metade de uma garrafa nova de água Pedras Salgadas - 25cl e, do lado esquerdo, mostramos a garrafa atual.



A

B

Figura 24: A- Garrafa Super Bock - Atual e Nova; B- Garrafa Pedras Salgadas - Nova e Atual.



Figura 25- Zonas de contacto e não contacto utilizadas em medições durante o ensaio.

Na Tabela 9, que se apresenta de seguida, são comparados os valores do ensaio da espessura entre a garrafa atual e a garrafa nova de Super Bock, no laboratório do SBG. A espessura foi medida em três zonas diferentes da garrafa: zona de contacto superior (ZCS), zona de contacto inferior (ZCI) e zona de não contacto (ZNC) (Figura 25). No caderno de encargos da garrafa atual, o valor pretendido para a espessura da ZC é ≥ 1 mm e para a ZNC é $\geq 0,9$ mm. Para a garrafa nova, as medidas mantêm-se. A amostra é de 10 garrafas.

O valor médio dos resultados do ensaio no laboratório do SBG, mostra valores superiores a 1mm, mais próximos dos 2mm, na espessura da garrafa atual e uma pequena diminuição para os valores médios da nova garrafa.

Tabela 9-Espessura das garrafas Super Bock - Atual e Nova. Valores do ensaio no laboratório do SBG.

	Espessura (mm) _Super Bock atual			Espessura (mm) _ Super Bock nova		
	ZCS	ZCI	ZnC	ZCS	ZCI	ZnC
Média	2,13	2,06	2,20	1,97	2,01	2,10
Desvio Padrão	0,16	0,41	0,13	0,13	0,18	0,30
Mínimo	1,92	1,43	2,03	1,80	1,83	1,90
Máximo	2,38	2,77	2,44	2,23	2,49	3,05
Valor Alvo	≥ 1	≥ 1	$\geq 0,9$	≥ 1	≥ 1	$\geq 0,9$

O diâmetro da atual e da nova garrafa Super Bock - 20cl foi medido em 5 zonas da garrafa (Figura 25), durante o ensaio, nos laboratórios do SBG, e apresentam-se na Tabela 10. O

diâmetro das zonas de contacto detém valores de limite inferior e superior. As restantes zonas apenas apresentam o valor alvo.

Os valores de especificação do diâmetro, nas diferentes zonas, diminuíram da garrafa atual para a garrafa nova, mantendo, contudo, uma proximidade do valor alvo com o valor médio obtido no ensaio. Chamamos a atenção para a dificuldade da medição, devido à superfície redonda da garrafa.

Tabela 10- Diâmetro das garrafas Super Bock - Atual e Nova.

	Diâmetro (mm) _ garrafa Super Bock Atual					Diâmetros (mm) _ Super Bock Nova				
	Ø ZCS	Ø ZCI	Ø ZnCS	Ø ZnCI	Ø inferior gargantilha	Ø ZCS	Ø ZCI	Ø ZnCS	Ø ZnCI	Ø inferior gargantilha
Média	53,76	53,70	53,32	52,38	31,69	53,15	53,14	52,90	51,83	32,15
Desvio Padrão	0,11	0,14	0,15	0,16	0,18	0,09	0,09	0,08	0,06	0,07
Mínimo	53,55	53,55	53,13	52,16	31,40	53,00	52,95	52,75	51,76	32,00
Máximo	53,89	53,93	53,63	52,63	32,00	53,30	53,22	53,00	51,92	32,25
Valor Alvo	53,80	53,80	53,40	52,30	31,80	53,30	53,30	52,90	51,80	32,30
LIE	52,60	52,60				52,10	52,10			
LSE	55,00	55,00				54,50	54,50			

Neste sentido, verifica-se que reduções apresentadas são muito pequenas e que, por isso, não serão necessárias grandes alterações nas linhas de enchimento, relativamente a rótulos e cápsulas. Serão feitos, apenas, pequenos ajustes. O mesmo foi concluído no ensaio realizado às garrafas de água Pedras Salgadas (Tabela 11).

Na Tabela 11, são apresentados os valores do ensaio à espessura e ao diâmetro da atual garrafa e da nova garrafa de água Pedras Salgadas. Ambos foram medidos em 3 zonas (ZCS, ZCI e ZNC). Os valores alvo mantêm-se na garrafa atual e na garrafa nova.



Tabela 11- Espessura e diâmetro das garrafas de água Pedras Salgadas - Atual e Nova.

	Garrafa Pedras Salgadas Atual					Garrafa Pedras Salgadas Nova				
	Espessura (mm)			Diâmetro (mm)		Espessura (mm)			Diâmetro (mm)	
	ZCS	ZCI	ZnC	Ø ZCS	Ø ZCI	ZCS	ZCI	ZnC	Ø ZCS	Ø ZCI
Média	2,37	2,04	2,07	57,76	57,65	1,84	1,84	2,36	58,753	58,16
Desvio Padrão	0,14	0,13	0,24	0,75	0,47	0,14	0,17	0,11	0,482	0,32
Mínimo	2,14	1,91	1,67	55,78	56,85	1,61	1,62	2,13	57,91	57,54
Máximo	2,61	2,33	2,42	58,75	58,24	2,07	2,23	2,49	59,52	58,56
Valor Alvo	≥ 1	≥ 1	≥ 0.9	58	58	≥ 1	≥ 1	≥ 0.9	58	58
LIE				56,80	56,80				56,80	56,80
LSE				59,20	59,20				59,20	59,20

Na Figura 26, pode ver-se o equipamento que mede a espessura e diâmetro da garrafa, nos laboratórios da vidreira BA. Estas características técnicas de qualidade são medidas, automaticamente, pelo equipamento, para as garrafas atuais e novas de Super Bock e Pedras Salgadas.



Figura 26- Equipamento da BA mede, mecanicamente, a espessura e diâmetro das garrafas.

As medidas da garrafa Super Bock - 20cl e da garrafa Pedras Salgadas obtidas pelo equipamento da Figura 26, estão presentes na Tabela 12. A amostra é de milhares de garrafas e são comparados os resultados do ensaio da atual e da nova garrafa. Todas as espessuras e diâmetros apresentaram redução, como estava previsto na Tabela 6.

Tabela 12- Espessura e diâmetro da garrafa Super Bock Atual e Nova e da garrafa Pedras Salgadas Nova, nos laboratórios da BA.

Espessura e Diâmetro (mm)	SB_ Última produção BA Garrafa Atual	SB_ Primeira produção BA Garrafa Nova	Espessura e Diâmetro (mm)	Pedras_ Última produção BA Garrafa Atual	Pedras_ Primeira produção BA Garrafa Atual
Ø corpo médio 1 (ZNCS)	53,5	52,8	Ø rosca	27,4	27,2
Ø corpo médio 2 (ZNCI)	52,4	51,7	Ø interior da rosca	25	24,9
Ø máx. corpo (ZC)	53,5	53,2	ZCS	58,3	57,9
Ø Superior da gargantilha	31,7	32,1	ZCI	58,7	57,8
Ø da marisa	26,6	26,6	-	-	-

3.2 Variáveis Críticas da Qualidade

3.2.1 Capacidade - Volume Líquido

O volume líquido (VL) é uma grandeza (variável) crítica das garrafas em estudo, com limite de especificação bem definido. Esta grandeza $VL = f(\text{peso, diâmetro, espessura, altura})$. O volume líquido pode ser calculado através da Equação 5. O peso da garrafa cheia é sem cápsula. O equipamento utilizado na pesagem da garrafa é a balança digital (Figura 20).

$$\text{Volume Líquido} = \frac{\text{Peso da garrafa cheia (g)} - \text{Peso da garrafa vazio ou tara (g)}}{\text{Densidade média do produto (g/ml)}} \quad (5)$$

Para diferentes produtos, existem diferentes densidades. As densidades utilizadas estão presentes na Tabela 13.

Tabela 13- Densidades

Líquido	Densidade (g/ml)
Cerveja Super Bock	1,00559
Água Pedras Salgadas	0,99943
Água Pedras Salgadas Limão	1,02882
Água destilada	Aproxi. 1

A Figura 27 refere o volume líquido da garrafa atual e nova da Super Bock. Podemos observar que os valores médios de volume líquido da garrafa atual, obtidos pelo sistema informático do SBG, em 2017, estão acima do limite inferior de especificação (197ml) e, em



alguns momentos, acima do limite superior de especificação (203ml). Da amostra das novas garrafas, foram feitos dois ensaios (valores médios representados no gráfico). Neste sentido, podemos constatar que se encontram junto do LIE (limite inferior de especificação), um ligeiramente acima e outro ligeiramente abaixo. Numa análise mais profunda dos resultados, podemos dizer que em quarenta garrafas (amostra) analisadas apenas cinco se encontrava abaixo do LIE. Estes dados foram enviados para o fornecedor.

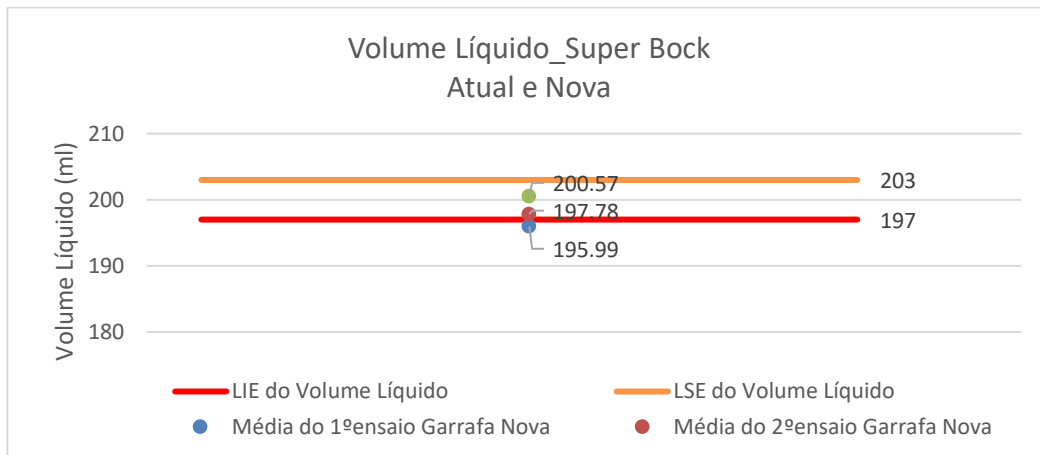


Figura 27- Volume líquido da garrafa Super Bock.

O ensaio do volume líquido da garrafa atual e nova de água Pedras Salgadas - 25cl (= 250ml) está representado na Figura 28. Como podemos ver, o valor médio do volume líquido da garrafa atual de 2017 (retirado do sistema informático do SBG) e o valor médio do volume líquido da garrafa nova (realizado no laboratório do SBG), encontram-se acima do valor LSE.

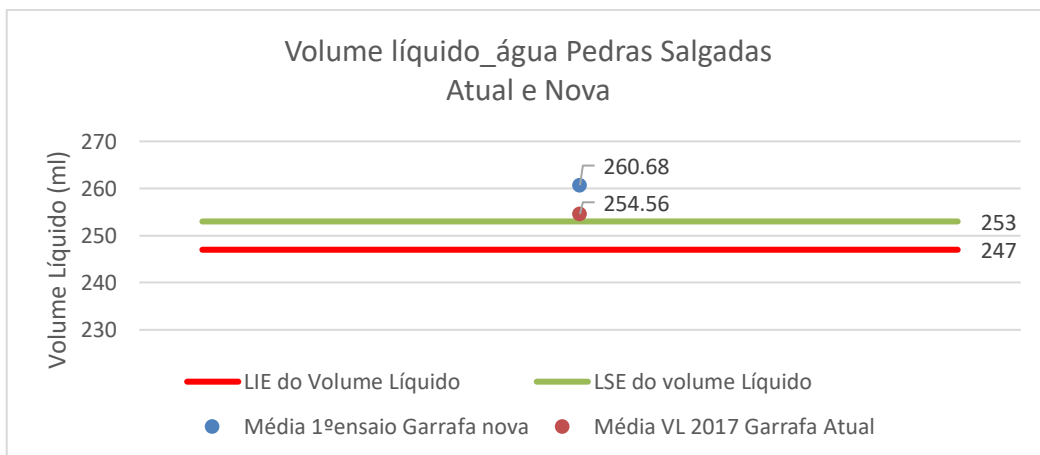


Figura 28- Gráfico do volume líquido da garrafa Pedras Salgadas.

Os valores do volume líquido da garrafa atual e nova de água Pedras Salgadas apresentam-se com volumes superiores ao LSE, devido a um desajuste nas câmulas de enchimento da linha

de Pedras Salgadas. Este desajuste faz com que a garrafa seja cheia com um volume de líquido maior.

No laboratório da vidreira, é calculada a capacidade ao nível da garrafa a partir de um método diferente, mas com o mesmo cálculo (Equação 5).

No fundo da garrafa (Figura 29A) está gravado, em milímetros (mm), a distância pretendida para o espaço vazio, neste caso 43mm, na garrafa água Pedras Salgadas - 25cl, e 31mm para a garrafa Super Bock - 20cl. Para determina a capacidade, no laboratório, é vertida água destilada a 20°C até essa marca. É, deste modo, que a vidreira garante que a garrafa leva o volume estabelecido. A distância, apresentada na Figura 29B, tem de ser igual ou inferior a 43mm, depois de estar ser cheia nas linhas de enchimento, garantido assim o volume líquido da garrafa. A nova garrafa terá um reajuste na distância do espaço vazio para 45mm.



Figura 29: A- Marca dos 43mm na garrafa; B- distância de 43mm, ou inferior.

Na Tabela 14, são apresentados os valores médios obtidos durante o ensaio, realizado nos laboratórios da vidreira BA, da capacidade da última produção da garrafa atual e do volume líquido da primeira produção da garrafa nova Super Bock - 20cl (= 200 ml). Os valores médios para a capacidade, durante a última produção da atual da garrafa da Super Bock, são muito semelhantes aos valores médios obtidos para a garrafa nova, ligeiramente acima dos 200ml.

Tabela 14- Valores médios da capacidade, nos laboratórios da BA, para a garrafa Super Bock.

	SB_ Última produção BA Garrafa Atual	SB_ Primeira produção BA Garrafa Nova
Capacidade (ml)	201.1	201,5



Na Tabela 15, são apresentados os valores médios da capacidade obtidos na última produção da garrafa atual e da capacidade da primeira produção da garrafa nova Pedras Salgadas - 25cl (=250ml), durante o ensaio realizado nos laboratórios da vidreira BA. A nova garrafa garante o volume de 250ml, assim como, também, a atual já garantia.

Tabela 15- Valores médios da capacidade, nos laboratórios da BA, para a garrafa Pedras Salgadas.

	Pedras_ Última produção BA Garrafa Atual	Pedras_ Primeira produção BA Garrafa nova
Capacidade (ml)	251,0	252,2

➤ **Teste t**

Foi realizado um Teste t para a variável da qualidade - volume líquido da garrafa de água Pedras Salgadas - 25cl. O teste tem como finalidade perceber se existem diferenças entre o volume líquido da garrafa atual e o volume líquido da garrafa nova. Para este resultado, as amostras têm a mesma variância, ou variância diferentes.

O mesmo tipo de teste (Teste t) foi realizado no SPSS (programa estatístico) e no Excel. Os resultados obtidos, em Excel, encontram-se no anexo III. Os dados utilizados para este teste (em Excel e SPSS) apresentam-se na Tabela 16. Estes dados são o resultado obtido, em ensaio, no laboratório do SBG, e apresentados, anteriormente, no gráfico da Figura 28.

Tabela 16- Dados do volume líquido.

Volume líquido "garrafa nova" (ml)	Volume líquido "garrafa atual" (ml)
260,23	258,85
258,86	257,81
260,57	257,37
259,64	257,04
261,51	258,44
260,18	257,91
261,66	258,78
261,09	259,96
262,71	256,23
260,36	254,98
260,68	257,74
259,69	254,98
261,66	254,98

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 \quad (6)$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \quad (7)$$

Na Tabela 17, apresentam-se estatísticas descritivas acerca das duas amostras utilizadas neste teste, uma com valores de volume da atual garrafa, e outra com valores de volume da nova garrafa, nomeadamente: o tamanho das amostras, os valores médios das amostras e valores de desvios - padrão das amostras.

Tabela 17- Estatística de grupo dos dados, obtida no SPSS.

Estatísticas de grupo					
	Grupo	N	Média	Desvio - Padrão	Erro Padrão da Média
Volume Líquido	Atual	10	257,7370	1,42558	,45081
	Nova	10	260,6810	1,10047	,34800

Tabela 18- Teste de amostras independentes, obtidas no SPSS.

Teste de amostras independentes										
		Teste de Levene, para igualdade de variâncias		Teste-t para Igualdade de Médias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferença média	Erro padrão da diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
Volume Líquido	Variâncias iguais assumidas	,397	,537	-5,169	18	,000	-2,94400	,56950	-4,14047	-1,74753
	Variâncias iguais não assumidas			-5,169	16,915	,000	-2,94400	,56950	-4,14600	-1,74200

Na Tabela 18 são apresentados os valores do teste de Levene e do teste t. O teste de Levene permite-nos averiguar a homogeneidade das variâncias, ou seja, se se pode assumir que as amostras têm a mesma variância ou se se deve considerar variâncias diferentes. Neste caso, conclui-se que as variâncias são iguais nas duas amostras, uma vez que a significância associada ao teste (Sig. = 0,537) é superior 0,05 (nível de significância). Assim, assumindo a homogeneidade das variâncias, devemos optar por utilizar os valores do teste t de “Variâncias iguais assumidas”. Os resultados indicam que existem diferenças entre as garrafas atuais e as novas garrafas; o teste t mostrou diferenças estatisticamente significativas para um intervalo de 95% de confiança (a significância associada ao teste t foi inferior a 0,05 ou, de outro modo,



o valor de t observado (-5,169) cai na zona de rejeição). Quando $t_{\text{observado}} < -t_{\alpha/2}$ ou $t_{\text{observado}} > t_{\alpha/2}$, rejeita-se H_0 , caso contrário não se rejeita H_0 .

3.2.2 Resistência ao Impacto, à Pressão Interna, ao Choque Térmico e à Carga Vertical

Como referido no capítulo 2, as características técnicas de qualidade mais importantes na garrafa são a resistência ao choque térmico, devido às bruscas flutuações de temperatura (pasteurização ou transferência dessas garrafas de um meio quente para um meio frio ou vice-versa); a resistência à pressão interna (depende de fatores como a distribuição do vidro nas paredes e, principalmente, das condições da superfície do vidro); a resistência à carga vertical (na fase de enchimento, armazenamento); e a resistência ao impacto (principalmente durante a linha).

Na Tabela 19, verificamos como são realizados os ensaios para a obtenção dos valores das resistências; e, na Tabela 6, estão referidos os valores de especificação para cada. Estes ensaios apenas se realizam nos laboratórios das vidreiras. E os valores dos resultados são verificados pelo SBG, nas auditorias realizadas aos seus fornecedores.

Tabela 19- Ensaios para obter os valores de resistência da garrafa de vidro.

Resistência ao Impacto	O ensaio utilizado para determinar a resistência da parede da garrafa de vidro simula as condições reais do impacto, através do uso de um pêndulo percussor. Este ensaio é realizado em duas zonas da garrafa, nomeadamente, na zona de contacto superior (ZCS) e na zona de contacto Inferior (ZCI) (ver Figura 9). O pêndulo (energia potencial) encontra-se em repouso, a uma determinada altura, e ao ser libertado realiza trabalho (pela força de gravidade), que será absorvido pela garrafa, sob a forma de impacto. A força inicial para o teste é de 65 cm/s, sendo que o pêndulo irá embater oito vezes na mesma zona, rodando sempre de forma a não embater no mesmo local. Depois, aumentar-se-á a velocidade de impacto, até que a garrafa quebre. Para o nosso ensaio, a amostra é de vinte garrafas retiradas, consecutivamente, da linha de produção.
Resistência à Pressão Interna	Em primeiro lugar, as garrafas são cheias com água corrente e o equipamento (Figura 30A), que determina a pressão interna, prende a garrafa na zona bocal, através de garras, mantendo-as suspensas e vedadas. Neste processo, é aplicada a pressão até à destruição da garrafa. Pelo valor de especificação, as garrafas têm de suportar uma pressão superior a ≥ 12 (kg/cm ²).
Resistência ao Choque Térmico	O ensaio consiste em mergulhar as garrafas em água quente durante 5 minutos e, de seguida, em água fria, durante 30 segundos, com uma diferença de temperatura da água quente para a água fria de 42°C. As garrafas não podem apresentar quebras, nem imperfeições, no final do ensaio.
Resistência à Carga Vertical	O equipamento utilizado (Figura 30B) aplica uma carga vertical crescente na garrafa vazia, até atingir a rotura/quebra ou atingir a carga determinada. Esta tem de suportar cargas superior a 600Kg, para o caso da garrafa de Super Bock – 20cl, e 340 Kg, para a garrafa Pedras Salgadas.



Figura 30: A- Equipamento que mede a pressão interna; B- Equipamento que mede a carga vertical.

Na Tabela 20, são apresentados os valores de resistência obtidos nos ensaios realizados na vidreira BA, à garrara atual e a garrafa nova Super Bock. Verificámos que os resultados da pressão interna da garrafa nova são superiores na nova garrafa, comparando com a última produção da atual garrafa. O mesmo acontece com a carga vertical. O choque térmico mantém-se bom, com ausência de quebras nos ensaios. Os resultados do ensaio ao impacto (ZCS e ZCI) diminuíram na garrafa nova (menor espessura das paredes da garrafa), o que ignifica que suporta menos o impacto sofrido naquelas zonas. Mas é de salientar que o valor médio de 172,2 cm/s e 150,3 cm/s é bastante acima do valor de especificação da garrafa (≥ 65 cm/s).

Tabela 20- Resultados dos ensaios de resistência da atual e da nova garrafa Super Bock.

Resistência	Última produção- Garrafa Atual Super Bock	Primeira produção- Garrafa Nova Super Bock
Impacto (ZCS) (≥ 65) cm/s	181	172,2
Impacto (ZCI) (≥ 65) cm/s	162,1	150,3
Pressão Interna (≥ 12) kg/cm ²	34,8	36
Choque Térmico (42) °C	0 quebras	0 quebras
Carga Vertical (≥ 600) kg	1934,8	1951,6

Os resultados do ensaio para a garrafa de água Pedras Salgadas apresentam-se na Tabela 21. São apresentados os resultados à resistência da garrafa atual e da garrafa nova. Todos os



resultados se encontram acima do valor de especificação, apesar de uma diminuição do valor em alguns tipos de resistência da atual garrafa para a nova garrafa.

Tabela 21- Resultados dos ensaios de resistência da atual e da nova garrafa de água Pedras Salgadas.

Resistência	Última produção- Garrafa Atual Pedras Salgadas	Primeira produção- Garrafa Nova Pedras Salgadas
Impacto (ZCS) (≥ 65) cm/s	162	180
Impacto (ZCI) (≥ 65) cm/s	148	134
Pressão Interna (≥ 12) kg/cm²	33	32
Choque Térmico (42) °C	0 quebras	0 quebras
Carga Vertical (≥ 340) kg	1891	1975

3.2.3 Altura

A altura não sofreu alterações com a garrafa nova. Contudo, foram feitas medições para garantir a ausência de grandes alterações. Por sua vez, é importante que a altura da garrafa se mantenha, para o sucesso das operações realizadas na linha de enchimento, pois altera com os ajustes das máquinas, por exemplo, nos inspetores, nas cânulas de enchimento, no posicionamento do rótulo, contrarrótulo e gargantinha e nas dimensões dos packs e caixas.

Para a garrafa de cerveja Super Bock, a altura pretendida é de 180 ± 1.4 mm e, para a garrafa de água Pedras Salgadas, é de 192 ± 1.4 mm. Os ensaios realizados no laboratório do grupo foram desenvolvidos com o auxílio de um graminho (Figura 31). A primeira amostra recebida da garrafa nova foi analisada e deu lugar a dois gráficos (Figura 32 e Figura 33).

Os resultados das medições de altura da garrafa Super Bock - 20cl estão presentes na Figura 32, nomeadamente, os valores das medições de 20 amostras, o valor LSE (181,4mm) e LIE (178,6mm) e o valor de especificação (180mm).

Tanto a garrafa atual, como a garrafa nova, apresentam conformidade na sua altura, encontrando-se esta dentro dos limites de especificação. Os valores da altura da garrafa nova estão mais próximos do valor de especificação (180mm), comparativamente com a altura da garrafa atual.

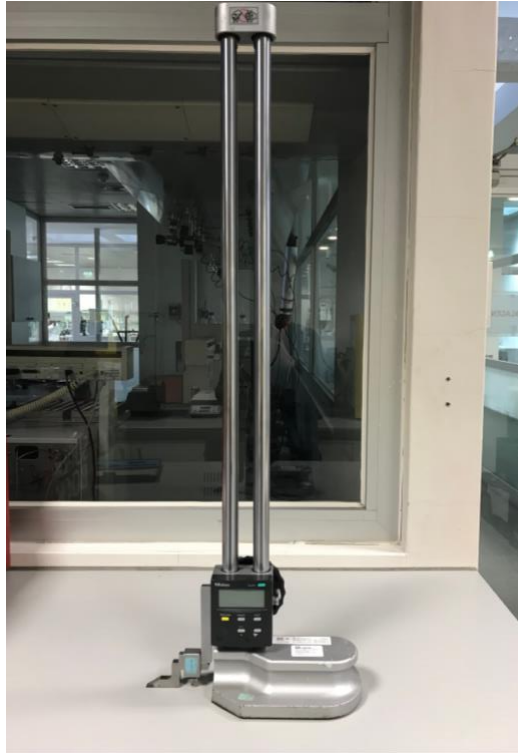


Figura 31- Graminho, equipamento de medição de altura da garrafa.

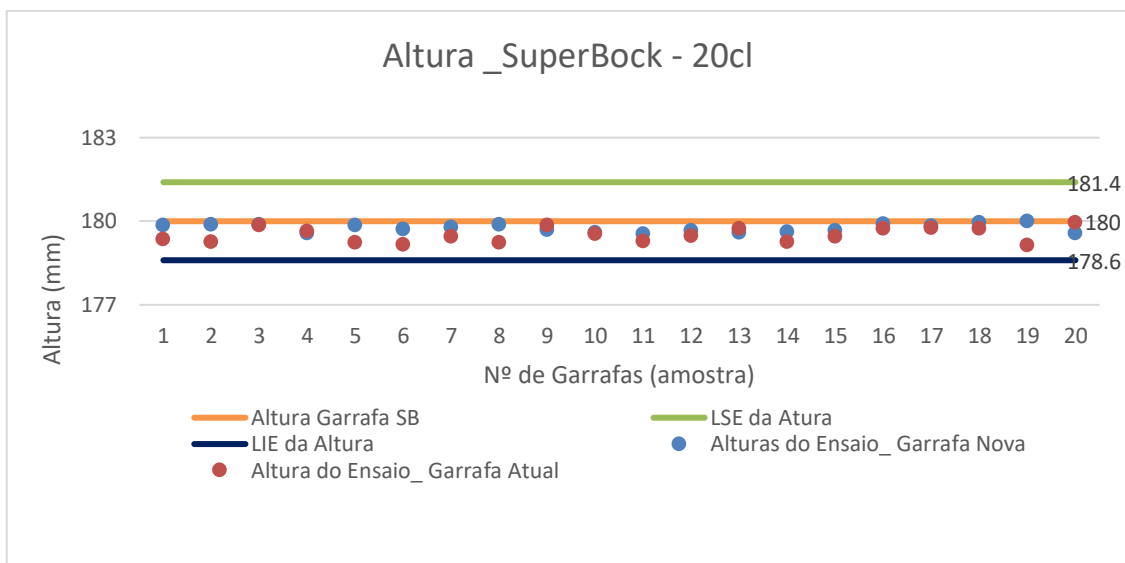


Figura 32- Gráfico da altura da garrafa Super Bock.

O gráfico da Figura 33 apresenta o LIE (190,6 mm), o LSE (193,4 mm), o LE (193 mm), para a altura da garrafa de água Pedras Salgadas, bem como, os ensaios realizados, a altura da atual e da nova garrafa. Numa amostra de vinte garrafas, verifica-se a conformidade da mesma para a garrafa atual e para a garrafa nova.

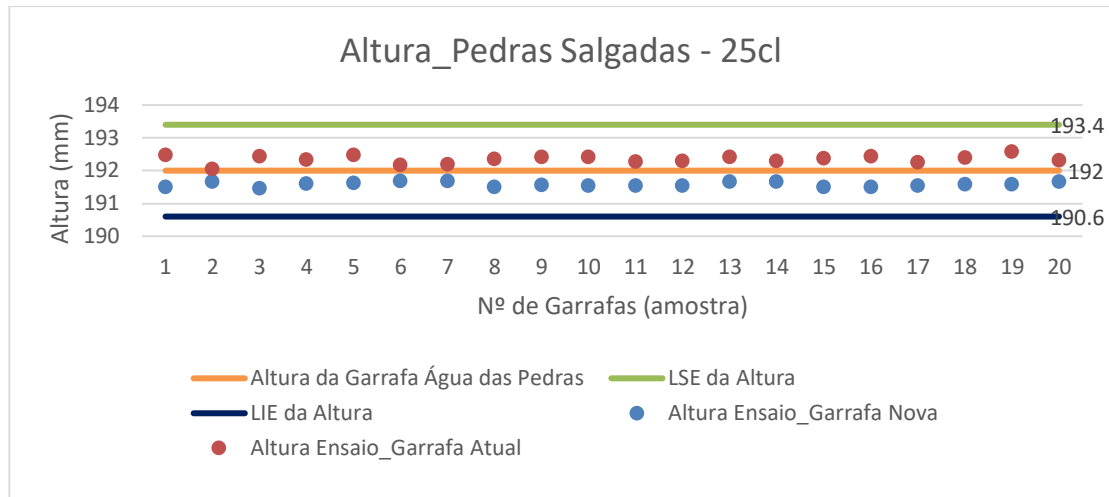


Figura 33-Gráfico da altura da garrafa de água Pedras Salgadas.

A altura obtida na vidreira BA, na primeira produção das novas garrafas e a última produção das atuais, encontra-se na Tabela 22, tanto para a garrafa Super Bock como para a garrafa Pedras Salgadas.

Tabela 22- Resultados das medições de altura nos laboratórios da BA.

	Última produção BA Garrafa Atual	Primeira produção BA Garrafa Nova
Altura (mm) Super Bock (180 mm)	179,7	180,1
Altura (mm) Pedras (192 mm)	191,9	191,8

3.3 Capabilidade do Processo - Resultados

O estudo avalia a capabilidade do processo de pesagem, através da medição do peso.

As amostras são:

- 20 garrafas novas Super Bock - 20cl;
- 20 garrafas novas Pedras Salgadas - 25cl.

Equipamento de pesagem: balança digital.

Operador: A e B.

O ensaio é realizado para a garrafa Super Bock e repetido para a garrafa Pedras Salgadas.

O ensaio consiste em:

- pesar duas vezes a garrafa cheia (sem cápsula) - operador A;
- pesar duas vezes a garrafa cheia (sem cápsula) - operador B;

- despejar o líquido e, em seguida:
- pesar duas vezes a garrafa vazia - operador A;
- pesar duas vezes a garrafa vazia - operador B;

Seguidamente, é calculado:

- dois volumes líquidos, em cada operador;
- a média, amplitude e desvio-padrão desses mesmos volumes.

Com os resultados obtidos, é possível calcular a capacidade, a repetibilidade e a reprodutibilidade, através das fórmulas presentes no capítulo 2.

A análise do sistema de medição (balança digital) visa um conjunto de estudos estatísticos que certificam a adequação do sistema de medição à dimensão ou característica a ser medida.

Os dados do ensaio à garrafa Super Bock - 20cl apresentam-se na Tabela 23, para o operador A, e na Tabela 24, para o operador B.

Tabela 23- Dados da garrafa nova Super bock – Operador A.

Amostra nº	Peso Garrafa Cheia (com líquido)		Peso Garrafa vazia (Tara)		Líquido (calculado)		Média dos Volumes Líquidos	Amplitu de dos Volumes Líquidos
	1ª pesagem	2ª pesagem	1ª pesagem	2ª pesagem	Das primeiras pesagens	Das segundas pesagens		
1	338,13	338,11	136,38	136,37	200,63	200,62	200,62	0,01
2	337,64	337,64	136,57	136,57	199,95	199,95	199,95	0,00
3	337,72	337,71	136,66	136,66	199,94	199,93	199,94	0,01
4	337,8	337,79	136,71	136,71	199,97	199,96	199,97	0,01
5	337,02	337,01	135,47	135,47	200,43	200,42	200,42	0,01
6	335,43	335,41	136,4	136,4	197,92	197,90	197,91	0,02
7	332,28	332,37	136,94	136,95	194,25	194,33	194,29	0,08
8	337,04	337,03	135,91	136,91	200,01	199,01	199,51	1,00
9	336,29	336,28	136,21	136,21	198,97	198,96	198,96	0,01
10	336,41	336,41	135,5	135,5	199,79	199,79	199,79	0,00
11	337,44	337,43	136,56	136,56	199,76	199,75	199,76	0,01
12	336,61	336,59	135,02	135,04	200,47	200,43	200,45	0,04
13	338,25	338,25	137,02	137,03	200,11	200,10	200,11	0,01
14	336,79	336,78	136,55	136,54	199,13	199,13	199,13	0,00
15	337,45	337,45	136,5	136,5	199,83	199,83	199,83	0,00
16	337,24	337,23	136	136	200,12	200,11	200,12	0,01
17	337,76	337,76	136,27	136,27	200,37	200,37	200,37	0,00
18	337,26	337,25	136,65	136,65	199,49	199,48	199,49	0,01
19	338,26	338,26	136,94	136,94	200,20	200,20	200,20	0,00
20	336,89	336,89	136,4	136,4	199,38	199,38	199,38	0,00



Tabela 24- Dados da garrafa nova Super Bock – Operador B.

Amostra n°	Peso Garrafa Cheia (com líquido)		Peso Garrafa vazia (Tara)		Volume Líquido (calculado)		Média dos Volumes Líquidos	Amplitude dos Volumes Líquidos
	1ª pesagem	2ª pesagem	1ª pesagem	2ª pesagem	Das primeiras pesagens	Das segundas pesagens		
1	338,08	338	136,37	136,38	200,59	200,59	200,59	0,00
2	337,62	338	136,57	136,56	199,93	199,93	199,93	0,00
3	337,7	338	136,64	136,66	199,94	199,92	199,93	0,02
4	337,78	338	135,7	136,7	200,96	199,97	200,46	0,98
5	337	337	135,46	135,45	200,42	200,43	200,42	0,01
6	335,41	335	136,4	136,39	197,90	197,90	197,90	0,00
7	332,35	332	137,94	136,94	193,33	194,32	193,83	0,99
8	337,02	337	135,89	135,87	200,01	200,04	200,03	0,03
9	336,26	336	136,21	136,21	198,94	198,97	198,95	0,03
10	336,39	336	135,47	135,48	199,80	199,80	199,80	0,00
11	337,42	337	136,5	136,5	199,80	199,80	199,80	0,00
12	336,57	337	135	135	200,45	200,45	200,45	0,00
13	338,23	338	137	137	200,11	200,12	200,12	0,01
14	336,78	337	136,54	136,55	199,13	199,12	199,12	0,01
15	337,39	337	136,46	136,47	199,81	199,80	199,81	0,01
16	337,21	337	135,98	135,99	200,11	200,11	200,11	0,00
17	337,74	338	136,21	136,27	200,41	200,35	200,38	0,06
18	337,23	337	136,65	136,64	199,46	199,48	199,47	0,02
19	338,25	338	136,91	136,92	200,22	200,22	200,22	0,00
20	336,88	337	136,4	136,39	199,37	199,38	199,37	0,01

Valores médios obtidos apresentam-se na Tabela 25:

Tabela 25- Resultados da garrafa nova Super Bock do operador A e operador B.

Unidade: ml	Operador A	Operador B
Média das médias do volume líquido	261,021	261,080
Média das amplitudes	0,112	0,105
d₂ (n=2)	1,128	1,128
Desvio-padrão (DPr)	0,0993	0,09314

A estimativa da *repetibilidade* é obtida pela média das duas amplitudes médias:

$$\bar{R} = 8,552E-02$$

$$DPr = 7,582E-02$$

Como os dois operadores (A e B) mediram as mesmas garrafas, a diferença das médias traduz a diferença entre os operadores (*reprodutibilidade*) pelo que:

$$\bar{R}_x = 2,536E-02$$

$$DP_R = 2,248E-02$$

$$\text{Variância média} = 6,254E-03$$

$$\text{Variância média} = 6,254E-03$$

Com os valores do Limites de Especificação (LSE - 206 ml; LIE - 194 ml), obtiveram-se os seguintes resultados finais:

$$PTTR (\%) = 3,954$$

$$Cp \text{ médio} = 25,29$$

Os dados referentes à garrafa Pedras Salgadas - 25cl apresentam-se na Tabela 26, para o operador A, e na Tabela 27, para o operador B.

Tabela 26- Dados da garrafa nova Pedras Salgadas - Operador A

Amostra n°	ml								
	Peso Garrafa Cheia (com líquido)		Peso Garrafa vazia (Tara)		Volume Líquido (calculado)		Média dos Volumes Líquidos	Amplitude de dos Volumes Líquidos	Desvio Padrão dos Volumes Líquidos
	1ª pesagem	2ª pesagem	1ª pesagem	2ª pesagem	Das primeiras pesagens	Das segundas pesagens			
1	414	414,02	153,96	153,96	260,196	260,216	260,206	0,02	0,010
2	413,45	413,42	153,19	153,19	260,416	260,386	260,401	0,03	0,015
3	412,48	412,48	153,38	153,39	259,256	259,246	259,251	0,01	0,005
4	414,41	414,41	153,29	153,29	261,277	261,277	261,277	0,00	0,000
5	414,29	414,29	154,1	154,08	260,346	260,366	260,356	0,02	0,010
6	416	415,99	153,18	153,18	262,978	262,968	262,973	0,01	0,005
7	414,93	414,91	153,48	153,49	261,607	261,577	261,592	0,03	0,015
8	416,34	416,33	154,21	154,22	262,287	262,267	262,277	0,02	0,010
9	415,58	415,59	152,99	152,99	262,748	262,758	262,753	0,01	0,005
10	413,53	413,52	153,94	153,95	259,746	259,726	259,736	0,02	0,010
11	415,03	415,03	153,22	153,22	261,967	261,967	261,967	0,00	0,000
12	414,21	414,21	154,13	154,13	260,236	260,236	260,236	0,00	0,000
13	413,82	413,81	153,93	153,94	260,046	260,026	260,036	0,02	0,010
14	415,88	415,88	153,23	153,23	262,808	262,808	262,808	0,00	0,000
15	414,04	414,03	153,32	155,31	260,877	258,875	259,876	2,00	1,001
16	415,21	415,2	153,22	153,22	262,147	262,137	262,142	0,01	0,005
17	414,59	414,59	153,73	153,74	261,017	261,007	261,012	0,01	0,005
18	412,76	412,76	154	154	258,915	258,915	258,915	0,00	0,000
19	413,84	413,83	153,13	153,14	260,867	260,847	260,857	0,02	0,010
20	414,66	414,66	153,06	153,07	261,757	261,747	261,752	0,01	0,005



Tabela 27- Dados da garrafa nova Pedras Salgadas – Operador B.

Amostra nº	ml								
	Peso Garrafa Cheia (com líquido)		Peso Garrafa vazia (Tara)		Volume Líquido (calculado)		Média dos Volumes Líquidos	Amplitude dos Volumes Líquidos	Desvio Padrão dos Volumes Líquidos
	1ª pesagem	2ª pesagem	1ª pesagem	2ª pesagem	Das primeiras pesagens	Das segundas pesagens			
1	414	413,99	153,96	153,95	260,196	260,196	260,196	0,00E+00	4,02E-14
2	413,41	413,41	153,18	153,18	260,386	260,386	260,386	0,00E+00	0,00E+00
3	412,48	412,48	153,37	153,36	259,266	259,276	259,271	1,00E-02	5,00E-03
4	414,39	414,39	153,24	153,25	261,307	261,297	261,302	1,00E-02	5,00E-03
5	414,28	414,28	154,07	154,07	260,366	260,366	260,366	0,00E+00	0,00E+00
6	415,99	415,98	153,15	153,15	262,998	262,988	262,993	1,00E-02	5,00E-03
7	414,92	414,92	153,49	153,49	261,587	261,587	261,587	0,00E+00	0,00E+00
8	416,3	416,31	154,2	154,2	262,257	262,267	262,262	1,00E-02	5,00E-03
9	415,59	415,59	152,97	152,97	262,778	262,778	262,778	0,00E+00	0,00E+00
10	413,51	413,51	153,93	153,92	259,736	259,746	259,741	1,00E-02	5,00E-03
11	415,03	415,99	153,21	153,2	261,977	262,948	262,462	9,71E-01	4,85E-01
12	414,21	414,21	154,11	154,11	260,256	260,256	260,256	0,00E+00	0,00E+00
13	413,81	413,8	153,91	153,91	260,056	260,046	260,051	1,00E-02	5,00E-03
14	415,88	415,87	153,21	153,22	262,828	262,808	262,818	2,00E-02	1,00E-02
15	413,98	413,95	153,26	153,25	260,877	260,857	260,867	2,00E-02	1,00E-02
16	415,2	415,2	153,17	153,17	262,187	262,187	262,187	0,00E+00	0,00E+00
17	414,59	414,58	153,74	153,74	261,007	260,997	261,002	1,00E-02	5,00E-03
18	412,76	412,76	154,99	153,99	257,925	258,925	258,425	1,00E+00	5,00E-01
19	413,84	413,83	153,11	153,11	260,887	260,877	260,882	1,00E-02	5,00E-03
20	414,66	414,65	153,05	153,05	261,767	261,757	261,762	1,00E-02	5,00E-03

Valores médios obtidos apresentam-se na Tabela 28:

Tabela 28- Resultados da garrafa nova Pedras Salgadas do operador A e operador B

Unidade: ml	Operador A	Operador B
Média das médias do volume líquido	261,021	261,080
Média das amplitudes	0,112	0,105
d₂ (n=2)	1,128	1,128
Desvio-Padrão (DPr)	9,935E-02	0,0931

A estimativa da *repetibilidade* é obtida pela média das duas amplitudes médias:

$$\bar{R} = 1,086E-01$$

$$DPr = 9,625E-02$$

Como os dois operadores (A e B) mediram as mesmas garrafas, a diferença das médias traduz a diferença entre os operadores (*reprodutibilidade*) pelo que:

$$\bar{R}_x = 5,854E-02$$

$$DP_R = 5,189E-02$$

$$\text{Variância média} = 1,196E-02$$

$$\text{Desvio-padrão médio} = 0,109343951$$

Com os valores do Limites de Especificação (LSE – 256 ml; LIE – 244 ml) obtiveram-se os seguintes resultados finais:

$$PTTR (\%) = 5,467$$

$$Cp \text{ médio} = 18,29$$

Os valores para a capacidade do processo (3,954 e 5,5%) são valores positivos para o processo de medição.

3.4 Redução do Peso dos Garrafões PET

No seguimento da redução de peso de garrafas de vidro, ocorreu, também, o projeto de redução de peso dos garrafões PET. O projeto já se encontrava na fase final e por isso apenas acompanhei as últimas etapas. Todavia, explicaremos em que consistiu essa redução, os ensaios necessários para a conformidade dos garrafões, após passarem pela linha de enchimento, e, por fim, a análise ao transporte.

No seguimento do projeto de redução de gramagem nas embalagens de água lisa das marcas Caramulo e Vitalis, foram reduzidas 2,5 gramas à pré-forma do garrafão - 6 litros (passando de 75g para 72,5 g), distribuídas da seguinte forma: cerca de 1g no medalhão da base (fundo) e restante 1.5g em todo o corpo.

Fundado há mais de 41 anos, o Logoplaste é o grupo industrial que fabrica embalagens plásticas rígidas para grandes empresas nas áreas alimentar, bebidas, higiene pessoal entre outras. É a empresa fornecedora das embalagens PET utilizadas pelo SBG, e a sua presença junto das instalações, onde a água é engarrafada, permite uma maior facilidade do processo (“LOGOPLASTE,” n.d.).




Quando se fala de redução de peso, temos de falar de redução de espessura. Isto é, para obtermos uma embalagem mais leve, em certas zonas devem ser retiradas gramas de polímero.

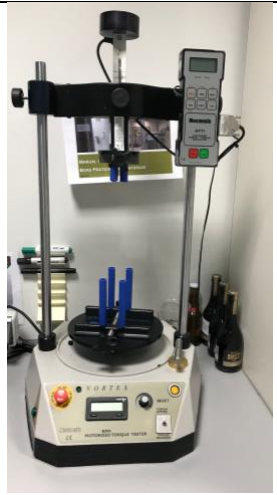

O ensaio industrial feito no local onde os garrafões são cheios, nomeadamente, nas instalações da Serra do Caramulo (água Caramulo) e de Castelo de Vide (água Vitalis), consiste em verificar o comportamento da nova embalagem, na linha de enchimento, e acompanhar os diferentes processos que a embalagem sofre durante os processos de enchimento (capsulagem, colocação da asa, rotulagem e paletização).

Os ensaios relativos a parâmetros de enchimento são realizados após o ensaio industrial, e denominam-se *estanqueidade*, *carga vertical*, *torque* e *volume líquido*. Na Tabela 29, podemos ver a sua definição e equipamento utilizado. E, na

Tabela 30, podemos ver os valores de especificação e os valores obtidos referentes a cada parâmetro no garrafão de 75g e no garrafão de 72.5g.

Tabela 29- Definição dos equipamentos e métodos utilizados no ensaio de características técnicas de qualidade do garrafão.

Ensaio	Definição	Equipamentos utilizados
Estanqueidade	Método para confirmar que não verteu qualquer gota de água com a vibração do garrafão. É colocado dentro de um equipamento juntamente com um papel absorvente, onde se deve notar a ausência de água.	
Carga vertical (Top Load)	Este é o fator crítico para garantir que os garrafões não fiquem deformados durante os processos de enchimento, capsulagem ou aquando do empilhamento, transporte e armazenamento. O equipamento exerce uma força vertical superior até ao colapço da zona superior do garrafão (como podemos ver na figura ao lado). O valor obtido digitalmente pelo equipamento é a carga vertical que o garrafão suporta. (kgf/cm ²)	

Torque	Medida de força necessária para um objeto rodar em redor do seu eixo. O equipamento faz a medição da força necessária para remover, uma tampa do recipiente, neste caso do garrafão. (N.m)	
Volume líquido	O volume líquido (em ml) é determinado a partir da diferença entre o peso bruto e a tara, tendo em conta a densidade média do produto, neste caso a água.	

*Tabela 30- Parâmetros de enchimento:
Valores de especificação e valores obtidos no ensaio industrial.*

	Valores de especificação	Caramulo		Vitalis	
		Garrafão 75g	Garrafão 72.5g	Garrafão 75g	Garrafão 72.5g
Estanqueidade	OK	OK	OK	OK	OK
Carga superior (top load) (kgf/cm²)	LIE - 50	65	68	67	62
Torque (N.m)*	LIE - 0.98 VE - 1.48 LSE - 1.98	1.85	1.55	1.55	1.35
Volume líquido (ml)	LIE - 5910 LE - 6000	≥ LIE	6057	≥ LIE	6038

* valor de abertura

Todas as características técnicas de qualidade do garrafão apresentam-se dentro dos limites de especificação. A característica *estanqueidade* não poderia ser alterada, visto que a única opção é estar em conformidade. A carga superior poderia ser a característica a sofrer mais com o novo garrafão, devido ao facto de ter paredes mais finas e, logo, não suportar carga maior. Todavia, não se verificou grande alteração, comparativamente com o atual garrafão, apresentando-se sempre acima do LIE.



Após o ensaio nas linhas de enchimento, foram enviadas para Santarém, onde se encontra o armazém do grupo, paletes com garrações atuais (75g) e paletes com garrações novos (72,5g). Por sua vez, as paletes enviadas são de dois tipos, paletes normais de madeira e europaletes, que têm metade do tamanho da paleta normal (Anexo IV).

O ensaio de transporte consiste na verificação da estabilidade das paletes e da resistência da embalagem. Para esse efeito, é realizada uma análise visual a cada paleta. Na Figura 34, podemos ver a divisão da embalagem em 3 partes, nomeadamente, ombro (zona superior), corpo (zona central) e fundo (zona inferior). De acordo com esta divisão, procedeu-se à contagem de defeitos. Cada garração pode conter mais do que um defeito, bem como, em diferentes zonas. Os defeitos foram classificados em ligeiros, médios e graves. Os defeitos graves são aqueles que influenciam a estabilidade do garração.



Figura 34- Divisão do garração de água, em 3 partes (igualmente para Caramulo e Vitalis).

Após o registo, são apresentados três gráficos de defeitos para o garração Caramulo (Figura 35) e três para o garração Vitalis (Figura 36). Apresentam-se divididos por zona do garração (ombro, corpo e fundo) e cada zona é classificada consoante o nível de defeitos. Foi feita também a comparação com o garração atual.

Neste sentido, pode-se verificar que o garração novo, comparativamente com o atual, apresenta menor percentagem de defeito na zona do ombro e na zona do fundo. Por sua vez, a zona do corpo possui uma percentagem inferior de garração sem defeito, mas aumenta a percentagem de defeitos ligeiros, no garração. Um defeito na zona do fundo do garração, normalmente, é classificado como grave, pois influencia na estabilidade da embalagem, por

isso, podemos verificar, nos gráficos seguinte, que é a zona com maior percentagem de defeitos graves.

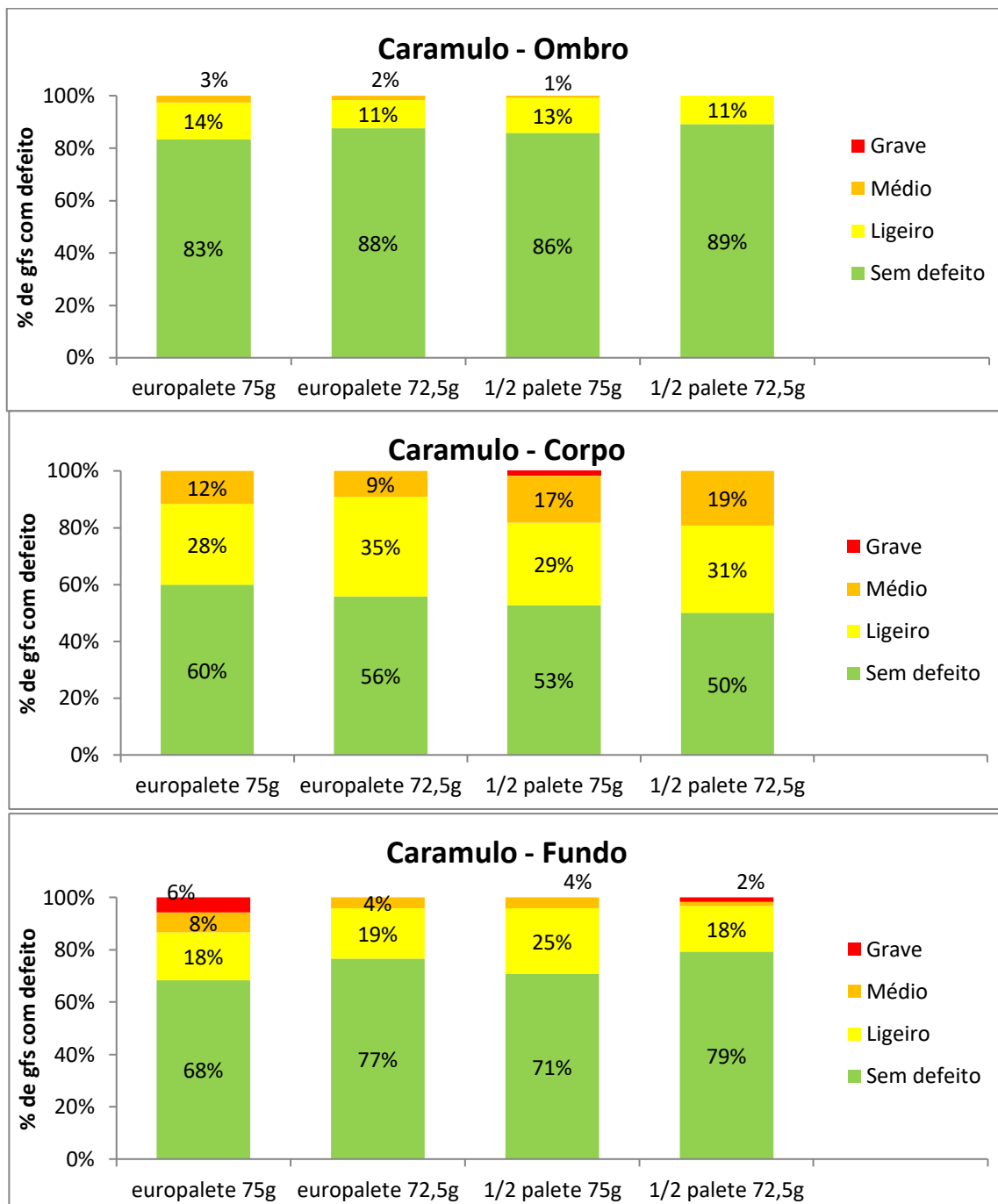


Figura 35- Gráficos de análise aos garrafões de Água Caramulo.

Relativamente aos garrafões da marca Vitalis (Figura 36), a percentagem de garrafões sem defeito, no garrafão novo, aumentou, relativamente ao garrafão atual. A percentagem de defeitos graves (em geral) é muito baixa. E quando são encontrados defeitos nos garrafões, a maior percentagem é de defeitos ligeiros.

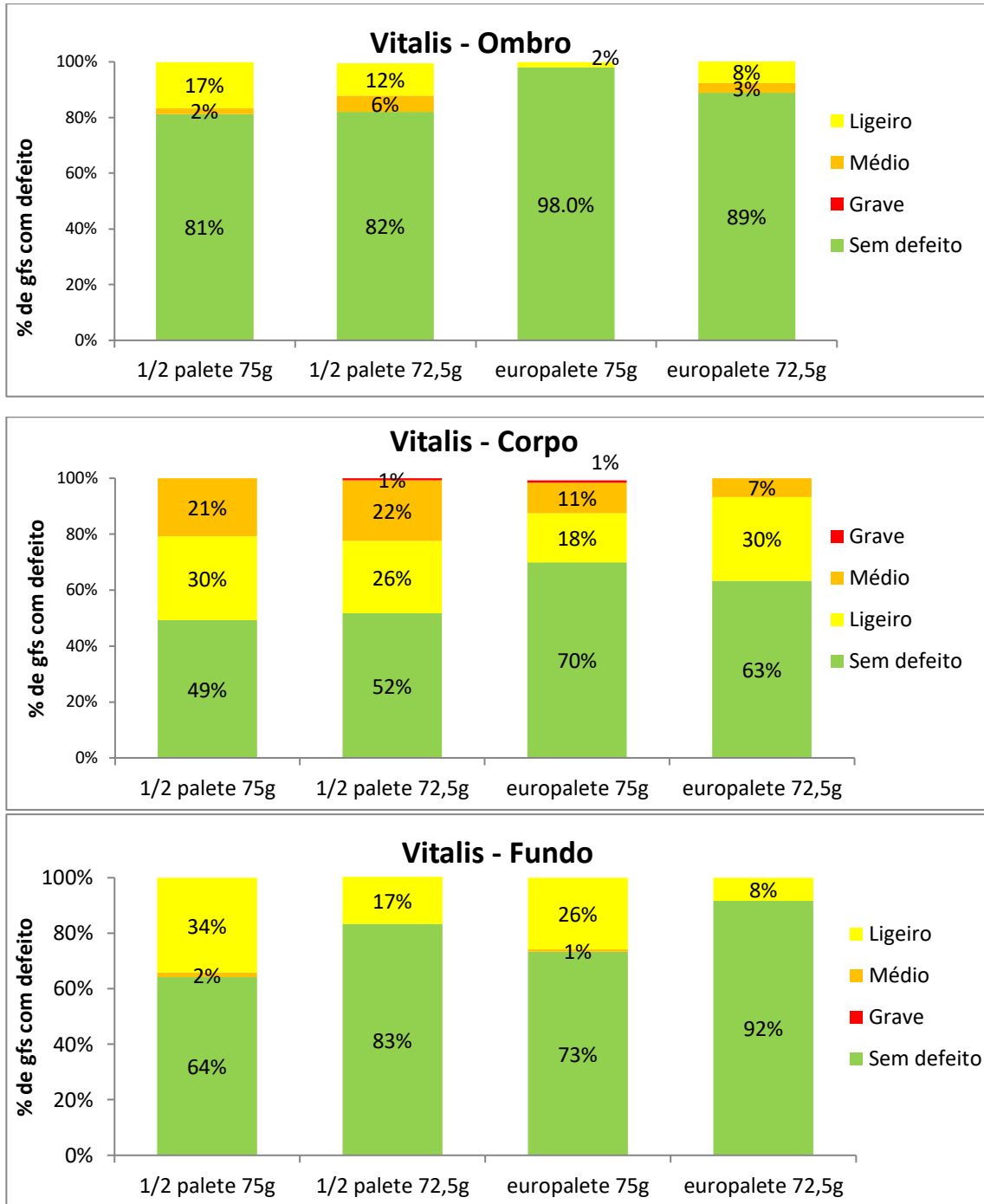


Figura 36- Gráficos de análise aos garrações da Água Vitalis



4 CONCLUSÕES FINAIS

Este trabalho centra-se na avaliação do impacto da redução de peso da embalagem nas características da qualidade do produto final, em especial de garrafas de vidro. O peso foi reduzido em 5 gramas, nas garrafas de vidro da cerveja Super Bock - 20cl e de água Pedras Salgadas - 25cl.

Para a avaliação do impacto desta redução, foram realizados alguns ensaios às características técnicas da garrafa. Inicialmente foi realizada uma análise de quebras da garrafa atual de 20cl e 25cl de cerveja, presentes no armazém automático, prontas para expedição. Com esta análise conclui-se que a quebra da garrafa Super Bock - 25cl foi mais elevada que a quebra da garrafa Super Bock - 20cl, conferindo assim, uma maior confiança para a redução de peso da garrafa SB - 20cl.

As novas garrafas de cerveja Super Bock - 20cl e água Pedras Salgadas - 25cl, foram analisadas e comparadas. Neste sentido, foram avaliados os principais pontos de redução (espessura e diâmetro) para a garrafa de vidro adquirir menos peso (menos 5 gramas). Deste modo, concluiu-se que toda a espessura da garrafa sofreu redução de uma forma muito ligeira. No seguimento destas reduções, foram analisadas e comparadas as características da qualidade da garrafa que não poderiam sofrer alteração, nomeadamente o volume líquido e a altura; e outras onde a variação seria reduzida, nomeadamente a resistência ao choque térmico, a resistência à pressão interna, a resistência à carga vertical e a resistência ao impacto. Todos os ensaios realizados a estas características alcançaram bons resultados, permanecendo dentro dos limites de especificação. As características conferem a conformidade e qualidade das garrafas.

A etapa que levaria à conclusão do sucesso da nova garrafa não se realizou durante o meu estágio. Neste sentido, o ensaio industrial das novas garrafas Super Bock - 20cl e Pedras Salgadas - 25cl, em linha, não se realizou. Com este ensaio industrial pretendia-se avaliar o comportamento das novas garrafas ao nível da quebra das mesmas durante as etapas de enchimento: os impactos que ocorrem ao longo do percurso da linha (entre equipamentos e choque entre garrafas), se suportariam a pressão interna dentro da garrafa e o choque térmico que ocorre durante a pasteurização. Assim como, se as novas dimensões (altura, diâmetro) não influenciavam com o procedimento dos equipamentos e com o posicionamento dos

rótulos, e a conformidade das embalagens secundárias (caixas e packs). Como tal, não foram apresentadas sugestões de alteração nos equipamentos que compõem a linha de enchimento, nem da própria embalagem. A análise de quebras à nova garrafa, que deveria suceder-se após o enchimento, e o envio das paletes para o armazém automático, não ocorreu.

Apesar das 5 últimas etapas do projeto (desde o ensaio industrial com as novas garrafas em linha de enchimento, o ensaio de transporte até a validação da nova garrafa), não terem sido realizadas, com os resultados obtidos podemos prever que no futuro, as garrafas terão uma performance semelhante à garrafa atual em todo o seu tempo de vida (em especial a nível de quebras).

Relativamente aos garrafões de 6 litros de água lisa conclui-se a conformidades dos novos garrafões, (com uma redução de 2,5 gramas). Os ensaios realizados às características técnicas da qualidade do garrafão, realizados após serem cheios na linha de enchimento, apresentam-se com uma ligeira diminuição, mas acima do limite de especificação. No ensaio de transporte, a estabilidade das paletes dos novos garrafões foi garantida. A comparação existente entre os defeitos encontrados no atual garrafão e no novo garrafão, durante a análise individual a cada garrafão, levou a concluir o sucesso do ensaio. Neste sentido, ficou garantida a estabilidade e a imagem, nas prateleiras dos estabelecimentos comerciais.

O projeto realizado, e aqui descrito, pode servir de modelo para qualquer embalagem que necessite garantir as mesmas características da qualidade. Por isso, não é um projeto específico dirigido apenas a garrafas de vidro de cerveja e água gaseificada ou garrafões de água lisa. No mercado, existem inúmeras de embalagens cuja hipótese de redução do seu peso deverá ser devidamente analisada com estudos como este, para que sejam asseguradas as características essenciais da qualidade dos produtos.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akerman, M. (2013). *Introdução ao vidro e sua Produção*.
- Azinheira, V., & Dias, anessa P. (2014). *Controlo de qualidade e ambiente ao nível de uma indústria vidreira*. Universidade de Coimbra. <https://doi.org/10.1002/ejoc.201200111>
- Carr, W., & Kemmis, S. (2004). *Becoming Critical*.
- Ciclo Do Vidro - BA Glass. (n.d.). Retrieved February 21, 2018, from http://www.bavidro.com/pt/ciclo_do_vidro.php
- Coles, R., Mc Dowell, D., & Krwan, M. (2003). *Food Packaging Technology*. (B. Publishing, Ed.).
- Daoudi, M. (2000). *MEASUREMENT SYSTEMS ANALYSIS. Journal of Visual Languages & Computing* (4^a edição, Vol. 11).
- Duarte, J. (2017). *Acompanhamento e estudo dos processos de injeção , extrusão e sopro na empresa Logoplaste Acompanhamento e estudo dos processos de injeção , extrusão e sopro na empresa Logoplaste*. INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA.
- Elliot, J. (1991). *Action Research for Educational Change*.
- Ferguson, S. (2017). Designing stronger, lighter glass containers using simulation. Retrieved August 2, 2018, from <https://www.industr.com/en/designing-stronger-lighter-glass-containers-using-simulation-2287438>
- Galotto, M., & Ulloa, P. (2010). Effect of high-pressure food processing on the mass transfer properties of selected packaging materials. *Packaging and Technology and Science*, 23(May), 253–266. <https://doi.org/10.1002/pts>
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1998). *Juran's Quality Control Handbook*. McGrawHill. <https://doi.org/10.1108/09684879310045286>
- Klimovitz, R., & Ockert, K. (1982). *Beer Packaging* (second edi).
- Lawler, C. (n.d.). *Action research as a congruent methodology for understanding wikis: the case of Wikiversity*. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ840803.pdf>
- Lewis, W. E. (1999). *PDCA / TEST*.
- LOGOPLASTE. (n.d.). Retrieved July 16, 2018, from <http://www.logoplaste.com/en/base/1/1/throughthewall>

- Manoel, J. A. H. M. C. (2010). *Análise de Processos Fabris na BA Vidro*. Universidade do Porto - FEUP.
- Marco, D., I, Miranda, S., Riemma, S., & Iannone, R. (2016). Life cycle assessment of ale and lager beers production. *Chemical Engineering Transactions*, 49, 337–342.
<https://doi.org/10.3303/CET1649057>
- McQuater, R. E., Scurr, C. H., Dale, B. G., & Hillman, P. G. (1995). Using quality tools and techniques successfully. *The TQM Magazine*, 7(6), 37–42.
<https://doi.org/10.1108/09544789510103761>
- Mirabito, A., Oliphant, M., Van Doorn, G., Watson, S., & Spence, C. (2017). Glass shape influences the flavour of beer. *Food Quality and Preference*, 62(April), 257–261.
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.05.009>
- Mohajerani, A., Vajna, J., Cheung, T. H. H., Kurmus, H., Arulrajah, A., & Horpibulsuk, S. (2017). Practical recycling applications of crushed waste glass in construction materials: A review. *Construction and Building Materials*, 156, 443–467.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.09.005>
- Processo produtivo - Vidrala Vidrala. (n.d.). Retrieved February 21, 2018, from
<http://www.vidrala.com/pt-pt/vidro/proceso-productivo/>
- Robertson, G. L. (2013). *Food Packaging*. (L. Taylor & Francis Group, Ed.).
- Shulman, V. L. (2011). *Trends in Waste Management*. *Waste*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381475-3.10001-4>
- Spring, M., McQuater, R., Swift, K., Dale, B., & Booker, J. (1998). The use of quality tools and techniques in product introduction: an assessment methodology. *The TQM Magazine*, 10(1), 45–50.
- SUPER BOCK GROUP - Estrutura Acionista. (n.d.). Retrieved February 17, 2018, from
<https://www.superbockgroup.com/detalhe/estrutura-acionista/>
- SUPER BOCK GROUP - Onde Estamos. (n.d.). Retrieved February 17, 2018, from
<https://www.superbockgroup.com/onde-estamos/>
- SUPER BOCK GROUP - Produtos. (n.d.). Retrieved February 16, 2018, from
<https://www.superbockgroup.com/todos-os-produtos/>
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). *An Assessment of the Scientific Merits of Action Research*. *Source: Administrative Science Quarterly* (Vol. 23). Retrieved from
https://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/nedlagte-emner/INF9930/v12/undervisningsmateriale/Susman_Evered.pdf



Tavares, J. (2006). Cababilidade do processo, 1–7.

Tecnologias | ALPLA Group. (n.d.). Retrieved July 16, 2018, from

<https://www.alpla.com/pt/recursos/tecnologias>

Testa, M., Malandrino, O., Sessa, M. R., Supino, S., & Sica, D. (2017). Long-term sustainability from the perspective of cullet recycling in the container glass industry: Evidence from Italy. *Sustainability (Switzerland)*, 9(10).

<https://doi.org/10.3390/su9101752>

Verallia Portugal, S.A. - Processo e Fluxograma. (n.d.). Retrieved February 21, 2018, from

<https://pt.verallia.com/o-vidro/processo-e-fluxograma-em-imagens>



ANEXO I – MARCAS COMERCIALIZADAS PELO SBG



(“SUPER BOCK GROUP - Produtos,” n.d.). Atual. dezembro de 2017.

ANEXO II – DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE (SUPER BOCK E PEDRAS SALGADAS)

Categoria	Característica/Requisito	Tolerâncias	
		Garrafa SB TP 0.20 Atual	Garrafa SB TP 0.20 “peso reduzido”
Dimensão	Altura (mm)	180 ± 1.4	180 ± 1.4
	Ø corpo médio 1 (mm)	53.4	52.9
	Ø corpo médio 2 (mm)	52.3	51.8
	Ø máx. corpo (mm) = ponto de contacto da parte superior/inferior do corpo	53.8 ± 1.2	53.3 (-0.5)
	Ø máx. gargalo (mm) = pescoço	31.8 34.5 ± 1	32.3 (+0.5) 35
	Ø base (mm)	44.8	44.3 (-0.5)
	marisa (mm)	26.55 ± 0.25	26.55 ± 0.25
	Verticalidade (mm)	≤ 4.2	≤ 4.2
	Horizontalidade (mm)	≤ 0.6	≤ 0.6
	Peso (g)	Aprox. 145	Aprox. 140
	Capacidade total (ou à boca) (ml)	210	210
	Capacidade nominal ou útil (ml)	200 ± 6	200 ± 6
Espessura	Nível de enchimento (mm)	31	31?
	Espessura do ombro (mm)	≥ 1	≥ 1
	Espessura do calcanhar (mm)	≥ 1	≥ 1
Ensaio de passagem	Espessura fundo (mm)	≥ 2.3	≥ 2.3
	Resistência ao choque térmico (°C)	42	42
	Resistência à pressão interna (kg/cm ²)	≥ 12	≥ 12
	Resistência à carga vertical (kg)	≥ 600	≥ 600
Valores reais ≠ valores exigidos	Resistência ao impacto (cm/s)	≥ 65	≥ 65
	Transmitância a 550 (%)	32 - 42	32 - 42
	Comprimento de onda (nm)	577 - 582	577 - 582
	Pureza (%)	70 - 92	70 - 92
Cor	Brilho (%)	30 - 48	30 - 48



Categoria	Característica/Requisito	Tolerâncias	
		Garrafa Pedras TP 0.25 Atual	Garrafa Pedras TP 0.25 "peso reduzido"
Dimensão	Altura (mm)	192±1.4	192±1.4
	Ø max corpo (mm) = ponto de contacto da parte superior/inferior do corpo	58±1.2	58±1.2
	Ø Furo	14.35 ± 0.2	14.35 ± 0.2
	Ø Coroa	18.5± 0.5	18.5± 0.5
	Ø Rosca	27.3 ± 0.3	27.3 ± 0.3
	Ø Interior da rosca	25± 0.3	25± 0.3
	Ø máx do corpo	58 ± 1.2	58 ± 1.2
	Verticalidade (mm)	≤4.2	≤4.2
	Horizontalidade (mm)	≤0.6	≤0.6
	Peso (g)	160	155
	Capacidade total (ou à boca) (ml)	265±6	265±6
	Capacidade nominal ou útil (ml)	250±6	250±6
	Nível de enchimento (mm)	43	46
Espessura	Espessura do ombro (mm)	≥1	≥1
	Espessura do calcanhar (mm)	≥1	≥1
	Espessura fundo (mm)	≥2.3	≥2.3
Ensaio de passagem Valores reais ≠ valores exigidos	Resistência ao choque térmico (°C)	42	42
	Resistência à pressão interna (kg/cm ²)	≥12	≥12
	Resistência à carga vertical (kg)	≥340	≥340
	Resistência ao impacto (cm/s)	≥65	≥65
Cor	Transmitância a 550 (%)	53-63	53-63
	Comprimento de onda (nm)	550-558	550-558
	Pureza (%)	53-85	53-85
	Brilho (%)	15-43	15-43

ANEXO III – TESTE T REALIZADO EM EXCEL

Teste t realizado no Excel:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$$

Teste T: Duas amostras com variâncias iguais		
	Variável 1	Variável 2
Média	260,676	257,314

Variância	1,071	2,588
Observações	13	13
Variância agrupada	1,829	
Hipótese de diferença de média	0	
gl	24	
Stat t	6,338	
P(T<=t) uni-caudal	0,000	
t crítico uni-caudal	1,711	
P(T<=t) bi-caudal	0,000	
t crítico bi-caudal	2,064	

Conclusão do teste: Rejeita-se H_0 .



ANEXO IV – GARRAFÕES PET

Paletes de garrafões utilizados no ensaio de transporte:

A- Paleta; B- Europaleta.



A



B