



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Rita Fernandes Silva

**Análise de Causas de Quebra de Garrafas
de Vidro e Otimização da Estabilidade
de Paletização**



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

U. PORTO

FC FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO


unicer

Ana Rita Fernandes Silva

Análise de Causas de Quebra de Garrafas de Vidro e Otimização da Estabilidade de Paletização

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar

Trabalho efetuado sob a orientação da
Prof. Dra. Ana Vera Machado
e da
Dra. Ana Bela Pinheiro

Declaração

Nome: Ana Rita Fernandes Silva

Endereço electrónico: ana.fernandesilva@gmail.com

Número do Cartão de Cidadão: 14200737 4 zz6

Título de dissertação:

Análise de Causas de Quebra de Garrafas de Vidro e Otimização da Estabilidade de Paletização

Orientadores:

Prof. Dra. Ana Vera Machado

Dra. Ana Bela Pinheiro

Ano de conclusão:

2016

Designação do Mestrado:

Tecnologia e Ciência Alimentar

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA DISSERTAÇÃO.

Universidade do Minho, 27 de julho de 2016

Assinatura: _____

Resumo

Neste projeto realizaram-se dois estudos distintos. O primeiro relacionado com a utilização de ferramentas da qualidade, onde se procurou encontrar a(s) causa(s) para a quebra de garrafas de vidro em paletes de produto acabado e o segundo onde se procedeu ao desenvolvimento e implementação do método de trabalho para o equipamento de teste da estabilidade da paletização.

Com este projeto, pretendeu-se reduzir o número de incidências de quebra de garrafas e de paletes tombadas, diminuir custos, garantir a excelência dos produtos Unicer no cliente e maior rentabilidade dos processos.

No primeiro tema explorado “*Análise de Causas de Quebra de Garrafas de Vidro*” procedeu-se à análise do fenómeno para encontrar a percentagem de incidências de paletes com quebra que saíam para o mercado. A partir de vários estudos foi possível identificar as possíveis causas para a situação atual, posteriormente organizadas num Diagrama de Causa-Efeito. Este foi o ponto de partida para o desenvolvimento de várias ações com o objetivo de reduzir as quebras. Com as ações conseguiu-se destacar que as variáveis mais críticas se encontravam na linha de enchimento e, desta forma, aplicaram-se ações de melhoria com a alteração destas variáveis. Após verificação de melhoria constatou-se uma redução do número de incidências em 11%.

No segundo tema “*Otimização da Estabilidade de Paletização*” realizou-se um estudo teórico sobre o transporte rodoviário de cargas, recorrendo à informação disponibilizada pela Comissão Europeia e a normas internacionais ISO. Com base nos conhecimentos adquiridos encontraram-se os parâmetros com influência direta na estabilidade da paletização. Isto permitiu o desenvolvimento dos critérios de avaliação e a definição da gama de frequências vibracionais a que a carga está sujeita no transporte rodoviário, aplicadas no método desenvolvido a partir da norma ISO2247. No final, foi realizado um teste de ensaio para validação ou reformulação deste. O teste teve como objetivo a redução do número de rejeições em armazém com vista na melhoria da estabilidade no transporte. Para tal, procedeu-se ao estudo da avaliação da estabilidade e sua otimização, utilizando a matriz original e três propostas: matriz cruzada, matriz em coluna e matriz em coluna com intercalar. Por avaliação por comparação e, respeitando as condições de paletização em linha concluiu-se que a melhor matriz foi a em coluna.

Palavras-chave: Análise de causas, quebras, garrafas de vidro, paletes, análise fractográfica, estabilidade de paletização

Abstract

This report was focused on two studies. The first one was related with the application of the quality tools where was searched to find the causes for broken glass bottle in finish product pallets. The second theme was proceeded to develop and implement a working method for the test equipment for stability of palletizing. This project was intended to reduce the number of broken glass bottles and tumble pallets, associated costs, guarantee the excellence quality of Unicer products at the costumer and higher profitability of processes.

In the first theme called “*Cause Analysis for Brocken Glass Bottles*” was inspected the phenomenon in order to find the percentage of pallets with broken bottles. From the connection among the position of trays with broken bottle and the direction of pallets, it was possible to find possible causes for the current situation which was organized in a Cause - Effect Diagram. This was the starting point for the development of several actions in order to reduce de number of incidences. From these actions it was possible to highlight that the most critical variables was found in the bottle filling line. Thus, it was applied improvement actions to change these variables. After checking the improvement, it was evidenced a reduction of the incidences of 11%.

In the second theme “*Optimization of Palletizing Stability*” it was did a theoretical study about cargo securing for road transport, using information provided by the European Commission and international standards. Based on acquired knowledge it was possible find the parameters that have direct influence on palletizing stability. This allowed the development of evaluation criteria and the definition of the range vibrational frequencies to which the load is subject during road transport, applied on the test method developed from the ISO2247 standard. In the end, was conducted a test for validation or redesign the method. The test had as interest the reduction of the number of rejections in warehouse and at the same time the improvement of their stability. To do this, it was preceded to the study of stability evaluation and its optimization, using the original matrix and three proposals: cross-matrix, column matrix and column matrix with interlayers. The evaluation was did in comparison among the original and, respecting the palletizing line condition, it was concluded that the best matrix was in column.

Keyword: Cause Analysis, breaks, glass bottle, pallets, fracture diagnosis, palletizing stability

Índice

1. Introdução	1
1.1. Apresentação da Unicer Bebidas, S.A.....	2
1.2. O Projeto de embalagens na Unicer	3
1.2.1. Qualidade, Ambiente e Segurança	3
1.2.2. Breve descrição do projeto	4
1.3. Temas abordados e sua organização na presente dissertação.....	5
PARTE I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2. Processo de enchimento de cerveja.....	7
2.1. A linha de tara perdida	8
3. Produção de Embalagens de Vidro Alimentar	17
3.1. Processo produtivo	17
3.1.1. Processo de fabricação do vidro.....	18
3.1.1.1. Composição.....	18
3.1.1.2. Fusão	19
3.1.2. Processo de fabricação da embalagem	20
3.1.2.1. Moldação.....	20
3.1.2.2. Tratamento de superfície a quente.....	23
3.1.2.3. Reozimento.....	23
3.1.2.4. Tratamento de superfície a frio	23
3.1.3. Processo de controlo da qualidade	23
3.1.4. Processo de paletização.....	26
3.2. Análise fratográfica aplicada a garrafas de vidro	26
3.2.1. Princípios gerais do diagnóstico de fratura	27
3.2.2. Padrões de fratura de garrafas de vidro	28
4. Otimização da Estabilidade da Paletização	30
4.1. As embalagens	31
4.2. Comportamento da carga durante o transporte rodoviário	32
4.3. Testes de desempenho.....	33
PARTE II – TRABALHO DESENVOLVIDO.....	34
5. Metodologia	34
5.1. Análise de Causas de Quebra de Garrafas de Vidro.....	34
5.1.1. Histórico de quebra	40
5.1.2. Análise fratográfica	40
5.1.3. Estudo fim de linha	42

5.1.4.	Análise às características do produto	42
5.1.5.	Ensaio “Prova de Quebra”	43
5.1.6.	Análise fratográfica	47
5.1.7.	Estudo do desenho da garrafa.....	47
5.1.8.	Estudo das propriedades mecânicas do vidro.....	47
5.1.9.	Enchimento com garrafas de espessura controlada.....	47
5.1.10.	Avaliação dos materiais de embalagem	47
5.1.10.1.	Análise de riscos mecânicos.....	48
5.1.10.2.	Avaliação da fragilidade do sistema.....	49
5.1.11.	Diagnóstico após as alterações na linha 6	49
5.2.	Otimização da estabilidade da paletização	50
6.	Resultados e Discussão	56
6.1.	Análise de Causas de Quebra de Garrafas de Vidro.....	56
6.1.1.	Histórico de quebra	56
6.1.2.	Análise fratográfica	57
6.1.2.1.	Análise fratográfica do fornecedor de garrafas	57
6.1.2.2.	Análise fratográfica do Critt Matériaux Alsace.....	59
6.1.2.3.	Análise fratográfica do American Glass Research.....	60
6.1.3.	Estudo do fim da linha 6	63
6.1.4.	Análise das características do produto	69
6.1.5.	Ensaio “Prova de Quebra”	69
6.1.6.	Estudo das propriedades mecânicas do vidro.....	74
6.1.7.	Estudo do desenho da garrafa.....	74
6.1.8.	Enchimento com garrafas de espessura controlada	75
6.1.9.	Avaliação dos materiais de embalagem	75
6.1.9.1.	Análise dos riscos mecânicos.....	75
6.1.9.2.	Avaliação da fragilidade do sistema.....	76
6.1.10.	Novo Diagnóstico.....	77
6.2.	Otimização da Estabilidade da Paletização	79
6.2.1.	Manual de Controlo da Qualidade.....	79
6.2.1.1.	Elaboração do procedimento	79
6.2.1.2.	Elaboração dos critérios de avaliação e análise dos resultados	80
6.2.2.	Elaboração do Relatório	81
6.2.3.	Alteração da matriz de paletização – Resolução do problema proposto	81
7.	Conclusões e Trabalhos Futuros	85
8.	Bibliografia	87

9. ANEXOS.....	89
----------------	----

Índice de Figuras

Figura 1.1. Principais produtos da Unicer [2].	2
Figura 1.2. Imagem ilustrativa da presença dos produtos Unicer no mundo [4].	3
Figura 1.3. Evidências de garrafa partida. A - Palete com tabuleiro com sinais de garrafa partida. B - Pormenor do tabuleiro com bolores. C - Garrafa partida no interior do tabuleiro.	4
Figura 1.4. Imagem ilustrativa do resultado final de um transporte de mercadorias.	5
Figura 2.1. Fluxograma do processo de enchimento de cerveja em garrafa de tara perdida.....	10
Figura 2.2. Imagens ilustrativas da despaletizadora utilizada na linha 6.	11
Figura 2.3. Imagem ilustrativa do inspetor de garrafas vazias.	11
Figura 2.4. Princípio de funcionamento de uma enchedora. 1 - Pré-evacuação; 2 - Enxaguamento com CO ₂ ; 3 - Evacuação; 4 - Enxaguamento com CO ₂ ; 5 - Evacuação final; 6 - Pré-tensionamento parcial; 7 - Pré-tensão; 8 - Enchimento; 9 - Enchimento rápido; 10 - Enchimento de travagem e de correção; 11- Fim de enchimento, desaceleração, descompressão; 12 - Descompressão residual [11].	12
Figura 2.5. Processo de enchimento de uma garrafa de cerveja [10] (adaptado). 1 - Enxaguamento com CO ₂ ; 2 - Evacuação; 3 - Tensionamento; 4 - Enchimento lento; 5 - Enchimento rápido; 6 - Final do enchimento por nível e diminuição do fluxo. A - Tanque de CO ₂ ; B - Tanque de cerveja; C - Tanque de gás de retorno.	13
Figura 2.6. Pasteurizador túnel.....	13
Figura 2.7. Pasteurizador túnel.....	14
Figura 2.8. Imagens ilustrativas dos diferentes tipos de embalagem secundária aplicados a cerveja em garrafa TP. A - 6 Pack basket; B - 6 Pack shrink para cerveja Super Bock; C - 6 Pack shrink para cerveja Cristal; D -Caixa.....	14
Figura 2.9. Imagem ilustrativa de um tabuleiro.	15
Figura 2.10. Matriz de paletização com inversão de 180°	15
Figura 2.11. Processo de paletização [14] (adaptado).....	16
Figura 3.1. Imagem esquemática do processo produtivo de embalagens de vidro alimentar [19].	18
Figura 3.2. Imagem esquemática de um forno de fusão de vidro de embalagem [19].....	19
Figura 3.3. Imagem ilustrativa de duas gotas [20].	20
Figura 3.4. Máquina IS em funcionamento.....	20
Figura 3.5. Imagem esquemática do processo de moldação soprado-soprado [22] (adaptado).	21
Figura 3.6. Imagem esquemática do processo de moldação prensado - soprado [22] (adaptado).	22

Figura 3.7. Imagem esquemática do processo de moldação Narrow Neck Press and Blow [22] (adaptado).....	22
Figura 3.8. Nomenclatura utilizada para garrafas de vidro [9].	24
Figura 3.9. Imagem esquemática de uma microfissura à superfície, na origem da fratura [31].	27
Figura 3.10. Propagação de uma fratura face a outra existente deve ser sempre em ângulo reto [28]......	27
Figura 3.11. Imagem ilustrativa dos vários tipos de padrões existentes para o diagnóstico de fratura provocado pela pressão interna [9]......	28
Figura 3.12. Padrão de fratura resultante de um choque térmico [9].	29
Figura 3.13. Imagens ilustrativas de dois padrões de fratura por carga vertical [28] : 1 - Fratura originária num ombro; 2 - Fratura no calcanhar.....	29
Figura 3.14. Padrão de fratura provocado por uma força de impacto. 1 - Local do Impacto; 2 - Origem de dobradiças [9]......	30
Figura 4.1. Palete de produto acabado.	30
Figura 4.2. Imagens ilustrativas de um envolvimento insuficiente. A - Filme envolve o estrado de madeira; B - Filme não envolve o estrado de madeira.	32
Figura 4.3. Atuação de forças durante o transporte [15]......	33
Figura 5.1. Plataforma logística da Unicer Bebidas, S.A. A - Imagem panorâmica do interior do armazém; B - Imagem das pistas.....	36
Figura 5.2. Local exato de inspeção das paletes após ativação das pistas.	36
Figura 5.3. Imagens ilustrativas da zona do picking. A - Vista geral do local; B - Paletes com tabuleiros já recolhidos para encomendas.	37
Figura 5.4. Imagens ilustrativas do armazém automático. A - Zona de movimentação. B - Vista para o armazém.	37
Figura 5.5. Imagens ilustrativas das quatro direções das paletes para identificação dos tabuleiros com quebra.A - D800mm com etiqueta. B - D1200mm com etiqueta. C - D800mm sem etiqueta. D - D1200mm sem etiqueta.....	38
Figura 5.6. Imagem esquemática da altura de unidades de carga com garrafa 0,33L em Shrink.	38
Figura 5.7. Imagem ilustrativa da quebra e identificação de fiadas. Designação: Lote: X, N ^o de Paleta: Y, 4 ^a fiada, D1200mm sem etiqueta, fornecedor Z. Barras a cheio representam as etiquetas de paleta.	39
Figura 5.8. Diagrama de Causa-Efeito.	39
Figura 5.9. Copo de plástico com os estilhaços de uma garrafa de vidro.	41
Figura 5.10. Acondicionamento dos fragmentos de vidro para envio para o American Glass Research.	41

Figura 5.11. Imagem esquemática do final da linha 6 e identificação dos dispositivos críticos. 1 - Virador. 2 - Batente de pré-camada. 3 - Arrastador de pré-camada. 4 - Condutor da camada formada. 5 - Etiquetadora. 6 - Ação do empilhador.....	42
Figura 5.12. Local de inspeção antes do virador.....	45
Figura 5.13. Local de inspeção e desfardamento das paletes em armazém.	45
Figura 5.14. Paletização da linha 2. A - Robot de paletização. B - Centreadores de matriz/fiada.	46
Figura 5.15. Imagem representativa do “Dummy” e sua colocação numa embalagem shrink Super Bock.....	48
Figura 5.16. Circuito de passagem. A - Paletizadora. B - Envolvedora. C - Empilhador. D - Elevador. E- Monotrail. F - Pistas gravíticas.....	48
Figura 5.17. Colocação do “Dummy” numa paleta com embalagem secundária shrink.....	49
Figura 5.18. Imagem ilustrativa do equipamento Lansmont Model MS2000 sistema de vibração mecânica.....	50
Figura 5.19. Imagens ilustrativas do controlo remoto. A - Funções disponíveis no controlo remoto. B - Definições presentes no ecrã LCD do controlo	51
Figura 5.20. Parâmetros de avaliação não validados.	52
Figura 5.21. Imagens ilustrativas da paletização de ½ paleta de produto caixa. A - Paletização das duas ½ paletes é realizada em simultâneo. B - Algumas caixas ultrapassam o limite da paleta devido ao desenho da matriz e desempenho da paletização.....	53
Figura 5.22. Matrizes propostas para nova paletização de ½ paleta produto caixa.	53
Figura 5.23. Imagens ilustrativas de 1/2 Paleta com matriz cruzada.	54
Figura 5.24. Imagens ilustrativa de 1/2 Paleta com matriz coluna.....	54
Figura 5.25. Imagens ilustrativas de paletização manual em linha.	55
Figura 6.1. Demonstração de tabuleiros com sinais de garrafa partida. A - Bolores numa embalagem 6 pack shrink de Super Bock; B - Bolores numa embalagem 6 pack shrink de Cristal; C - Ressoado numa embalagem 6 pack shrink de Super Bock.....	56
Figura 6.2. Representação gráfica do histórico de quebra.	57
Figura 6.3. Identificação das posições de garrafas partidas nos respetivos tabuleiros e matriz. A e D - Fiada 6; B - Fiada 3; C - Fiada 2.....	58
Figura 6.4. Identificação das garrafas recolhidas e enviadas para a AGR. A, B e H - Fiada 3; C e O - Fiada 6; D, F, G, J, L, L e M - Fiada 5; E - Fiada 4; I - Fiada 7, N - Fiada 2.	60
Figura 6.5. Presença de contaminantes no ponto de origem de quebra.....	62
Figura 6.6. Imagem ilustrativa do virador e o momento de choque entre o virador e um tabuleiro para rotação.....	63

Figura 6.7. Imagem ilustrativa do batente de pré-camada e do choque entre o tabuleiro e o batente.	64
Figura 6.8. Imagem ilustrativa do arrastador de pré-camada.	64
Figura 6.9. Conductor da camada formada.	65
Figura 6.10. Imagens ilustrativas do sentido da paleta para a etiquetadora e a posição das paletes antes do levantamento com empilhador.	65
Figura 6.11. Imagem ilustrativa do empilhador a segurar a carga.	66
Figura 6.12. Imagem esquemática da relação entre os equipamentos de contacto e os tabuleiros que sofrem os impactos diretos.	66
Figura 6.13. Imagem esquemática da posição dos tabuleiros partidos nas paletes vistas no histórico de quebras.	67
Figura 6.14. Paletes de Super Bock Negra Sin Alcohol 0,33L. A - Antes da alteração. B - Após a alteração.	68
Figura 6.15. Posição da garrafa partida no tabuleiro e paleta e reconstrução da respetiva garrafa na análise fratográfica. A - Fiada 6.	70
Figura 6.16. Posição da garrafa partida no tabuleiro e paleta e reconstrução da respetiva garrafa na análise fratográfica. B - Fiada 1.	70
Figura 6.17. Posição da garrafa partida no tabuleiro e paleta e reconstrução da respetiva garrafa na análise fratográfica. B - Fiada 1.	71
Figura 6.18. Representação gráfica dos resultados obtidos na monitorização dos riscos mecânicos. Legenda: x nível corresponde à fiada; 800 indica a direção do choque e x dia corresponde ao dia de ensaio. Quanto maior a dimensão dos círculos mais forte foi o impacto.	75
Figura 6.19. Quebra de garrafa na D800mm sem etiqueta com impacto na D1200mm com etiqueta a velocidade 0,8 m/s. A - Fiada 1.	76
Figura 6.20. Posição e imagens das garrafas partidas na matriz correspondente.	77
Figura 6.21. Representação gráfica dos resultados antes e após as alterações na linha 6.	78
Figura 6.22. Representação gráfica da apreciação final após as alterações na linha 6.	78
Figura 6.23. Imagens ilustrativas da matriz original 1 antes e depois do teste de estabilidade. A - D800mm antes do teste. B - D600mm antes do teste. C - D800mm depois do teste. D - D600mm depois do teste.	82
Figura 6.24. Resultados da centragem e inclinação da matriz original antes e depois do teste de estabilidade, em mm.	82

Índice de Tabelas

Tabela 2.1. Classificação das linhas de enchimento de garrafa de vidro e barril da Unicer Bebidas,SA.....	7
Tabela 3.1. Função dos constituintes do vidro [15,18,19].....	19
Tabela 5.1. Plano de ensaios.	44
Tabela 5.2. Identificação da posição do tabuleiro, do pack com o dummy, da fiada e número de passagens do sensor pelo circuito.....	49
Tabela 5.3. Condições de serviço do equipamento Lansmont Model MS2000 sistema de vibração mecânica.	50
Tabela 6.1. Tabela resumo sobre o diagnóstico de fratura. (ND = Não Detetado).	58
Tabela 6.2. Diagnóstico de fratura do laboratório Critt Matérieux Alsace (ND = Não detetado).	59
Tabela 6.3. Análise fratográfica do American Glass Research.	60
Tabela 6.4. Classificação dos potenciais causadores de quebra.....	67
Tabela 6.5. Equipamentos antes e após as alterações na linha 6.	68
Tabela 6.6. Resultados obtidos nos diversos ensaios realizados para cada ação.....	72
Tabela 6.7. Tabela resumo com os resultados do diagnóstico de fratura.	73
Tabela 6.8. Resultados obtidos na simulação de transporte.	76
Tabela 6.9. Resultados obtidos.....	84

1. Introdução

O projeto *“Análise de Causas de Quebra de Garrafas de Vidro e Otimização da Estabilidade da Paletização”* explora dois grandes temas que refletem a qualidade e imagem da marca dos produtos Unicer. Com este estudo, a empresa pretende melhorar a imagem da marca perante os seus clientes assim como adquirir um conhecimento mais profundo sobre a problemática das embalagens, desde a sua utilização no processo de enchimento até a entrega do produto final no cliente. Para além disso, o projeto atua na redução do número de incidências e nos custos associados às perdas de paletes de produto acabado.

No tema *“Análise de Causas de Quebra de Garrafas de Vidro”* a Unicer tem falta de dados que auxiliem na necessidade de definir e implementar ações que permitam a redução do número de quebras de embalagens primárias em palete de produto acabado. Essas ações correspondem a testes aplicados no final do processo de enchimento e logístico que têm como finalidade encontrar a(s) causa(s) que levam à quebra de garrafas de vidro. A importância desta investigação reside na sua capacidade de identificar quais os pontos críticos e, deste modo, implementar ações de melhoria. Após as alterações terem sido verificadas e validadas, conseguem-se melhorias significativas na utilização de recursos da empresa.

Também sobre embalagens, a *“Otimização da Estabilidade da Paletização”* expõe a temática sobre a embalagem terciária. A maior dificuldade deste tipo de embalagem reside na sua estabilidade durante o transporte até o cliente pois, a existência de uma carga tombada provoca perdas irreversíveis quer para o cliente quer para o fornecedor. Para controlar esta situação é recorrente a realização de testes de estrada com um percurso definido que nem sempre é viável devido aos recursos necessários para o realizar. No sentido de rentabilizar o processo a Unicer adquiriu um equipamento de vibração mecânica que simula as vibrações a que as paletes estão sujeitas durante o transporte rodoviário. Por forma a otimizar o processo de definição de novas matrizes pretende-se implementar o método de funcionamento do equipamento onde será possível testar a estabilidade das paletes nas condições vibracionais indicadas pela Comissão Europeia e desta forma, avaliar a exequibilidade da palete teste, melhorando-a caso seja necessário.

Este capítulo inicial encontra-se dividido em três partes. Em primeiro lugar é feita uma apresentação da empresa onde o projeto foi desenvolvido. Seguidamente será apresentado uma breve descrição deste. Por fim, faz-se uma descrição da organização dos temas abordados no presente relatório.

1.1. Apresentação da Unicer Bebidas, S.A.

Com uma história que se prolonga há mais de 125 anos, a Unicer, Bebidas S.A. apresenta-se como a maior indústria portuguesa de bebidas. O seu largo portfólio assenta no negócio das cervejas e das águas engarrafadas, estando igualmente presente no mercado dos refrigerantes, vinhos, cafés e no segmento do turismo [1]. Na Figura 1.1 estão expostos alguns dos produtos da Unicer mais apreciados.



Figura 1.1. Principais produtos da Unicer [2].

A história da Unicer teve início em 1890 com a fusão de sete fábricas de cerveja. Neste ano, o movimento dos industriais cervejeiros do Porto fundou a CUF - Companhia União Fabril Portuguesa das Fábricas de Cerveja e Bebidas Refrigerantes, uma sociedade anónima que tinha como finalidade a comercialização de cerveja nacional aos cafés e cervejarias do Porto, substituindo gradualmente a cerveja importada. Para além da cerveja, a CUF produzia também gasosas, gelo e outras bebidas alcoólicas como licores, cognacs, aguardentes e vinhos. Desde então, a Unicer tem se destacado pela sua atividade industrial, distinguindo-se alguns momentos marcantes como a inauguração da nova fábrica em Leça do Balio, em 1964. A transformação da CUF em Unicer - União Cervejeira E.P. pela sua fusão com a COPEJA, IMPERIAL e RICAL, no ano de 1977 e a aquisição da Maltibérica em 1989/1990. No mesmo ano, ocorreu a privatização da Unicer e em 2002 a empresa adquiriu o grupo Vidago, Melgaço, Pedras Salgadas e a Cafeira. O constante crescimento do grupo obrigou à renovação e expansão das linhas de enchimento em 2013 e em 2015 na aposta de um armazém automático.

Atualmente, a estrutura acionista da Unicer é de capital maioritariamente português, detida em 56% pelo Grupo VIACER (Violas, Arsopi e BPI) e em 44% pelo Grupo Carlsberg [3, 4].

Com cerca de 150 milhões de litros exportados, 90 000 camiões de transporte e 1350 colaboradores, a Unicer está presente de Norte a Sul do país com 13 centros que incluem centros de produção de cerveja, de sumos e refrigerantes e de vinhos; centros de captação e engarrafamento de água, vendas e operações, que garantem a excelência na qualidade dos produtos [5].

No que diz respeito ao mercado, a Unicer tem investido na sua presença além-fronteiras, estando hoje acessível em mais de 40 países, como ilustra a Figura 1.2. [6].



Figura 1.2. Imagem ilustrativa da presença dos produtos Unicer no mundo [4].

1.2. O Projeto de embalagens na Unicer

Neste capítulo pretende-se fazer uma apresentação do local onde foi realizado o projeto de dissertação. Desta forma será possível compreender o âmbito do mesmo no contexto da Qualidade/Serviços Técnicos. Posteriormente será feita uma descrição de cada tema do projeto desenvolvido.

1.2.1. Qualidade, Ambiente e Segurança

O trabalho descrito na presente dissertação foi elaborado na área dos Serviços Técnicos no departamento da Qualidade, Ambiente e Segurança. Embora seja uma área central localizada fisicamente na sede da empresa em Leça do Balio, o serviço presta auxílio a todas as unidades fabris. Os Serviços Técnicos têm como função garantir a qualidade e a melhoria contínua em toda a cadeia de valor, procurando a satisfação do cliente como a segurança da sua fidelização e o sucesso da Unicer no mercado. Desta forma, a eficiência ao nível do processo produtivo será o fator que se destaca no desenvolvimento das vantagens competitivas. Os Serviços Técnicos estão assim, associados ao produto, tendo como objetivo a sua melhoria e a otimização de recursos, garantindo a qualidade e a satisfação dos clientes.

Um dos requisitos associados aos produtos é a sua embalagem. O transporte de produtos básicos embalados das indústrias até ao cliente transmite a eficácia da sua capacidade de acondicionamento, preservação, proteção, identificação e a agilidade de atrair o consumidor à sua compra [7]. A robustez da embalagem é uma característica fundamental para a sua integridade durante todo o seu processo de utilização. No entanto, o atual contexto dos mercados cada vez mais competitivos coloca pressão sobre as empresas para a redução de desperdícios. Entendido como material que num sistema produtivo não acrescenta valor ao produto final, os desperdícios são todas as formas incorretas de utilização de materiais, passíveis

de serem eliminados para rentabilização económica [8, 9]. Desta forma, a diminuição de material, como uma garrafa de vidro de menor espessuras ou uma embalagem terciária de altura considerável com um filme estirável de pouca gramagem, requerem outros cuidados para que, no final, a qualidade do produto se mantenha.

1.2.2. Breve descrição do projeto

➤ **Análise de Causas de Quebra de Garrafas de Vidro**

A Unicer, Bebidas S.A. tem vindo a enfrentar o problema da quebra de garrafas de vidro de tara perdida (TP) em palete de produto acabado, como evidencia a Figura 1.3.



Figura 1.3. Evidências de garrafa partida. A - Palete com tabuleiro com sinais de garrafa partida. B - Pormenor do tabuleiro com bolores. C - Garrafa partida no interior do tabuleiro.

Recorrendo à análise fratográfica, constatou-se que as quebras, encontradas em armazém, eram causadas por impactos, provavelmente devido ao manuseamento excessivo das paletes e/ou a pontos críticos presentes no final de linha TP. Com vista no aumento da capacidade de armazenamento, o grupo procedeu à construção de um armazém logístico automático, onde os impactos e o nível de manuseamento foram reduzidos quase em 100% para melhorar também esta situação. Contudo, estas alterações não conseguiram prevenir/reduzir o número de quebras para níveis aceitáveis.

Desta forma, o desenvolvimento do tema tem como interesse reduzir as incidências e os seus custos associados, garantindo:

- Maior satisfação do cliente.
- Melhoria da imagem da marca no ponto de venda.
- Redução de repaletização:
 - Redução de recursos económicos e de pessoas a um processo não produtivo.

- Redução de custos de materiais (os tabuleiros com bolores e os adjacentes são destruídos).
- Redução das incidências nos armazéns de distribuição:
 - Melhoria do rácio cargas aceites/cargas enviadas.
 - Redução de custos de logística inversa e remanipulação da carga.

➤ **Otimização da Estabilidade da Paletização**

O transporte de cargas pode ser definido como a atividade de circulação de mercadorias de um ponto de um determinado território para outro, sendo este, nacional ou internacional. Durante o transporte, as cargas estão sujeitas a acelerações e desacelerações que têm um impacto tanto maior quanto menor a estabilidade da carga. A Figura 1.4. mostra o resultado final de um transporte de mercadoria onde se verifica a instabilidade da carga.



Figura 1.4. Imagem ilustrativa do resultado final de um transporte de mercadorias.

Por forma a minimizar o número de incidências e, conseqüentemente reduzir aos custos de logística inversa, remanipulação da carga e melhorar a qualidade do produto nos pontos de venda, a Unicer investiu num equipamento de vibração mecânica que simula as vibrações a que a carga está sujeita durante o transporte rodoviário. Desta forma, é possível realizarem-se testes de estabilidade de paletes totalmente controlados, sem risco de perder a mercadoria e, possivelmente o cliente. Para além disso, o número de amostras e os custos são reduzidos quando comparados aos testes de estrada.

1.3. Temas abordados e sua organização na presente dissertação

A presente dissertação está organizada em duas partes e sete capítulos. Após este capítulo introdutório, a Parte I inicia-se com o segundo capítulo que define o princípio de funcionamento da linha de enchimento de cerveja em garrafa de vidro de tara perdida da Unicer, local onde incidiu o projeto. No capítulo três apresentam-se os processos de criação de embalagens de vidro e as suas propriedades mecânicas que têm influência direta na utilização das garrafas de

vidro durante todo o processo de enchimento de cerveja e na sua vida útil. Também são explicadas algumas noções sobre a importância da análise fractográfica no diagnóstico de causas de quebra.

Explorado o primeiro tema, o quarto capítulo dá a conhecer a embalagem terciária e as condições necessárias para um transporte estável e seguro.

A Parte II refere-se ao trabalho desenvolvido. No capítulo cinco descreve-se a metodologia utilizada no desenvolvimento de cada tema e no sexto capítulo discutem-se os resultados obtidos em cada ação definida para o desenvolvimento do projeto.

No último capítulo são retiradas as conclusões do projeto realizado e sugestões para trabalho futuro.

PARTE I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. Processo de enchimento de cerveja

O enchimento é a fase final do processo de produção de cerveja. A cerveja pode ser acondicionada em diferentes tipos de embalagem primária como as garrafas de vidro, lata ou barril, ficando no final disponível para consumo. O processo de enchimento é, no geral, comum à grande maioria das indústrias de cerveja e de bebidas, apresentando algumas diferenças nos equipamentos e procedimentos, dependendo da embalagem a utilizar.

A Unicer tem a sua produção e enchimento de cerveja em garrafa de vidro e barril nas instalações de Leça do Balio. Neste polo industrial existem seis linhas de enchimento que são classificadas quanto à tara, tipo de vasilhame e quantidade de produto cheio por hora. As características de cada linha podem ser visualizadas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Classificação das linhas de enchimento de garrafa de vidro e barril da Unicer Bebidas,SA.

Tipo de linha	Identificação	Tara	Capacidade do vasilhame (L)	Quantidade de garrafas por hora (grf/h)
Dedicadas	Linha 2	TP	0,20; 0,25; 0,33	60.000
	Linha 3	TR	0,20; 0,25; 0,33	60.000
	Linha 6	TP	0,25; 0,33; 0,50; 1	40.000
Mista	Linha 5	TP + TR	0,20; 0,25; 0,33	88.000
Dedicadas	Linha 4	Barril TR	30; 50	Não se aplica
	Linha 7	Barril TP	5; 10; 20	Não se aplica

As linhas 2, 3 e 6 são denominadas por linhas dedicadas pela utilização de apenas uma tara de vasilhame, podendo estas serem de tara perdida (TP) no caso da linha 2 e 6 ou de tara retornável (TR) na linha 3. Como a linha 5 pode utilizar os dois tipos de tara é designada de linha mista.

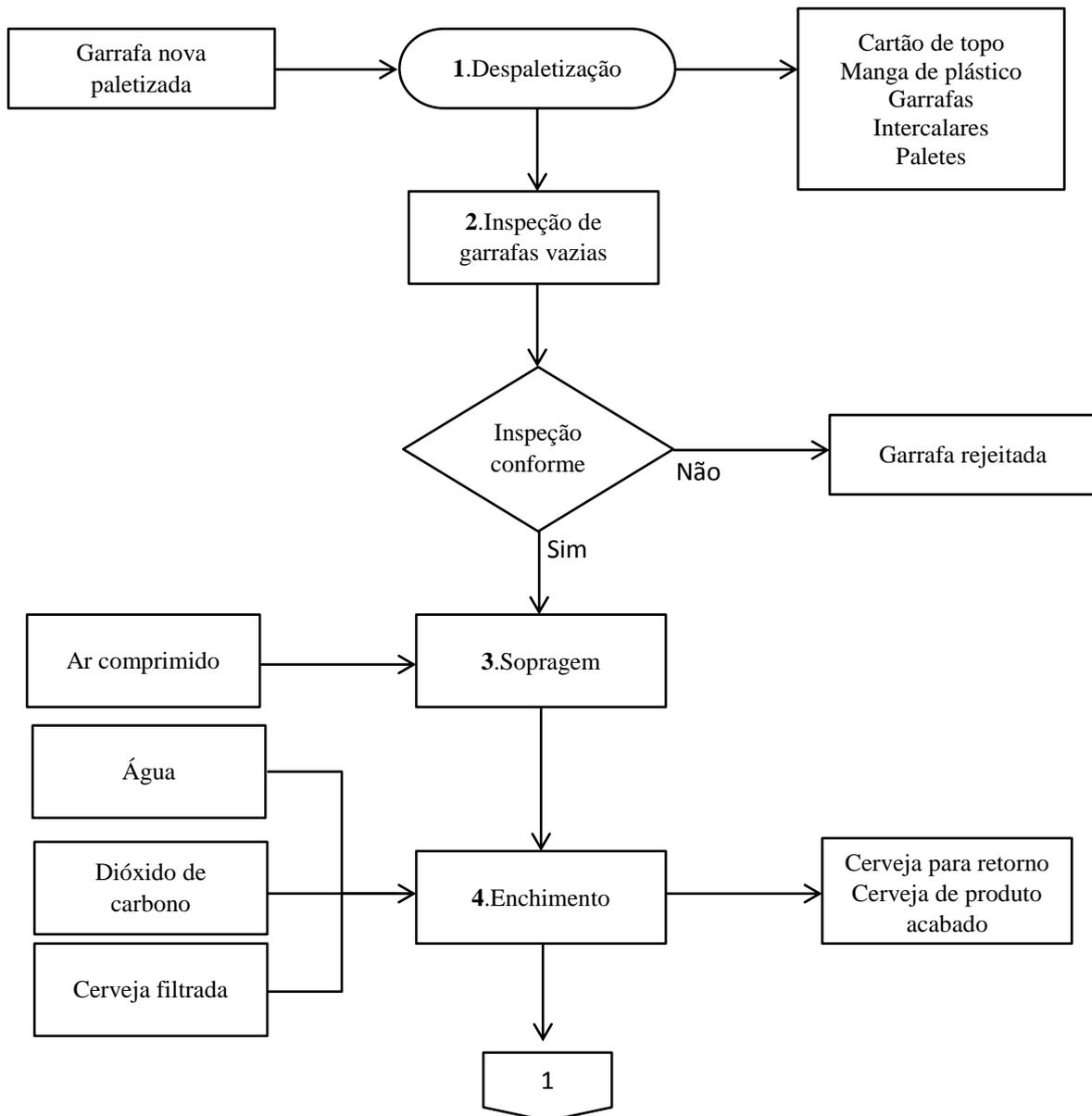
Estes dois tipos de tara apresentam três diferenças no processo de enchimento. A primeira situa-se na etapa de despaletização. Enquanto as garrafas TP são despaletizadas de paletes vindas do fornecedor de vidro, as garrafas TR são retiradas das grades provenientes dos pontos de venda ao consumidor. Por este motivo, a higienização das garrafas também apresenta diferenças. Para permitir a sua reutilização, as garrafas TR passam pelo processo de lavagem para remoção de toda a sujidade, incluindo os rótulos e as gargantilhas enquanto as garrafas TP apenas necessitam de um sopro de ar para garantir a remoção de qualquer resíduo que possa existir. Por último, o processo de acondicionamento das garrafas nas embalagens secundária e terciária obriga a que as garrafas TR sejam recolocadas em grades, enquanto as garrafas TP são

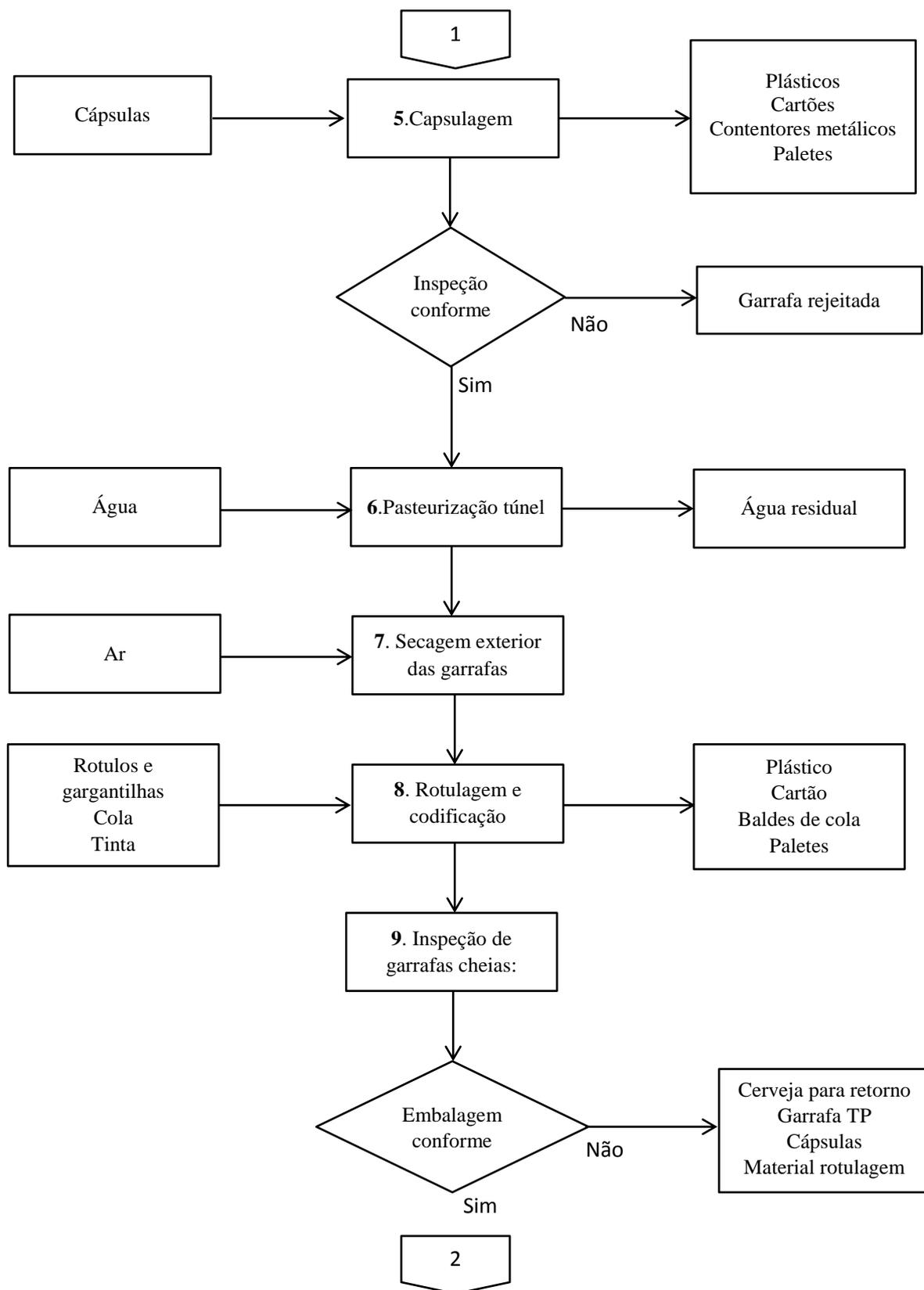
embaladas em *packs* ou caixas de cartão e paletizadas de formas variadas. Estas particularidades forçam a utilização de outros equipamentos na etapa de embalagem e paletização [9, 10].

No presente relatório apenas será explorada a linha 6, uma vez que os temas estão relacionados com cerveja engarrafada em vidro de tara perdida nesta linha.

2.1. A linha de tara perdida

Com capacidade estimada para encher 40.000 grf/h, a linha 6 é considerada a linha mais versátil e dinâmica entre as várias existentes. A disposição desta linha encontra-se dividida em dois níveis estrategicamente definidos para a otimização da funcionalidade e do espaço disponível. No primeiro nível encontram-se o início e fim de linha, ou seja, a etapa de despaletização e paletização. No segundo nível estão as restantes etapas. O fluxograma presente na Figura 2.1. mostra as várias etapas envolvidas no processo de enchimento que são descritas de seguida.





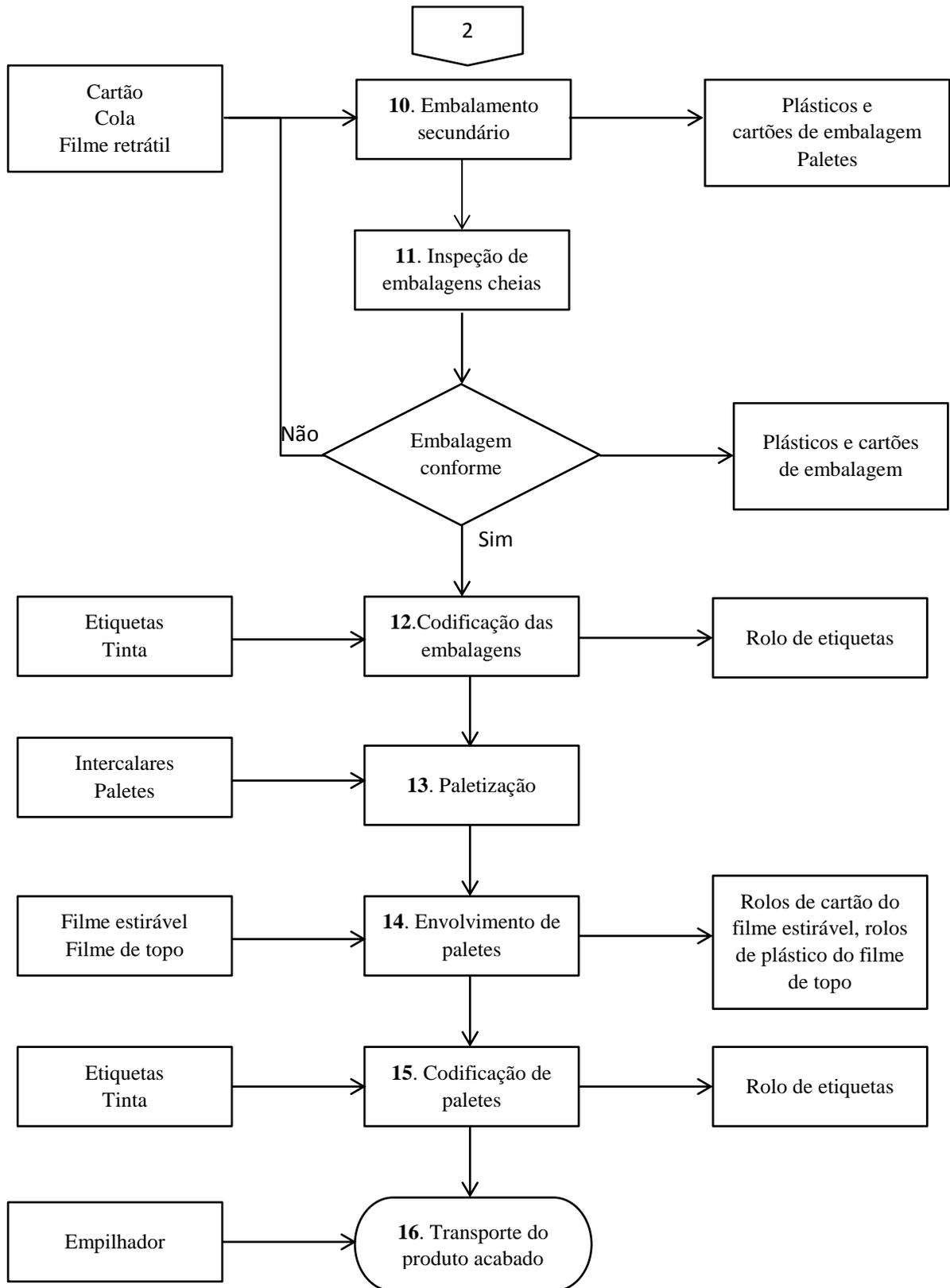


Figura 2.1. Fluxograma do processo de enchimento de cerveja em garrafa de tara perdida.

1. Despaletização

Nesta etapa as garrafas TP novas são transpostas das paletes para o sistema de transportadores da linha. O equipamento utilizado é uma despaletizadora, como a ilustrada na Figura 2.2. O processo é regulado automaticamente à exceção da remoção da manga de plástico que envolve a paleta e do cartão de topo que são realizados de forma manual. Algumas garrafas posicionadas nos cantos extremos também são removidas para facilitar a despaletização mecânica.

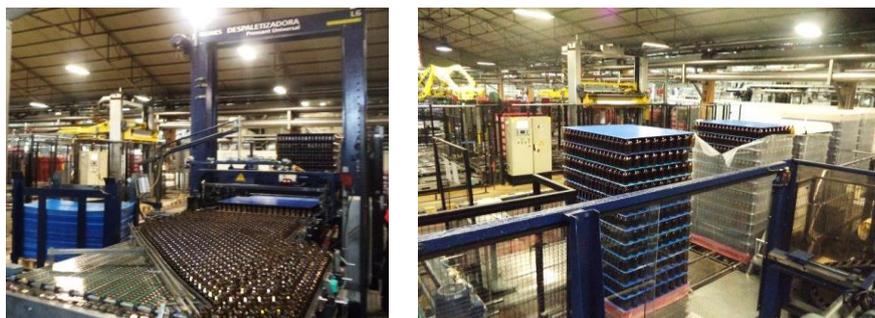


Figura 2.2. Imagens ilustrativas da despaletizadora utilizada na linha 6.

2. Inspeção de garrafas vazias

Após a despaletização, as garrafas passam por um inspetor de garrafas vazias que garante a ausência de contaminação física e química das garrafas de vidro. O equipamento, ilustrado na Figura 2.3, contém câmaras de alta resolução capazes de capturar as paredes laterais, inspecionar o fundo e controlar a conformidade da garrafa face à especificação. O equipamento analisa 100% das garrafas, comparando-as com defeitos padrão introduzidos na unidade de controlo. A garrafa é rejeitada e quebrada caso seja detetado algum objeto estranho, presença de líquido, defeitos no vasilhame e a presença de garrafas diferentes às que estão em produção [10].



Figura 2.3. Imagem ilustrativa do inspetor de garrafas

3, 4 e 5. Sopragem, Enchimento e Capsulagem

Nesta fase, é efetuada a sopragem, enchimento e capsulagem de cerveja em garrafa TP. Estes equipamentos estão aglomerados por forma de garantia da qualidade do produto e da segurança para os consumidores. Na sopragem, o interior das garrafas TP é sujeito a um sopro de ar

atmosférico tratado que, por efeito de gravidade, retira todas as impurezas provenientes do fabrico, transporte ou armazenamento do vidro TP. Desta forma, garante-se que a garrafa está livre de resíduos, reduzindo perigos ao ser humano [9, 10].

Após esta fase, a cerveja é acondicionada no vasilhame no processo de enchimento. É importante que esta etapa seja executada com precaução para que as características organoléticas da cerveja se mantenham inalteráveis, protegendo-a do contacto com o ar e a luz [10]. Para tal, o enchimento possui um sistema de funcionamento munido de diferentes fases que permitem o seu bom desempenho. Existem várias técnicas para este procedimento, mas a característica que permite distinguir o tipo de enchedora provém do método que determina como a quantidade de cerveja é adicionada na garrafa. A partir da Figura 2.4, é possível compreender as diferentes etapas de um processo de enchimento.

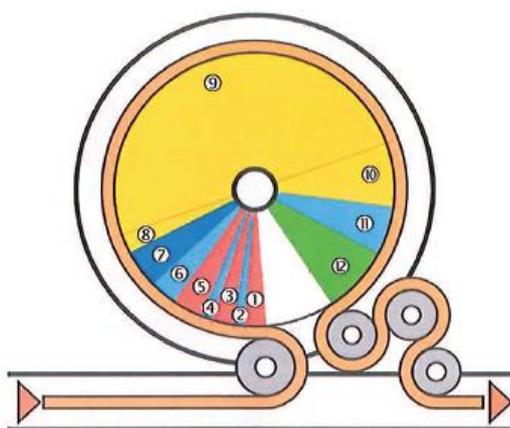


Figura 2.4. Princípio de funcionamento de uma enchedora. 1 – Pré-evacuação; 2 – Enxaguamento com CO₂; 3 – Evacuação; 4 – Enxaguamento com CO₂; 5 – Evacuação final; 6 – Pré-tensionamento parcial; 7 – Pré-tensão; 8 – Enchimento; 9 – Enchimento rápido; 10 – Enchimento de travagem e de correção; 11– Fim de enchimento, desaceleração, descompressão; 12 – Descompressão residual [11].

A primeira etapa de uma enchedora é o pré-tratamento das garrafas. Este tratamento consiste na remoção de todo o ar remanescente das garrafas, por várias evacuações e enxaguamentos com dióxido de carbono (CO₂) para garantir a remoção do oxigénio (O₂). Em seguida, na etapa de tensionamento, é adicionado CO₂ à garrafa, pela válvula de retorno, para que esta e o tanque de CO₂ fiquem com a mesma pressão para adquirir velocidade de fluxo [10].

Apesar de todo o processo se realizar em poucos segundos, o enchimento é realizado a diferentes velocidades. O enchimento inicial deve ser lento para não ocorrer formação de espuma, ganhando maior velocidade de fluxo até atingir o gargalo. É nessa altura que o gás de retorno é cortado para que a velocidade de fluxo diminua. A Figura 2.5. mostra o processo de enchimento.

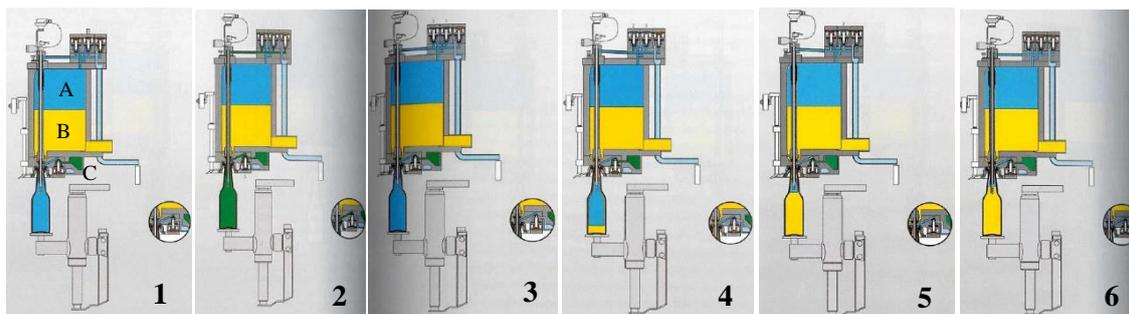


Figura 2.5. Processo de enchimento de uma garrafa de cerveja [10] (adaptado). 1 – Enxaguamento com CO₂; 2 – Evacuação; 3 – Tensionamento; 4 – Enchimento lento; 5 - Enchimento rápido; 6 – Final do enchimento por nível e diminuição do fluxo. A – Tanque de CO₂; B – Tanque de cerveja; C – Tanque de gás de retorno.

A quantidade de cerveja adicionada na garrafa é determinada por nível, ou seja, pela altura da cânula que entra na garrafa, durante o seu enchimento [9, 10].

Atingida a quantidade certa de bebida na garrafa, a válvula da cerveja fecha e a válvula do gás de retorno abre. Através do alívio inicial, a pressão na garrafa baixa lentamente e evita a formação de espuma [10].

Assim que termina o enchimento, é libertado um jato de água que obriga a cerveja a “espumar”, impedindo a acumulação de ar no *headspace* (espaço vazio existente entre o líquido e a cápsula) e assim, um menor risco de desenvolvimento de sistemas microbianos [10]. Por este mesmo motivo, é importante que a etapa de capsulagem esteja associada ao enchimento para que a garrafa cheia, seja imediatamente selada. No final existe uma inspeção da sopragem, nível de altura de enchimento e da presença/ausência de cápsula [9, 10].

6. Pasteurização túnel

A pasteurização é um tratamento térmico em que a cerveja é submetida a uma determinada temperatura, durante um determinado período de tempo destinado à diminuição da carga microbiológica que possa existir e, por conseguinte, aumentar o tempo de vida útil do produto.

No enchimento de cerveja engarrafada é aplicada a pasteurização túnel, cujo equipamento é demonstrado na Figura 2.6.

O seu princípio de funcionamento consiste na libertação de jatos de água quente através de chuveiros, que aumentam a temperatura do produto ao longo das várias secções do pasteurizador, por um determinado período de tempo. Posteriormente as garrafas são arrefecidas, no mesmo equipamento, de forma gradual para evitar o choque térmico e o rebotamento da embalagem.



Figura 2.7. Pasteurizador túnel.

7. Secagem do exterior das garrafas

Nesta etapa, o exterior das garrafas é seco, por um secador, para adesão do rótulo, contrarrótulo e gargantilha.

8 e 9. Rotulagem, codificação e inspeção de garrafas cheias

A rotulagem tem como objetivo identificar o produto e informar o consumidor sobre o mesmo. Os produtos são também codificados com o lote e data de validade. À semelhança da enchedora, o equipamento de rotulagem possui mecanismo rotacional que permite a colocação do rótulo, contrarrótulo e gargantilha. À saída do equipamento, as garrafas são novamente inspecionadas quanto ao volume de cerveja na garrafa e ao controlo de presença/ausência de rótulo e gargantilha. Daqui pode resultar cerveja para reprocessamento assim como vasilhame rejeitado.

10 e 11. Embalamento secundário e inspeção de embalagens cheias

As garrafas são embaladas de acordo com o produto que se está a processar. As embalagens secundárias são adequadas aos requisitos do mercado e a sua variedade, como visível na Figura 2.8, é notória.



Figura 2.8. Imagens ilustrativas dos diferentes tipos de embalagem secundária aplicados a cerveja em garrafa TP. A – 6 Pack basket; B – 6 Pack shrink para cerveja Super Bock; C – 6 Pack shrink para cerveja Cristal; D – Caixa.

Esta singularidade permite a otimização total do sistema logístico, tendo por objetivo a utilização ótima da capacidade da paleta de modo a reduzir os custos [12]. Nestas condições, as

embalagens secundárias são constituídas por uma folha de papel homogéneo, espessa e pesada que podem envolver uma quantidade que varia entre 4, 6 ou 10 garrafas, produzindo os *packs* ou caixas com 15 ou 24 garrafas. Outra vantagem aliada a este tipo de protetores é a sua adaptabilidade a impressões de alta qualidade, tornando-os extremamente atrativos.

Os *packs* são ainda organizados em conjuntos de quatro e envolvidos em filme retrátil, formando os tabuleiros (Figura 2.9). Esta aglomeração permite a circulação da cerveja embalada até a sua paletização.



Figura 2.9. Imagem ilustrativa de um tabuleiro.

12. Codificação das embalagens

Após a formação da embalagem secundárias, ocorre a sua codificação exterior com o lote, validade e código de barras.

13. Paletização

As embalagens secundárias são paletizadas de acordo com a matriz de paletização. A matriz de paletização consiste na disposição dos tabuleiros na palete e é fundamental para um carregamento compacto e ordenado. Para isso, o desenho da matriz deve ser projetado tendo em conta a dimensão da palete e deve suportar a carga máxima sem perder a estrutura [13].

Normalmente, a matriz é constituída por duas distribuições de embalagens denominadas por matriz par e ímpar (assim denominadas por serem colocadas nas fiadas ímpares (1, 3, 5...) e fiadas pares (2, 4, 6...)) que são exatamente iguais, invertidas a 180° ou apresentam um desenho distinto. O método mais usual é a inversão 180° pois, possibilita o travamento dos tabuleiros quando empilhados, aumentando a sua estabilidade. A Figura 2.10 mostra um exemplo de matriz de paletização com inversão de 180°, vista de cima. Os rectângulos representam os tabuleiros.

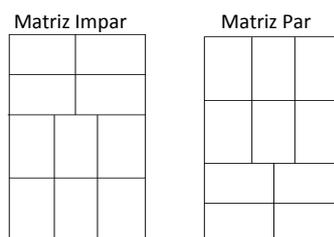


Figura 2.10. Matriz de paletização com inversão de 180°.

Um outro fator importante para a estabilidade da carga é a altura da paleta. A altura consiste no número de fiadas que constituem a paleta e cada uma contém uma matriz par ou uma matriz ímpar. Determinados estes dois parâmetros, procede-se à seleção do equipamento para transferir as embalagens secundárias para a paleta. O empilhamento pode ser manual, mecanicamente assistido ou completamente automático, utilizando para o efeito sistemas robotizados [14]. A Figura 2.11 mostra um exemplo de paletização.

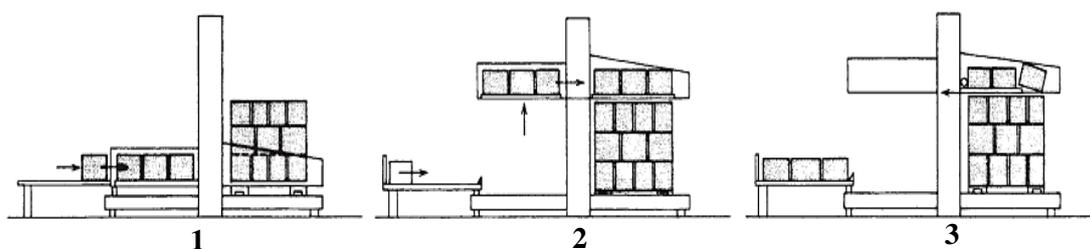


Figura 2.11. Processo de paletização [14] (adaptado).

No processo de paletização, as embalagens são orientadas conforme a sua posição na matriz definida e avançam para a superfície da paletizadora. Quando a matriz está semi-formada, ela é movida para uma mesa de apoio que aguarda pelas restantes embalagens (1). Após estar completa, a placa move-se e eleva a matriz para a altura do empilhamento existente, transportando-a para cima da fiada anterior (2). Por último, a placa retrai, permitindo que as embalagens caiam para o topo da paleta e retorna à posição inicial para uma nova formação de fiada [14].

14. Envolvimento de paletes

As paletes de produto acabado são então envolvidas em filme estirável por um processo automático. A seleção do filme deve corresponder a características específicas de resistência e estiramento, de modo a promover maior rigidez da carga, assegurando a sua estabilidade durante o transporte [15]. Este assunto será explorado no Capítulo 4.

15. Codificação das paletes

A etiquetagem da paleta destina-se a identificar cada paleta individualmente, garantindo a sua identificação e rastreabilidade do produto.

16. Transporte de produto acabado

Por fim, as paletes são transportadas para a mesa de fim de linha onde um empilhador as carrega e transporta para o armazém.

3. Produção de Embalagens de Vidro Alimentar

O vidro pode ser definido como um produto inorgânico, homogéneo e inerte resultante do processo de fusão de matérias-primas, como a areia, calcário e soda [16, 17]. Quimicamente, os átomos e moléculas no vidro possuem uma estrutura amorfa, impedindo a sua cristalização após arrefecimento. Por este motivo, as embalagens de vidro são transparentes mas, variando a composição dos seus constituintes, esta e outras características podem ser alteradas [16].

A sua composição e estrutura conferem ao vidro estabilidade e inércia química, permitindo-lhe uma excelente resistência às condições atmosféricas (humidade e temperatura) não alterando as características do produto embalado. Para além disso, a sua superfície lisa e dura torna-o de fácil limpeza enquanto a sua resistência térmica permite a sua esterilização. Estas características tornam o vidro a escolha ideal para produtos com longos tempos de vida útil ou para bebidas sensíveis ao oxigénio e humidade [17, 18]. Em contrapartida, a sua elevada densidade resulta em embalagens pesadas e frágeis, que contribuem para a sua quebra quando submetidas a alguma força. A produção, transporte e armazenamento promovem o desenvolvimento e propagação de microfissuras que tornam as embalagens vulneráveis à rutura. Quando o vidro parte, forma fragmentos afiados e estilhaços que podem comprometer a segurança. Para prevenir este potencial perigo, todas as garrafas de vidro são inspecionadas em vários pontos do seu processo de fabrico, a seguir exposto [18].

3.1. Processo produtivo

Na indústria das embalagens alimentares de vidro o processo produtivo, que se inicia com a receção das matérias-primas e termina na paletização, pode ser dividido em quatro processos com uma ou mais fases descritas em seguida [19].

1. Processo de fabricação do vidro;
 - Composição
 - Fusão
2. Processo de fabricação da embalagem;
 - Moldação
 - Tratamento de superfície a quente
 - Reozimento
 - Tratamento de superfície a frio
3. Processo de controlo da qualidade;
4. Processo de paletização

A Figura 3.1. esquematiza as etapas do processo produtivo de embalagens de vidro.

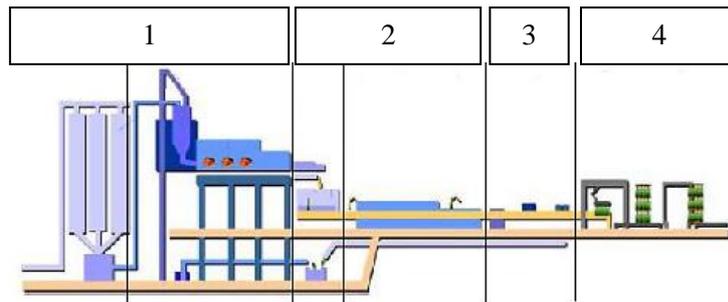


Figura 3.1. Imagem esquemática do processo produtivo de embalagens de vidro alimentar [19].

Estas fases são abordadas de seguida.

3.1.1. Processo de fabricação do vidro

O vidro é produzido em duas fases. A primeira consiste na sua composição, ou seja, na receção e doseamento das matérias-primas de forma a obter as diversas receitas para os diferentes tipos de vidro de embalagem. Em seguida, a mistura das matérias-primas é fundida, no processo de fusão, libertando no final gotas de vidro que alimentam as máquina de secção individuais (IS) que moldam o vidro [19].

3.1.1.1. Composição

A composição consiste na receção, armazenamento, dosagem e mistura das matérias-primas para obter os vários tipos de vidro.

Quando rececionadas, as matérias-primas são inspecionadas visual, química e granulometricamente e armazenadas em silos próprios para conservação das suas características [3, 16, 17, 19, 20]. Os principais constituintes do vidro são a sílica, proveniente da areia, pedra ou quartzo e o casco proveniente do vidro em fim de vida tratado ou das rejeições nas linhas e máquinas de fabricação. O uso do casco prende-se com a preocupação da redução progressiva da pegada ecológica, sendo um substituto vantajosamente económico das restantes matérias-primas [16,20]

No processo produtivo das embalagens alimentares de vidro, a sílica é combinada com outros compostos como o carbonato de sódio e carbonato de cálcio, formando o vidro sódico-cálcico [16, 17, 18]. Para além desses constituintes, são incorporados outros compostos que promovem a melhoria do desempenho do vidro. Na tabela 3.1 faz-se um breve resumo das funções dos principais constituintes do vidro.

Tabela 3.1. Função dos constituintes do vidro [15,18,19]

Matéria-prima	Material	Função	m/m (%)
Casco	Vidro em fim de vida	Rentabilização económica	≤ 75
Vitrificante	Sílica	Criação da rede vítrea	70 – 74
Fundente	Óxido de Sódio	Diminuir a temperatura de fusão	12 – 16
	Óxido de potássio		$\approx 0,3$
Estabilizante	Óxido de cálcio	Estabilizar a massa de vidro	5 – 11
	Óxido de Magnésio		1 – 3
Afinadores	Níquel, cobalto e selénio	Controlar a cor e opacidade do vidro	–

Para além dos materiais referidos na Tabela 3.1, existem outros constituintes que garantem uma maior resistência mecânica e ao choque térmico, como os compostos de alumínio e de boro, respetivamente [18]. Existem ainda cores padronizadas que podem ser adicionadas ao vidro para dar cor. Os compostos de crómio são utilizados para produzir embalagens verdes enquanto os de ferro, carbono e enxofre são introduzidos na produção de vidros âmbar. Este último com capacidade de filtrar a radiação ultravioleta, mantendo as características organoléticas do produto. Por este motivo, é o vidro mais utilizado para acondicionar cerveja [18, 21].

3.1.1.2. Fusão

O foco do processo de fusão é o forno regenerativo (Figura 3.2), assim designado pela sua capacidade em reaproveitar o ar quente que gera. São constituídos por materiais refratários capazes de suportar elevadas temperaturas, estão em funcionamento contínuo 365 dias por ano e apresentam um tempo de vida útil que varia entre 8 e 10 anos [19].

O processo de fusão ocorre em dois estágios: no primeiro, as matérias-primas são fundidas a 1500°C. No segundo estágio inicia-se o arrefecimento do vidro fundido à medida que avança para as máquinas de moldação. Neste último ponto, a temperatura do fundido é reduzida para, aproximadamente, 1100 °C [16, 17, 19].

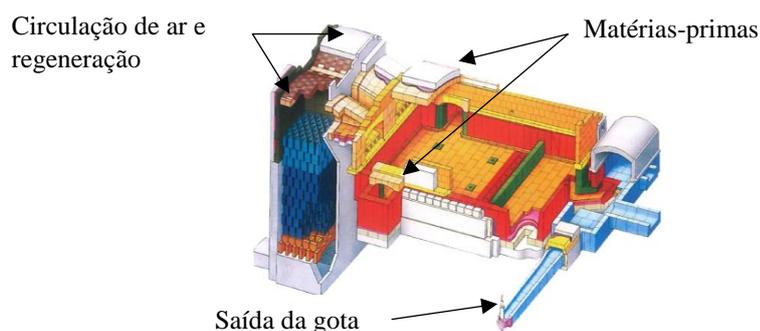


Figura 3.2. Imagem esquemática de um forno de fusão de vidro de embalagem

Na passagem do vidro fundido para as máquinas de secção individuais (IS), este sai continuamente em forma de fio, para ser posteriormente cortado em gota. A gota é cortada por um conjunto de tesouras que, de acordo com o peso e altura da embalagem pretendida, cortam o fio de vidro (Figura 3.3). Por efeito da gravidade, dá-se a queda gota para as máquinas IS, terminando o fabrico do vidro [19].



Figura 3.3. Imagem ilustrativa de duas gotas [20].

3.1.2. Processo de fabricação da embalagem

3.1.2.1. Moldação

Considerada a etapa mais importante do processo, é aqui que o vidro fundido ganha a forma da embalagem final pretendida.

Após o corte da gota, a mesma é direcionada para as várias secções (que podem ser 6, 8, 10, 12 ou 16) das máquinas IS (Figura 3.4). Cada secção pode receber de uma a quatro gotas de vidro, produzindo, assim, até quatro embalagens de cada vez [16, 17, 19].



Figura 3.4. Máquina IS em funcionamento.

O processo de conversão da gota em embalagem de vidro é, essencialmente, um processo de arrefecimento que deve ser controlado de forma precisa para que a distribuição e extensão do líquido viscoso seja o mais uniforme possível na embalagem final.

O processo de moldação consiste na passagem por um primeiro molde, molde de principiar, onde se obtém uma pré-forma do produto final. Posteriormente, a pré-forma é inserida no molde final que confere ao vidro a forma da embalagem [16, 17, 19]. As embalagens de vidro podem ser moldadas por três tecnologias distintas cuja diferença está na formação da pré-forma. O

processo soprado-soprado (SS) usa tecnologia pneumática enquanto o prensado-soprado (PS) e *Narrow Neck Press-Blow* (NNPB) forma a pré-forma, utilizando um punção que ocupa um determinado volume na massa de vidro [19]

No fim do processo de fabricação das embalagens, o vidro encontra-se a uma temperatura próxima dos 500°C, seguindo para os tratamentos.

➤ **Processo Soprado-Soprado**

Neste processo, a principal variação, de uns para os outros, é a forma de como a pré-forma é formada. No processo soprado-soprado, quando o fio de vidro é cortado pelas tesouras, a gota é encaminhada por calhas até o molde de principiar onde é estirada por ação pneumática, formando a pré-forma. É também nesta fase que ocorre a formação da marisa (bocal). Em seguida, ocorre a inversão e transferência da pré-forma para o molde final onde, por ação de um sopro pneumático, recebe a forma final da embalagem. Este processo é visível na Figura 3.5. O molde é então aberto e a embalagem sai da máquina IS, seguindo por um sistema de transportadores que a encaminham para o tratamento de superfície a quente [16, 19]. Este processo é utilizado na moldação de garrafas.



Figura 3.5. Imagem esquemática do processo de moldação soprado-soprado [22] (adaptado).

➤ **Processo Prensado – Soprado**

A Figura 3.6 esquematiza o processo de moldação prensado – soprado. Neste, ao contrário do processo soprado-soprado, a pré-forma é formada por ação de um punção metálico. Este dispositivo empurra a gota de encontro ao molde de principiar, conferindo a sua forma inicial. Para além desta função, o punção é responsável pela remoção da energia térmica do interior da pré-forma. A última parte deste processo assemelha-se aos outros, por ação de um sopro, o vidro é empurrado contra as paredes do molde, conferindo-lhe a forma final. Este processo é utilizado na produção de frascos.

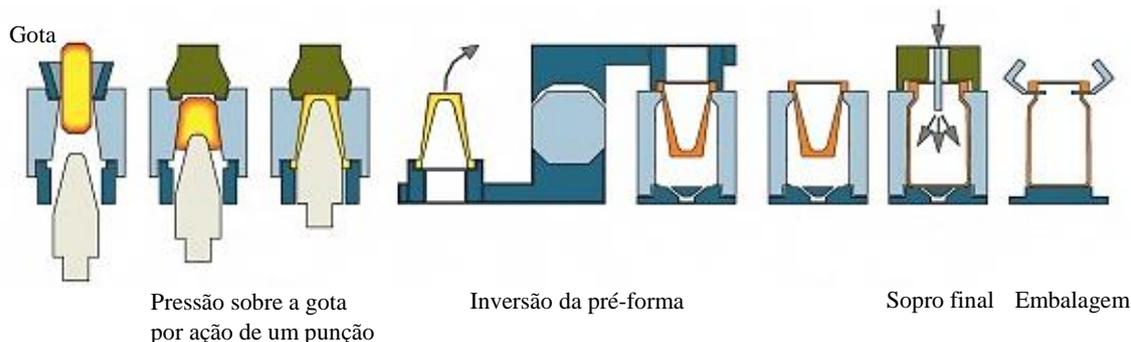


Figura 3.6. Imagem esquemática do processo de moldação prensado - soprado [22] (adaptado).

➤ ***Narrow Neck Press and Blow***

Este processo é utilizado para o fabrico de garrafas e é semelhante ao prensado-soprado, podendo ser considerado uma evolução deste. Mecanicamente, mantém o uso de um punção mas com maior capacidade de distribuir homogeneamente o vidro, removendo de forma eficaz a energia térmica da pré-forma [19]. A segunda fase do processo é comum aos anteriores, sendo que a embalagem final apresenta uma espessura de parede mais uniforme e, como resultado, maior resistência ao impacto, à carga vertical e ao choque térmico do que as embalagens processadas pelo processo soprado-soprado [16]. A Figura 3.7 mostra os passos para a produção de uma embalagem segundo este processo.

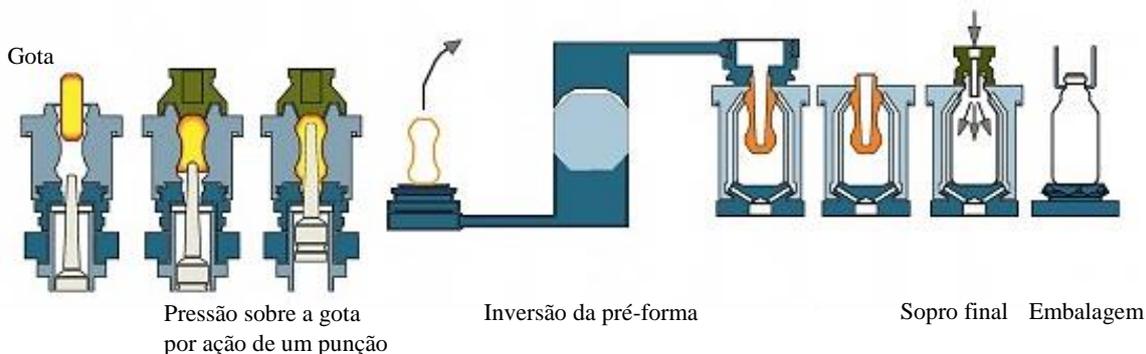


Figura 3.7. Imagem esquemática do processo de moldação Narrow Neck Press and Blow [22] (adaptado).

Uma desvantagem deste e do processo de moldação prensado-soprado é o facto de o punção rasgar o líquido viscoso, criando microfissuras na parede interna das garrafas que podem promover a quebra na altura da sua utilização.

3.1.2.2. Tratamento de superfície a quente

Após a saída das embalagens da máquina IS, elas seguem para o primeiro tratamento que tem como finalidade melhorar as propriedades mecânicas. Este tratamento consiste na pulverização das embalagens com sais metálicos de cloreto de estanho ou de titânio que formam uma camada protetora à superfície do vidro. A proteção garante maior resistência ao impacto, melhora o atrito com a superfície de contacto e a adesão ao tratamento após o recozimento [3, 16, 19].

3.1.2.3. Recozimento

Posteriormente, as embalagens são direcionadas para a arca de recozimento que se encarrega de aliviar as tensões resultantes do arrefecimento não uniforme que fragilizam a garrafa à saída da moldação. O processo de recozimento consiste no aquecimento até 550°C e arrefecimento gradual das embalagens de forma a equilibrar as tensões internas que a tornam frágil [16, 19].

3.1.2.4. Tratamento de superfície a frio

O segundo e último tratamento aplicado às embalagens é realizado à saída da arca de recozimento e tem como finalidade conferir lubrificidade ao vidro, facilitando o deslocamento das embalagens ao longo das linhas de enchimento. É aplicado quando as embalagens estão a uma temperatura perto dos 100°C e envolve a pulverização do exterior da garrafa, com polietileno [16, 17].

3.1.3. Processo de controlo da qualidade

Após o tratamento de superfície a frio, as garrafas encontram-se terminadas. Contudo, antes de serem paletizadas ainda passam por um processo de inspeção que permite garantir que nenhuma garrafa defeituosa é enviada ao cliente, cumprindo, desta forma, a especificação. Todas as garrafas encontradas com pelo menos um parâmetro fora da especificação são rejeitadas para um circuito de refugo que conduz o vidro para o tratamento de casco para reaproveitamento.

As especificações técnicas de uma embalagem de vidro são definidas através das características dimensionais, visuais e das propriedades mecânicas. Estes atributos permitem avaliar a conformidade das embalagens, baseando-se na normalização existente e nos requisitos estabelecidos entre o cliente e o vidreiro, evitando a venda de um produto fragilizado e suscetível à quebra.

➤ Vocabulário

Para facilitar a comunicação é importante o conhecimento da terminologia, no que respeita ao vidro de embalagem. Assim, a norma NP3548 [23] define o vocabulário referente a características técnicas, especificações e defeitos para as garrafas de vidro. A Figura 3.8 mostra a nomenclatura utilizada para as garrafas de vidro [9].

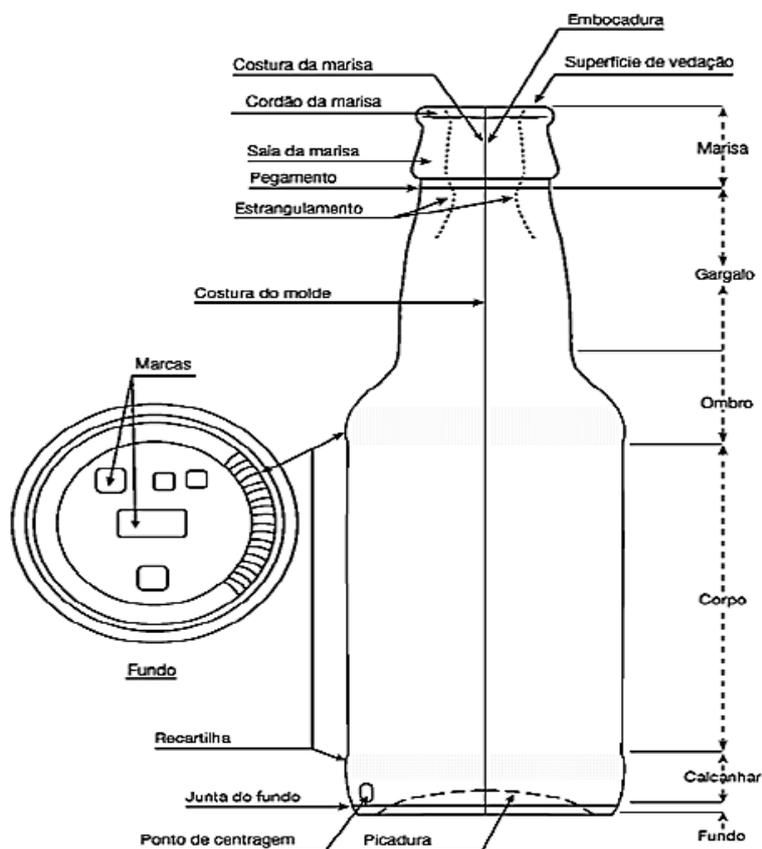


Figura 3.8. Nomenclatura utilizada para garrafas de vidro [9].

➤ Características dimensionais

As características dimensionais consistem em dimensões pré-estabelecidas. Estas especificações devem garantir a conformidade da embalagem de vidro e refletem as dimensões para a altura da garrafa, horizontalidade da marisa, verticalidade da embalagem, diâmetro, espessura e distribuição do vidro, peso da massa de vidro da embalagem e o volume disponível [9, 17].

➤ Características visuais

A cor é um requisito fundamental para o processo da conservação da qualidade do produto. Assim, as especificações e tolerâncias devem estar de acordo com as propriedades óticas da cor, nomeadamente o comprimento de onda, pureza e o brilho [9].

Nesta categoria encontra-se também a classificação de defeitos que se podem encontrar nas garrafas. Estes podem ser considerados como defeitos que podem tornar uma embalagem

perigosa para a saúde do consumidor ou originar avaria crítica no equipamento de enchimento e defeitos que podem causar uma diminuição no rendimento no processo de enchimento ou na esperança de vida da embalagem [16].

➤ **Propriedades mecânicas**

O controlo às propriedades mecânicas é efetuado por um conjunto de máquinas que avaliam a resistência da embalagem a fatores como: resistência à pressão interna, choque térmico, carga vertical e ao impacto. A conformidade do desempenho de uma embalagem de vidro numa linha de enchimento depende, essencialmente, destas características que podem ser definidas como a medida da capacidade de resistência à quebra. É conhecido que as quebras de vidro dão-se devido à presença de pequenas imperfeições como microfissuras. O embate com qualquer corpo duro produz microfissuras à superfície do vidro, invisíveis a olho nú, cuja tensão pode ser superior à sua tensão nominal. Se as tensões forem suficientemente elevadas, as pequenas fissuras propagam, podendo originar a quebra [16].

• **Resistência à pressão interna**

A resistência à pressão interna é uma propriedade fundamental em embalagens de vidro destinadas ao acondicionamento de bebidas carbonatadas, como a cerveja, e em fases do processo de enchimento como o enchimento, capsulagem e a pasteurização, onde a garrafa é submetida a grandes pressões.

De modo a garantir a resistência da garrafa sem formação de fissuras, a norma NP 3550 [24] define o método de ensaio para a determinação da resistência à pressão interna de embalagens de vidro aprovadas na inspeção e que não tenham sido submetidas a outro ensaio mecânico ou térmico, passíveis de diminuírem a sua resistência. De acordo com a norma NP3552 [25], a carbonatação do líquido destinado à embalagem deve apresentar uma densidade entre 2 e 6 g/L enquanto as embalagens devem resistir a uma pressão mínima de 10 e 11 bar para garrafas de tara perdida e retornável, respetivamente [9, 16].

• **Resistência ao choque térmico**

A resistência térmica de uma embalagem de vidro é a medida da sua capacidade para resistir a mudanças bruscas de temperatura [16].

A necessidade do processo de pasteurização, na indústria alimentar, provoca um ligeiro choque térmico que deve ser controlado uma vez que, ao contrário de outros materiais, o vidro tem baixa resistência às mudanças de temperatura [16].

Para tal, o Instituto Português da Qualidade define condições de ensaio e intervalos admissíveis nas normas NP3314 [26] e NP3552 [25], respetivamente. As garrafas de vidro devem ser

mergulhadas num tanque com água quente durante 5 minutos e transferidas para um tanque de água fria onde devem permanecer por 30 segundos sem quebrar nem desenvolver imperfeições visíveis após uma variação mínima de 40°C entre o banho quente e frio.

- **Resistência à carga vertical**

Esta é uma propriedade que deve ser testada em embalagens de vidro que passem pelo processo de enchimento, capsulagem e paletização. Embora o vidro consiga resistir à compressão, o desenho do ombro é crucial para minimizar a rutura durante as etapas de enchimento. O teste à carga vertical, definido na norma NP3551 [27] consiste na aplicação de uma carga vertical crescente até a rutura do material ou até atingir a carga determinada. As cargas verticais mínimas para embalagens sujeitas a enchimento e capsulagem são, segundo a norma NP3552 [25], 4500N para garrafas de tara perdida e 5000N para garrafas de tara retornável [9, 16].

- **Resistência ao impacto**

Numa linha de enchimento, as garrafas estão em constante contacto umas com as outras, provocando pequenos impactos sequenciais que, juntamente com choques decorrentes do contacto entre equipamentos e garrafas, aumentam a fragilidade das mesmas.

A prova de resistência ao impacto não está normalizada porém, o método de teste mais comum é o ensaio de *Charpy*. Neste teste, um pêndulo é libertado de uma determinada altura e bate na embalagem. O ensaio é repetido diversas vezes, a velocidades crescentes até a destruição da embalagem [9].

3.1.4. Processo de paletização

A paletização trata-se da fase final das embalagens. Esta é uma fase delicada do processo uma vez que a configuração da paleta é ditada pelo cliente. Desta forma, fatores como a altura, número das fiadas, dimensões da paleta e até o tipo de materiais utilizados são cruciais para a sua satisfação, existindo um número sem fim de combinações [17, 19].

3.2. Análise fratográfica aplicada a garrafas de vidro

A fratografia é a ciência que permite determinar e identificar a causa da quebra de uma garrafa e a sua origem [28].

Apesar do rigoroso controlo de qualidade realizado deve-se ter consciência de que nenhuma garrafa é igual a outra e, portanto, as garrafas não têm o mesmo comportamento quando sujeitas a tensões. Para além disso, possíveis danos causados às garrafas desde o seu fabrico até o processo de enchimento, podem reduzir a resistência da superfície das mesmas, comprometendo

o seu comportamento na linha de enchimento [28]. É no processo de enchimento que as garrafas estão sujeitas a uma maior variedade de cargas que, aliadas à sua fragilidade podem quebrar. As cargas mais comuns são: pressão interna, carga vertical, choque térmico e impacto [29]. Estas cargas produzem tensões de várias intensidades nas paredes do vidro das embalagens possivelmente causadas pelas características do produto: nível de carbonatação e temperatura do produto; pelo tipo de carga e sua magnitude e ainda por parâmetros da embalagem como a distribuição e espessura do vidro, o desenho da garrafa e tensões permanentes [30].

Embora a quebra por falhas mecânicas seja a mais usual, também podem existir quebras por fadiga. Devido às tensões aplicadas, as quebras por fadiga estão relacionadas com a diminuição da resistência do vidro quando em contacto com água ou vapor, que será tanto menor quanto maior a duração da carga e imperfeição da superfície [9, 28,30]

3.2.1. Princípios gerais do diagnóstico de fratura

A origem das fraturas ocorre devido à existência de microfissuras no vidro (Figura 3.9) e encontram-se tanto na superfície interior, provocado pelo rasgo feito pelo punção no processo de moldação, como na superfície exterior das garrafas.

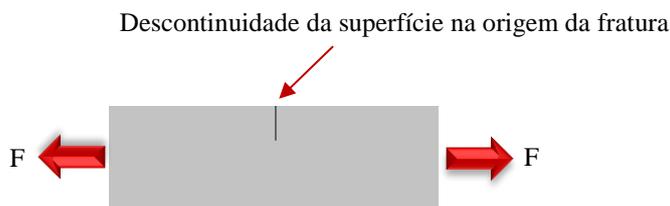


Figura 3.9. Imagem esquemática de uma microfissura à superfície, na origem da fratura [31].

A partir da origem da fratura, a propagação das microfissuras segue uma direção determinada pela distribuição de tensões, propagando-se ao longo da superfície onde se encontra até a superfície oposta [28]. O princípio essencial na interpretação do diagnóstico de fratura é o modo de propagação das microfissuras que, no vidro, ocorre em ângulos retos à tensão principal. Assim quando duas microfissuras se encontram, existe uma reorientação segundo um ângulo reto (Figura 3.10.).

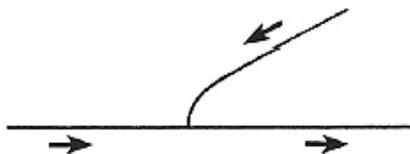


Figura 3.10. Propagação de uma fratura face a outra existente deve ser sempre em ângulo reto [28].

Durante a sua propagação, as microfissuras criam várias marcas características que dependem essencialmente da intensidade da tensão a que a superfície da garrafa foi sujeita e evidenciam a direção da propagação da fratura, permitem a identificação da origem, indicam a magnitude da tensão que existia na origem e próximo do local da fratura e o término da mesma [28].

3.2.2. Padrões de fratura de garrafas de vidro

Uma vez que cada tipo de carga permite uma distribuição específica de tensões, o padrão da fratura torna-se único na identificação da causa da quebra. A seguir faz-se uma breve descrição de cada padrão de fratura para as cargas a que as garrafas estão sujeitas durante o processo de enchimento.

➤ **Pressão interna**

A pressão interna está associada a produtos gaseificados, como a cerveja e está relacionada com o volume de gás no líquido e a temperatura do produto. Para além desta dependência, a pressão do enchimento, a expansão do volume do produto acima do limite definido pelo *headspace* e as condições de armazenamento são fatores decisivos para que esta carga provoque a rutura da garrafa [28].

Neste tipo de carga, as fissuras propagam-se verticalmente desde a superfície exterior, segundo o eixo vertical da garrafa, propagando-se por ramificações simétricas até a superfície interior, rebentando [28]. Alguns padrões de quebra resultantes da pressão interna estão ilustrados na Figura 3.11.

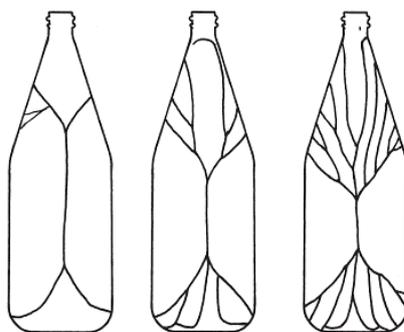


Figura 3.11. Imagem ilustrativa dos vários tipos de padrões existentes para o diagnóstico de fratura provocado pela pressão interna [9].

➤ **Choque térmico**

O choque térmico é definido como uma variação brusca de temperatura que pode causar a rutura de materiais frágeis. A maioria das fraturas provocadas pelo choque térmico ocorre, geralmente, no fundo da garrafa e estende-se longitudinalmente através da parede lateral. Este tipo de quebra caracteriza-se por apresentar um número de ramificações quase nulo (Figura 3.12) [28].



Figura 3.12. Padrão de fratura resultante de um choque térmico [9].

➤ **Carga Vertical**

As garrafas são sujeitas a cargas verticais em três ocasiões: no enchimento, capsulagem e paletização. Quando uma garrafa é apertada na vertical, o seu corpo cilíndrico é comprimido. Nesta altura, a superfície exterior da garrafa está em tensão apenas no calcanhar e no ombro, onde a ação da carga provoca uma dobra na parede da embalagem [28].

Embora a tensão de tração tenha uma componente longitudinal, a tensão principal terá uma direção circunferencial, causada pela tentativa da carga vertical em aumentar o diâmetro do ombro e do calcanhar [28]. Assim, as fraturas desta carga ocorrem tanto no ombro como no calcanhar, como mostra a Figura 3.13.

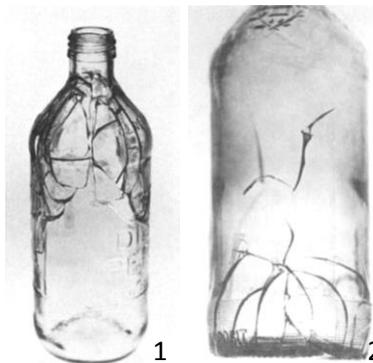


Figura 3.13. Imagens ilustrativas de dois padrões de fratura por carga vertical [28] : 1 – Fratura originária num ombro; 2 – Fratura no calcanhar.

➤ **Impacto**

De todas as cargas normalmente aplicada às garrafas, a força de impacto entre uma garrafa e um objeto duro gera o sistema de tensões mais complexo. A primeira tensão a que a garrafa é sujeita assim que bate num objeto é a de contacto. Por ser uma tensão muito localizada, detém um padrão de fratura estrelar, visível na Figura 3.14 -1. Em resposta a este impacto, há deformação da superfície interna pela criação de outra tensão responsável pela criação de fraturas em forma de dobradiça a 45° do local de impacto que, por propagação até a zona do impacto levam à quebra da garrafa (Figura 3.14-2) [9, 28, 32].

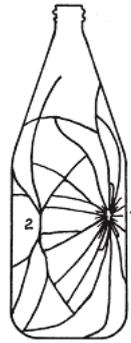


Figura 3.14. Padrão de fratura provocado por uma força de impacto. 1 – Local do Impacto; 2 – Origem de dobradiças [9].

Face ao elevado número de possíveis causas que quebra, os princípios de diagnóstico de fratura e os padrões de quebra são ferramentas cruciais na identificação do problema, permitindo posteriormente, a correta implementação de medidas de correção.

4. Otimização da Estabilidade da Paletização

A cadeia de distribuição de uma indústria cervejeira tem início nos campos de cereais. Estes ingredientes são transportados para a indústria de transformação onde os utilizam para a produção de cerveja. No final, a bebida é acondicionada em garrafas de vidro, embaladas e dispostas em paletes pelo processo descrito no Capítulo 2. As paletes de produto acabado também conhecidas por embalagens logísticas ou unidade de carga (Figura 4.1) são então transportadas para o armazém onde são expedidas para centros de distribuição. É lá que é feita a distribuição das unidades de venda para os retalhistas.



Figura 4.1. Palete de produto acabado.

A unitização da carga consiste em juntar várias unidades de venda numa unidade de carga que podem ser tão altas quanto o espaço de movimentação e armazenamento o permitir mas sempre abaixo do peso máximo da paleta. A implantação deste sistema permite maior agilidade e aproveitamento dos espaços logísticos, do camião de transporte e do centro de venda. Além disso, outras vantagens podem ser conseguidas como a minimização de custos de mão-de-obra.

O presente capítulo pretende explorar o tema sobre a estabilidade da carga durante o transporte terrestre, descrevendo o tipo de embalagens, a função das unidades de carga e a segurança desta durante o transporte. Por último faz-se uma breve abordagem aos testes de desempenho que avaliam o comportamento da unidade da carga quanto à sua estabilidade.

4.1. As embalagens

As embalagens possuem três funções principais: proteção, utilidade e comunicação. Por ser a característica intrínseca no presente estudo, apenas será explorada a proteção.

A proteção é definida como a prevenção ou redução de danos físicos ao produto, durante todos os estados da sua vida desde as operações de embalagem, passando pelo transporte até o consumo final [21]. O tipo e o nível de proteção que é expectável fornecer a uma embalagem deve corresponder às características do produto e aos perigos logísticos que levam à perda de integridade da embalagem, trazendo consigo problemas na qualidade e segurança do produto [21].

Para avaliar a proteção mais apropriada a um dado produto é importante que se faça, previamente, um levantamento das suas características, do ambiente a que estará exposto e dos custos para os materiais necessários à produção da embalagem. Só depois de analisar toda a informação é que será possível propor materiais para a embalagem. Estas propostas devem ser testadas em condições que simulem a “vida real” antes das especificações serem acordadas, implementadas e monitorizadas [21].

Os produtos alimentares podem ser embalados em diversas embalagens:

➤ **Embalagem primária**

Embalagem que condiciona o produto. Deve ter características apropriadas para não contaminar o alimento. São exemplos de embalagens primárias as garrafas de vidro, plástico ou latas.

➤ **Embalagem secundária**

Serve de proteção e facilita o manuseamento da embalagem primária. É o exemplo dos *packs*, caixas, tabuleiros e o envolvimento em filme retrátil.

➤ **Embalagem terciária**

Este tipo de embalagem refere-se às paletes de produto acabado. Estas devem transmitir segurança e ser de fácil manipulação. Como embalagem logística, é importante que durante o transporte a carga se mantenha estável durante todo o percurso até o cliente. A estabilidade da carga depende da sua rigidez, ou seja, quanto mais rígida mais estável e segura é a paleta. Esta característica é fundamental e depende dos constituintes da unidade de carga, isto é [15]:

- Embalagem primária,
- Embalagem secundária,
- Intercalares,

- Cintas ou filme estirável e,
- Matriz de paletização.

Os filmes estiráveis são materiais de embalagem cruciais para a estabilidade da embalagem logística uma vez que aprisionam as unidades de transporte. De forma a se obter uma estrutura rígida é importante definir o tipo de filme a utilizar, o número de voltas a dar no envolvimento, o nível de estiramento e confirmar que o envolvimento abrange o estrado de madeira pois, caso contrário, a carga não está totalmente estável (Figura 4.2) [15].



Figura 4.2. Imagens ilustrativas de um envolvimento insuficiente. A - Filme envolve o estrado de madeira; B - Filme não envolve o estrado de madeira.

Desta forma, conjugando o tipo de material e a matriz é possível se obter uma unidade de carga mais ou menos estável.

4.2. Comportamento da carga durante o transporte rodoviário

Todos os anos ocorrem incidentes e acidentes nas estradas devido a cargas com peso mal distribuído e instáveis. O transporte terrestre é considerado uma etapa perigosa e pela qual se deve tomar particular atenção. Para colmatar este atributo, a Comissão Europeia tem definido guiões práticos para transportes de mercadorias mais seguras [15].

A carga a expedir deve ser disposta no camião de forma a não provocar danos quer à saúde do motorista quer ao produto que contém. Um aspeto a considerar numa unidade de carga é o seu centro de gravidade. Definido como a média da distribuição de massa no interior de um objeto, o centro de gravidade deverá ser idêntico ao centro geométrico. Se tal não acontecer, a paleta fica não vertical, promovendo a inclinação e possivelmente a queda da paleta durante o transporte. O próprio andar do camião promove forças de aceleração na carga, sentidas através de vibrações entre 0,5 e 0,8 g, representadas na Figura 4.3, que podem alterar a estrutura da mesma, promovendo deslizamentos entre fiadas. Se tal acontecer, a carga é considerada instável [15].

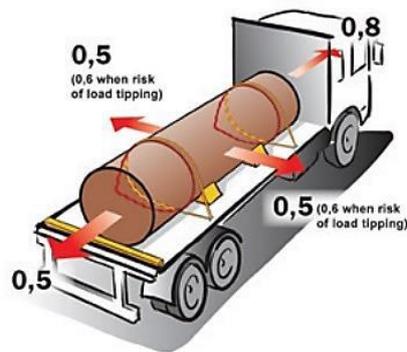


Figura 4.3. Atuação de forças durante o transporte [15].

Contudo, existem materiais que minimizam os efeitos de deslizamento e/ou inclinação: o aumento da fricção entre a base da paleta e a carga, o envolvimento com um número de voltas considerável no topo e na base da paleta e a colocação de intercalares entre fiadas, diminuiu o risco de queda da carga [15]. Apesar destes esforços, o risco ainda pode prevalecer. Para reverter esta situação, pode-se alterar as embalagens primária e secundária ou a matriz de paletização.

4.3. Testes de desempenho

Com vista a melhorar a estabilidade das unidades de carga, foram desenvolvidas várias normas que descrevem alguns procedimentos para determinar a rigidez e o desempenho da carga paletizada.

A estabilidade da carga pode ser testada através de testes de queda, inclinação e de percurso com empilhador, descritos na norma ISO 10531 [33]. Esta norma considera que a degradação da integridade da paleta é o resultado de uma má estabilidade e, por isso, deve-se alterar algum parâmetro da carga.

A norma ISO 2247 [34] estabelece métodos de teste a utilizar em sistemas de vibração mecânica de baixa frequência isto é, um equipamento que simula as forças de aceleração a que a carga está sujeita durante o transporte. Este teste é vantajoso no sentido que permite visualizar o comportamento da paleta durante expedição, conseguindo-se identificar o que pode estar a prejudicar o comportamento da paleta e assim, otimizar a sua estabilidade. A norma salienta também que tanto a embalagem secundária como a primária não devem apresentar quaisquer tipos de danos. Uma vez que a presente dissertação teve como finalidade a implementação de um equipamento simulador de transporte, a norma ISO 2247 foi crucial no seu desenvolvimento.

PARTE II – TRABALHO DESENVOLVIDO

5. Metodologia

Este capítulo pretende descrever a metodologia definida para o projeto desenvolvido, tendo em conta a proposta de dissertação a efetuar na empresa e a planificação do mesmo. De seguida é dado a conhecer as atividades conjuntas na realização do projeto. Posteriormente procede-se à explicação de cada tema e das ações desenvolvidas.

➤ **Conhecimento dos valores, cultura e organização da empresa**

A inserção de uma nova realidade justificou a existência de um período de adaptação à empresa. A adaptação facilitou a comunicação com pessoas de diferentes áreas inerentes à fábrica para se conseguirem alcançar todos os passos do projeto.

➤ **Estudo do Processo de Enchimento e da Fase de Paletização**

Em qualquer projeto que implique um processo produtivo, é importante o desenvolvimento de um estudo que permita identificar quais são os pontos em linha que afetam as propriedades mecânicas do vidro e as condicionantes à estabilidade da paletização. Esta fase revelou-se crucial uma vez que, foi a base da análise de todo o estudo do projeto.

5.1. Análise de Causas de Quebra de Garrafas de Vidro

Os passos estruturados para a identificação e resolução do tema passaram por:

➤ **Apresentação das ferramentas de análise**

Para o estudo e resolução do problema foi utilizado o Ciclo PDCA, que significa, no seu idioma oficial, Plan, Do, Check, Act que se traduzem como Planear, Executar, Verificar, Atuar. Este é um método de melhoria contínua pertence às Ferramentas de Qualidade com o intuito de tornar os processos de gestão mais claros e objetivos por forma a melhorar e otimizar os resultados dentro de um efeito indesejado. O ciclo PDCA inicia-se com o módulo planear, o qual é subdividido em cinco etapas:

1. Identificação do problema;
2. Meta a alcançar;
3. Análise do fenómeno, recorrendo a históricos ou ao diagnóstico do problema.

4. Análise do processo, onde se procura identificar as causas fundamentais do problema através da análise de causas, utilizando a técnica *brainstorming*. O *brainstorming* pode ser definido como uma técnica que possibilita a geração de ideias, numerando origens prováveis para a causa do problema, expondo-as de forma clara num Diagrama de Causa – Efeito.

5. Plano de ações com diversas tarefas e procedimentos a tomar para cada possível causa encontrada na análise anterior, dando início ao módulo seguinte: Executar.

No módulo Executar pretende-se colocar em prática todos os planos e procedimentos elaborados na etapa anterior.

O terceiro módulo do Ciclo PDCA é definido como a fase de verificação das ações executadas na etapa anterior. Esta fase baseia-se na comparação dos resultados obtidos e na verificação da continuidade ou não do problema. Isto significa que se não se obtém uma melhoria deve-se reiniciar o ciclo PDCA e definir novas ações para que o problema seja solucionado.

Em caso positivo, realiza-se o último módulo, Atuar. Nesta etapa ocorre a padronização das ações executadas, de forma a sustentar a melhoria e acompanham-se regularmente a fim de verificar a resolução do problema.

➤ **Análise do fenómeno**

Dos inúmeros produtos produzidos pela Unicer aqueles que apresentavam maior incidência de quebra apresentavam as seguintes características:

- Garrafa 0,33L TP;
- Produto Super Bock;
- Embalagem Secundária *shrink*;
- Enchimentos da linha 6.

No entanto, sentiu-se necessidade de caracterizar o problema, avaliando-se a conformidade de paletes com produtos de categoria cervejas com outras características como:

- Garrafa 0,33L; 0,25L e 0,20L;
- Produtos Super Bock e Cristal;
- Embalagens secundárias 6 *pack shrink* e caixa;
- Enchimentos da linha 2 e 6 e,
- Utilização de garrafas de diferentes fornecedores.

A acompanhar o diagnóstico, procedeu-se também à recolha dos fragmentos de vidro para análise fractográfica das garrafas partidas. Estas foram entregues para diagnóstico de fratura ao fornecedor de vidro e a dois laboratórios externos, o *Critt Matériaux Alsace* e o *American Glass Research*.

A expansão do estudo permitiu identificar se as quebras eram influenciadas por algum fator diferencial. Desta forma produziu-se um histórico sólido do problema.

➤ **Conhecimento dos locais de inspeção no armazém automático e seu método**

Para a aquisição dos dados sobre o número de quebras foi necessário conhecer os locais dentro do armazém automático onde se iriam efetuar as inspeções das paletes. A seguir faz-se uma breve descrição dos locais e do método utilizado para a inspeção das paletes.

• **A zona das cargas**

As cargas consistem no ato de carregar o camião com o material destinado para o cliente. Para o carregamento as paletes são encaminhadas do local onde estão armazenadas até às pistas junto ao cais de carga. A Figura 5.1 mostra o panorama do armazém automático (Figura 5.1 – A) e as pistas junto ao cais de carga (Figura 5.1 – B).



Figura 5.1. Plataforma logística da Unicer Bebidas, S.A. A - Imagem panorâmica do interior do armazém; B - Imagem das pistas.

Quando chegam às pistas, as paletes são transpostas para o tapete gravítico onde descem até a zona de bloqueio. No momento da carga, as pistas são ativadas, permitindo a descida de uma paleta de cada vez para a zona de levantamento com empilhador. Esta zona garante uma distância considerável da paleta a carregar das restantes que aguardam pela sua vez (Figura 5.2). Esta particularidade permite a inspeção de todos os lados da paleta.



Figura 5.2. Local exato de inspeção das paletes após ativação das pistas.

- **A zona do *picking***

A Figura 5.3 mostra o local de *picking*. Esta atividade logística consiste na separação e recolha de produtos de diferentes categorias e quantidades para responder a encomendas por parte dos clientes. Neste local, todos os produtos produzidos pelo Grupo Unicer estão expostos em quantidade limitada que pode variar até quatro paletes sendo que, cada pista tem alocação para duas. A atividade está presente numa área considerável do armazém automático e a descida das paletes para as pistas funciona de forma semelhante ao que acontece nas pistas junto ao cais de carga. No entanto, aqui não há necessidade de levantar a paleta e as unidades de carga não estão em contacto umas com as outras. Este facto permite a inspeção de todos os lados da paleta sem dificuldade.



Figura 5.3. Imagens ilustrativas da zona do *picking*. A - Vista geral do local; B - Paletes com tabuleiros já recolhidos para encomendas.

Relativamente à possibilidade de impactos no armazém, os movimentos automáticos ditam que não existe contacto com o produto paletizado sendo que, o único contacto que existe dá-se ao nível do estrado de madeira. Para além disso, o armazém não permite o empilhamento de paletes, não havendo efeitos indesejáveis relativos à resistência à carga vertical (Figura 5.4).



Figura 5.4. Imagens ilustrativas do armazém automático. A - Zona de movimentação. B - Vista para o armazém.

➤ Desenvolvimento da nomenclatura

Como referido, a inspeção às unidades de carga consistiu em visualizar os tabuleiros em todas as direções (D) ou lados da paleta. Para a identificação exata dos tabuleiros com sinais de garrafa partida, desenvolveu-se a seguinte nomenclatura.

- D800mm com etiqueta (Figura 5.5 – A)
- D1200mm com etiqueta (Figura 5.5 – B)
- D800mm sem etiqueta (Figura 5.5 – C)
- D1200mm sem etiqueta (Figura 5.5 – D)



Figura 5.5. Imagens ilustrativas das quatro direções das paletes para identificação dos tabuleiros com quebra. A – D800mm com etiqueta. B – D1200mm com etiqueta. C – D800mm sem etiqueta. D – D1200mm sem etiqueta.

De seguida, foi necessário identificar a fiada onde se situava o tabuleiro. Para tal procedeu-se à numeração árabe das fiadas, iniciando-se em 1. O sentido da numeração eleito foi de baixo para cima, como exemplificado na Figura 5.6.

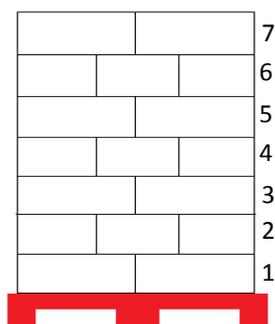


Figura 5.6. Imagem esquemática da altura de unidades de carga com garrafa 0,33L em Shrink.

➤ Desenvolvimento de folha de registo

Para auxiliar a inspeção, foi desenvolvida uma folha de registo (Anexo 1) onde foi registado a designação do produto, o lote e número de paleta, o fornecedor de vidro e outras observações. Neste último, anotava-se a fiada e a posição do tabuleiro com garrafa partida, recorrendo ao

desenho da matriz correspondente e à identificação exata do tabuleiro partido, como mostra a Figura 5.7.

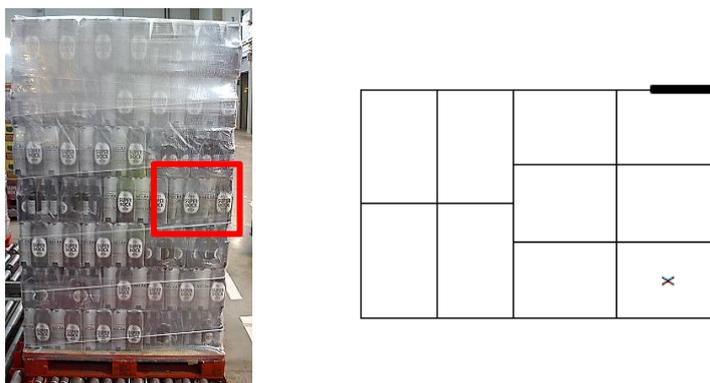


Figura 5.7. Imagem ilustrativa da quebra e identificação de fiadas. Designação: Lote: X, Nº de Palete: Y, 4ª fiada, D1200mm sem etiqueta, fornecedor Z. Barras a cheio representam as etiquetas de palete.

➤ Análise do processo

Nesta fase, após globalizado o problema e identificados os produtos mais suscetíveis à quebra, procurou-se identificar as causas fundamentais do problema, expondo-as de forma clara no Diagrama de Causa – Efeito, exposto na Figura 5.8.

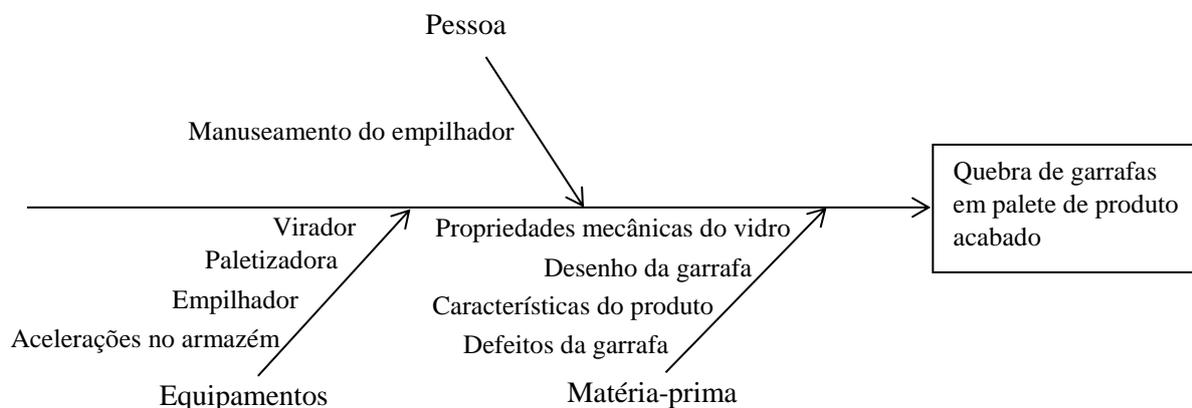


Figura 5.8. Diagrama de Causa-Efeito.

➤ Desenvolvimento do plano de ações

Após conhecidas as possíveis causas responsáveis pela quebra de garrafas, foram desenvolvidas várias ações com o interesse de identificar qual(ais) tinha(m) um efeito direto ao problema e definir procedimentos para melhorar a situação.

➤ Tratamento dos dados

Nesta fase, à medida que as diferentes ações iam terminando, procedia-se à análise exaustiva dos dados recolhidos. Tentou-se identificar relações e estabelecer melhorias para resolução do

problema identificado. O objetivo principal do tema foi a redução ou eliminação das incidências de quebras em paletes de produto acabado.

A seguir são explicadas as ações tomadas para a identificação e resolução do problema.

5.1.1. Histórico de quebra

O histórico de quebra encontra-se enquadrado na análise do fenómeno. Esta ação teve lugar na plataforma logística, local onde se procedeu a:

- Registo de todas as paletes vistas;
- Inspeção de todas as direções das paletes e,
- Identificação da posição dos tabuleiros com garrafas partidas.

Conforme os métodos referidos anteriormente.

5.1.2. Análise fratográfica

A acompanhar o histórico de quebra, procedeu-se à recolha dos estilhaços de vidro de paletes com sinais de garrafa partida para diagnóstico de fratura. Com estes dados foi possível identificar o(s) local(ais) de quebra no corpo de garrafa e qual a sua causa, facilitando a posterior análise do processo. Para a recolha e envio dos estilhaços foram desenvolvidos dois protocolos, explicados em seguida.

➤ **Para recolha dos estilhaços de vidro**

Material necessário:

- | | | |
|-------------------|---------------------|-----------------------------|
| - X-ato | - Copos de plástico | - Etiqueta de identificação |
| - Luvas anticorte | - Parafilme | - Garrafas partidas |

Procedimento:

1. Colocaram-se as paletes vistas num local amplo e livre de outros materiais.
2. Colocou-se um estrado de madeira junto da paleta.
3. Retiraram-se as etiquetas de paleta e cortou-se o filme estirável.
4. Retirou-se cada tabuleiro da paleta e colocou-se na mesma posição no estrado de madeira.
5. Repetiu-se o passo 4 até encontrar o tabuleiro com quebra.
6. Identificou-se a direção do tabuleiro e a posição da garrafa partida.
7. Colocou-se o tabuleiro com quebra no chão.
8. Abriu-se o cartão e retirou-se o máximo de estilhaços possíveis para um copo.
9. Por fim, etiquetou-se o copo e fechou-se com parafilme (Figura 5.9).



Figura 5.9. Copo de plástico com os estilhaços de uma garrafa de vidro.

➤ **Para a análise fratográfica**

Após a recolha dos fragmentos de vidro, guardaram-se os copos numa caixa devidamente identificada. Os estilhaços de vidro foram entregues ao fornecedor de vidro responsável pelas garrafas tal como foram recolhidas. Já os fragmentos enviados para os laboratórios externos foram expedidos conforme o seguinte protocolo (Figura 5.10).

Material necessário:

- Rolo de filme estirável
- Etiqueta de identificação
- Espumas
- Papel reciclado
- Caixa de cartão
- Fragmentos de vidro

Procedimento:

- Retiraram-se os fragmentos de vidro dos copos de plástico.
- Envolveu-se cada estilhaço de vidro em filme estirável.
- Envolveu-se todos os estilhaços em filme e identificou-se a garrafa.
- Embrulhou-se os fragmentos em papel reciclado e envolveu-se com filme para prender.
- Colocou-se na caixa todas as amostras de forma segura.
- Selou-se a caixa com fita-cola.
- Enviou-se o material.



Figura 5.10. Acondicionamento dos fragmentos de vidro para envio para o *American Glass Research*.

No total, foram enviadas 4 amostras para análise no fornecedor de vidro. Essas mesmas foram posteriormente entregues ao *Critt Matériaux Alsace* e 15 amostras a pedido do laboratório *American Glass Research*.

Após obtido o histórico de quebra, o diagnóstico de fratura e a análise do processo, definiram-se ações para iniciar a investigação do que poderia estar a causar este problema. Após identificados, procedeu-se a outras tarefas com o objetivo de comprovar se as quebras ocorriam de facto pelos motivos identificados. Caso não se verificasse, elaborar-se-iam novas ações. A seguir são apresentadas as ações definidas e procedimentos para o encontro dos possíveis causadores e formas de melhoria.

5.1.3. Estudo fim de linha

Face aos resultados obtidos na análise de fenómeno foi crucial acompanhar a linha 6, responsável pelo enchimento de produtos com maior incidência de quebra.

Sabendo-se que as quebras surgiam em paletes prontas para expedição, assumiu-se que o ponto crítico da linha é a fase de paletização, desde a formação da matriz até a entrada das paletes no elevador para o armazém automático. O circuito dos tabuleiros desde que saem da “embaladora + plastificadora” até a saída da linha com auxílio do empilhador pode ser visto no esquema da Figura 5.11.

Para a identificação dos pontos críticos procedeu-se à observação visual da função de cada equipamento e do seu impacto nos tabuleiros. De seguida, cruzaram-se os dados sobre as posições dos tabuleiros partidos com o resultado da observação em linha, resultando na identificação dos potenciais causadores de quebra. Após este cruzamento de informações, foram definidas medidas de melhoria a implementar na linha 6 para redução do problema.

5.1.4. Análise às características do produto

De acordo com a literatura, algumas imperfeições formadas no vidro podem constituir um perigo no processo de enchimento pois, as garrafas estão sujeitas a pressão interna ou choque térmico que causam cargas de tensão tal que pode levar à quebra da garrafa. Desta forma e,

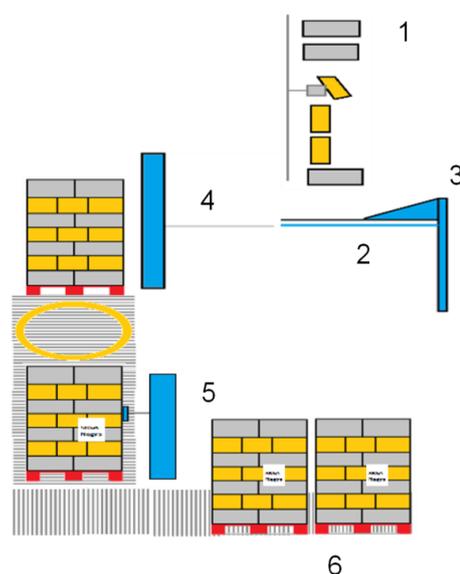


Figura 5.11. Imagem esquemática do final da linha 6 e identificação dos dispositivos críticos. 1 - Virador. 2 - Batente de pré-camada. 3 - Arrastador de pré-camada. 4 - Conductor da camada formada. 5 - Etiketadora. 6 - Ação do empilhador.

sendo um produto líquido carbonatado sujeito a pasteurização, procedeu-se à análise das seguintes características dos produtos com quebra:

- Nível de carbonatação;
- Volume líquido e,
- Unidades de pasteurização.

Para tal, procedeu-se à consulta das características nos diários de bordo e sistema SAP.

5.1.5. Ensaios “Prova de Quebra”

Os ensaios de prova de quebra foram desenvolvidos com o objetivo de verificar as seguintes hipóteses:

- Quebra provocada antes do virador;
- Quebra provocada pelos equipamentos de paletização;
- Quebra encontrada em armazém.

Os ensaios foram realizados juntamente com uma equipa pertencente ao fornecedor de vidro com garrafas de duas fábricas.

Na Tabela 5.1, é apresentado um resumo de todos os ensaios realizados.

➤ **Ação: Prova de quebra na linha 6 e em armazém automático**

A ação de prova de quebra na linha 6 foi dividida em dois ensaios cujas diferenças estão relacionadas com a fábrica do vidro e a amostragem. A utilização de garrafas de diferentes fábricas foi intencional devido à diferença entre matérias-primas, equipamentos de produção e processos de fabrico. Os ensaios realizaram-se em três locais distintos com o intuito de perceber se as quebras ocorreriam no intervalo de equipamentos para posterior avaliação do local com maior incidência. Já a amostragem foi definida conforme o número de garrafas necessárias para validação dos ensaios.

As inspeções “Antes do virador” e “Após a paletizadora” foram realizadas durante o enchimento enquanto a inspeção “Armazém automático” foi realizada com um mínimo de dois dias após as anteriores, tempo suficiente para se detetarem quebras por fadiga.

Todas as eventuais quebras encontradas nestes ensaios foram para análise fratógráfica.

A descrição dos locais de inspeção pode ser lida a seguir.

Tabela 5.1. Plano de ensaios.

Ação	Ensaio	Linha de enchimento		Amostragem			Local de Amostragem			Fábrica de Fornecedor	
		L6	L2	Paletes	Tabuleiros	Garrafas	Antes do Virador	Após Paletizadora	Armazém Automático	A	B
Prova de Quebra na Linha 6 e em Armazém Automático	Prova de quebra em linha e armazém	X		24	1680	40320	X	X	X		X
	Teste comparativo quanto à qualidade do vidro por fábrica			36	2520	60480	X	X	X	X	
Prova de Quebra por empilhador	-			54	3780	90720		X	X		X
Colocação de intercalares	-			51	3570	85680			X		X
Enchimento na linha 2	-		X	55	3850	92400		X	X		X

Antes do virador – Este procedimento ocorreu imediatamente antes do equipamento virador. Para o realizar foram necessárias quatro pessoas, duas de cada lado do tapete transportador em funcionamento que avaliaram os tabuleiros para identificar qualquer quebra decorrente do equipamento “embaladora + plastificadora” (Figura 5.12).



Figura 5.12. Local de inspeção antes do virador.

Após a paletizadora – Após a paletização e envolvimento, as paletes foram transportadas com auxílio de um empilhador para um local livre para inspeção. Neste local, procedeu-se ao desfardamento das paletes para visualizar alguma quebra quer nos tabuleiros interiores quer nos exteriores, provocada pelos equipamentos de paletização (Figura 5.13). O desfardamento consiste em retirar cada tabuleiro da palete colocando-os num outro estrado, conforme a sua posição na matriz. Desta forma, está-se a desfazer a palete com produto não conforme e, em simultâneo, a construir uma nova, sem quebras. No final, os tabuleiros foram reintroduzidos na linha há exceção dos eventuais tabuleiros com quebra. Caso encontrados, estes eram identificados e removiam-se as garrafas partidas para análise. As restantes eram destruídas por segurança. Posteriormente procedeu-se ao bloqueio das paletes para garantir que o produto não seria expedido e seguiram o seu percurso habitual em direção ao armazém automático.

Em armazém automático –As paletes eram colocadas nas pistas junto ao cais de carga. De seguida, eram retiradas das pistas e colocadas num local amplo para desfardamento. No final, as paletes eram reconstruídas e envolvidas com filme estirável de forma manual (Figura 5.13).



Figura 5.13. Local de inspeção e desfardamento das paletes em armazém.

➤ **Ação: Prova de quebra com empilhador**

O teste de quebra por empilhador consistiu em acompanhar o percurso do empilhador desde a retirada das paletes da linha até o elevador para o armazém automático. Para este ensaio, retirou-se a etiqueta de palete da D1200mm antes do levantamento da linha. Com este procedimento, as paletes eram rejeitadas pelos sensores, imediatamente antes de entrarem no elevador e eram encaminhadas para a zona de rejeições. Neste local procedeu-se à inspeção dos tabuleiros exteriores, sem desfardar. O motivo para o não desfardamento deveu-se ao facto de ter sido provado de que não ocorriam quebras no interior das paletes e por naquele local não ser possível.

➤ **Ação: Colocação de intercalares**

Esta ação foi realizada após as alterações na linha e teve como interesse melhorar o produto paletizado pois confirma-se que a inclusão de intercalares confere melhoria na verticalidade e rigidez da palete. Para tal, foram adquiridas placas de cartão que foram colocadas em cada fiada. No final, foi avaliada a exequibilidade desta proposta com a inspeção das paletes em armazém automático. As quebras eventualmente encontradas não foram para análise fratógráica.

➤ **Ação: Enchimento na linha 2**

A linha 2 é também uma linha de enchimento de cerveja de tara perdida que enche, maioritariamente, cerveja em garrafa de 0,20L e 0,25L embora também tenha capacidade de encher garrafa 0,33L. Esta linha, ao contrário da linha 6, possui uma paletizadora com robot que orienta os tabuleiros para a sua posição correta sem elevados choques (Figura 5.16 - A). Assim que é formada, a matriz é sujeita a outro ligeiro impacto por centradores que, por um “aperto” ajustam a matriz para as dimensões da palete (Figura 5.16 – B). Estes são os únicos impactos que os tabuleiros estão sujeitos já que, no final da linha, as paletes seguem diretamente para o armazém automático sem recurso a empilhador.

As quebras eventualmente encontradas foram para análise fratógráica.



Figura 5.14. Paletização da linha 2. A – Robot de paletização. B – Centradores de matriz/fiada.

5.1.6. Análise fratográfica

Nesta tarefa, procedeu-se ao diagnóstico de fratura das garrafas partidas encontradas nos ensaios “Prova de Quebra”. Os estilhaços foram enviados ao fornecedor de vidro pelo método utilizado descrito no ponto 5.1.2.

5.1.7. Estudo do desenho da garrafa

Esta ação foi desencadeada porque o desenho da garrafa tem uma forte influência nas suas propriedades mecânicas e, conseqüentemente pode comprometer o seu desempenho durante a sua utilização. De forma a analisar e avaliar a viabilidade do formato da garrafa, o fornecedor de vidro procedeu ao estudo da garrafa 0,33L da marca Super Bock, enviando o desenho para o *American Glass Research*.

5.1.8. Estudo das propriedades mecânicas do vidro

Tal como a ação anterior, este estudo foi realizado pelo fornecedor de vidro que avaliou e comparou minuciosamente as propriedades mecânicas da garrafa 0,33L Super Bock de diferentes fornecedores.

5.1.9. Enchimento com garrafas de espessura controlada

Com o intuito de compreender se, aumentando a espessura do vidro na zona do ombro, prevenir-se-iam as quebras, foi definido um ensaio com garrafas de espessura controlada.

Desta forma, foram entregues 14 paletes de vidro que foram a utilizar na linha 6 no enchimento de Super Bock 0,33L em formato *6 pack shrink*. Estas paletes estavam identificadas para teste, tendo sido colocadas na linha no início do enchimento. Este facto deveu-se a que, durante o enchimento houvesse total conhecimento do percurso das garrafas de teste, não as misturando com garrafas regulares.

No total foram conseguidas 31 paletes de produto acabado, numeradas de 1 a 31. Estas paletes foram bloqueadas em armazém para evitar a expedição antes da inspeção.

5.1.10. Avaliação dos materiais de embalagem

Por forma a investigar de forma integral e auxiliar na identificação da origem das incidências de quebra, foi proposto ao laboratório externo de soluções de embalagem, ITENE, estudar o problema após as alterações de equipamentos na linha 6. Para tal, procederam a:

- Análise de riscos mecânicos.
- Avaliação da fragilidade do sistema.

5.1.10.1. Análise de riscos mecânicos

Esta ação foi desenvolvida nas instalações da Unicer, na linha 6. O objetivo foi monitorizar os dados mais significativos na linha de enchimento até o momento de expedição e identificar se existe algum processo que pela severidade dos choques possa ser origem do problema.

Para esta análise foi utilizado um sensor “*Dummy*” (Figura 5.15) com as seguintes características:

- Captação de vibrações axiais;
- Captação de choques verticais, transversais e longitudinais;
- Representação de duas garrafas e,
- Adaptável a embalagens secundárias.



Figura 5.15. Imagem representativa do “*Dummy*” e sua colocação numa embalagem *shrink* Super Bock.

Para o ensaio, o sensor foi colocado, manualmente, numa embalagem secundária, entre garrafas de vidro como ilustra a Figura 5.15. De seguida foi colocado na linha, imediatamente antes da “embaladora + plastificadora” para formação do tabuleiro. Posteriormente colocou-se o tabuleiro imediatamente antes da mesa de paletização na posição pretendida. Fez-se o acompanhamento da paleta desde a paletização até a saída para o cais de carga.

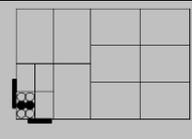
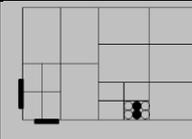
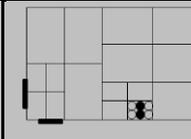
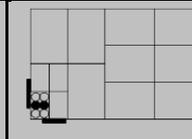
Na Figura 5.16 pode-se observar o circuito realizado em que foram monitorizados os choques e vibrações.



Figura 5.16. Circuito de passagem. A - Paletizadora. B - Envolvedora. C - Empilhador. D - Elevador. E - Monotrail. F – Pistas gravíticas.

Durante o ensaio foram feitas 12 passagens pelo circuito com o sensor em diferentes fiadas e direções identificadas na Tabela 5.2.

Tabela 5.2. Identificação da posição do tabuleiro, do pack com o dummy, da fiada e número de passagens do sensor pelo circuito.

Fiadas	1 e 3	1 e 3	5 e 7	5 e 7
Posição				
Nº Passagens	2+2	2+2	1+1	1+1

5.1.10.2. Avaliação da fragilidade do sistema

Esta análise foi realizada nas instalações do ITENE e teve como finalidade simular as condições de transporte. Para o estudo, foram enviadas 12 paletes de Garrafa Super Bock 0,33L em embalagem secundária 6 *pack shrink* e 3 paletes do mesmo produto em caixa de 24 garrafas. A diferença das embalagens secundárias foi propositada para avaliação do grau de proteção que cada uma confere.

Para o ensaio, colocou-se o “*Dummy*” numa embalagem da primeira fiada para deteção dos choques e vibrações (Figura 5.17). A cada amostra foram aplicados 10 impactos, aplicando acelerações entre 0,5 e 0,8 m/s.



Figura 5.17. Colocação do “*Dummy*” numa paleta com embalagem secundária *shrink*.

5.1.11. Diagnóstico após as alterações na linha 6

Este diagnóstico foi realizado após alterações nos possíveis equipamentos causadores de quebra da linha 6 para verificar se houveram melhorias no número de quebras. O procedimento desta ação foi idêntico ao utilizado na atividade “Histórico de Quebra”.

5.2. Otimização da estabilidade da paletização

Os passos estruturados para a implementação do equipamento simulador de transporte rodoviário passaram por:

➤ **Conhecimento e descrição do equipamento**

O equipamento Lansmont Model MS2000 sistema de vibração mecânica, visível na Figura 5.18, foi planeado para testes de vibração de embalagens. É utilizado para simular as condições a que a carga está sujeita durante o transporte terrestre e está de acordo com várias normas internacionais sobre transporte de mercadorias.



Figura 5.18. Imagem ilustrativa do equipamento Lansmont Model MS2000 sistema de vibração mecânica.

A máquina é capaz de produzir movimentos periódicos rotacionais numa amplitude de vibração entre 2,0 Hz e 5,0 Hz. Contudo, o movimento padrão da máquina varia entre 2,3 Hz e 4,7 Hz. As condições de serviço encontram-se na Tabela 5.3.

Tabela 5.3. Condições de serviço do equipamento Lansmont Model MS2000 sistema de vibração mecânica.

Condições de serviço	Mínimo	Máximo
Intervalo de movimento	2,0 Hz	5,0 Hz
Intervalo de movimento padrão	2,3 Hz (0,27 g)	4,7 Hz (1,12 g)
Altura máxima da carga	122 cm	
Peso máximo da carga	907 kg	

Este equipamento inclui ainda um controlo remoto para configuração das operações de trabalho, ilustrado na Figura 5.19.

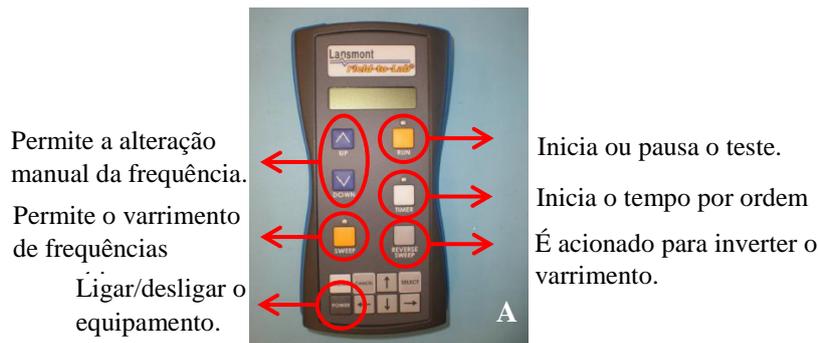


Figura 5.19. Imagens ilustrativas do controlo remoto. A - Funções disponíveis no controlo remoto. B - Definições presentes no ecrã LCD do controlo

➤ **Análise do método existente**

Para análise do comportamento da paleta foi fornecida uma tabela de avaliação, disponível na Figura 5.20.

O objetivo proposto foi reavaliar o método, recorrendo ao estudo teórico e aplicação prática sobre estabilidade de cargas e transportes, nomeadamente:

- Estudo das normas: ISO2247 e ISO10531;
- Análise do Guia Prático Europeu para a Segurança da Carga durante o Transporte Rodoviário;
- Acompanhamento das paletizações utilizadas e,
- Acompanhamento do ensaio de estabilidade para produto Águas.

Critérios de avaliação e pontuação (antes e após)									
Característica	%	Critério	%	Descrição	Pontuação				
					na avaliação				
					1	2	3	4	5
Verticalidade	20	graus de diferença relativamente aos 90º do produto na palete	50	inclinação em graus da carga face ao eixo da palete	>5º	5º	4º	2º	0º
		ultrapassa ou não o limite da palete	50	o topo da carga, quando inclinada, ultrapassa os 800mm úteis	>40mm	30mm	20mm	10mm	0mm
Centragem	20	equidistância de todas as faces ao limite da palete	100	avaliação da diferença	25-30mm	20-25mm	20-15mm	10-15mm	</=10mm
Espaçamento entre UV's	20	cumprimento do desenho da matriz	100	os espaços entre as UV's e o seu posicionamento são os previstos nos desenhos	NAOK		Aceitável		OK
Envolvimento	20	estiramento	25	o estiramento encontra-se de acordo com o previsto	NAOK		Aceitável		OK
		envolvimento da palete	25	a carga encontra-se presa à palete	NAOK		Aceitável		OK
		número e divisão das voltas	25	o número de voltas e a zona onde são aplicadas é o previsto	NAOK		Aceitável		OK
		defeitos na filmagem	25	rasgos, furos, soldadura, excesso de estiramento, etc	NAOK		Aceitável		OK
Danos nas UV's	20	embalagem primária	50	a integridade da embalagem primária é posta em causa no PA	NAOK		Aceitável		OK
		embalagem secundária	25	a integridade da embalagem secundária é posta em causa no PA	NAOK		Aceitável		OK
		palete	25	a integridade da palete é posta em causa pelo envolvimento	NAOK		Aceitável		OK

Figura 5.20. Parâmetros de avaliação não validados.

➤ Identificação do problema para aplicação

Para a reavaliação e validação do método foi proposto a melhoria da paletização do produto Super Bock 0,33 L em caixas de 15 garrafas em meia paleta (½ Paleta), visível na Figura 5.21. Tal como o nome indica, as ½ paletes têm menores dimensões que uma paleta. Como o equipamento de paletização em uso apenas têm capacidade de construir uma paleta de cada vez, a paletização de ½ paletes é feita a par (Figura 5.21. A). No entanto, devido ao desenho desta matriz, algumas caixas ultrapassam o limite da paleta (Figura 5.21. B), sendo rejeitadas nos sensores imediatamente antes de entrarem no elevador para o armazém automático, impedindo a sua expedição para o mercado.



Figura 5.21. Imagens ilustrativas da paletização de ½ paleta de produto caixa. A - Paletização das duas ½ paletes é realizada em simultâneo. B - Algumas caixas ultrapassam o limite da paleta devido ao desenho da matriz e desempenho da paletização.

De forma a contornar a situação foram propostas novas matrizes de paletização, expostas na Figura 5.22, que foram a testar na máquina de estabilidade. Foram ainda colocadas folhas antideslizamento na matriz coluna para prevenir a inclinação de fiadas.

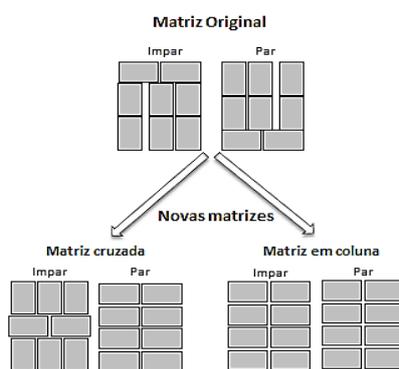


Figura 5.22. Matrizes propostas para nova paletização de ½ paleta produto caixa.

Matriz original – É a matriz utilizada e não aceitável. Na altura da formação da fiada, os arrastadores eliminam o espaço em branco, ficando uma embalagem horizontal fora da ½ paleta (Figura 5.21 A e B).

Matriz cruzada – É uma matriz a estudar. A presença de duas fiadas distintas permite o travamento das fiadas, possuindo um menor risco de queda (Figura 5.23). Tem como desvantagem a ligeira saída das embalagens horizontais.



Figura 5.23. Imagens ilustrativas de 1/2 Palete com matriz cruzada.

Matriz coluna – A segunda matriz a estudar. Não há distinção entre a matriz par e matriz ímpar. Tem como vantagem a impossibilidade de saída das embalagens dos limites da 1/2 paleta e como desvantagem algum deslizamento entre fiadas (Figura 5.24).



Figura 5.24. Imagens ilustrativa de 1/2 Palete com matriz coluna.

➤ **Modo de paletização**

A paletização das novas matrizes a testar foi realizada manualmente porque não existiam os programas de paletização para os desenhos das novas matrizes. Nos momentos de paragem da linha, procedia-se à paletização da 1/2 paletes com as respetivas matrizes a testar e envolvimento em máquina.

O procedimento era realizado de palete para palete em cima dos tapetes transportadores, na envolvente. A figura 5.25 mostra um exemplo de paletização manual. Depois de envolvida, a paleta era transportada até o local onde se situa o equipamento.

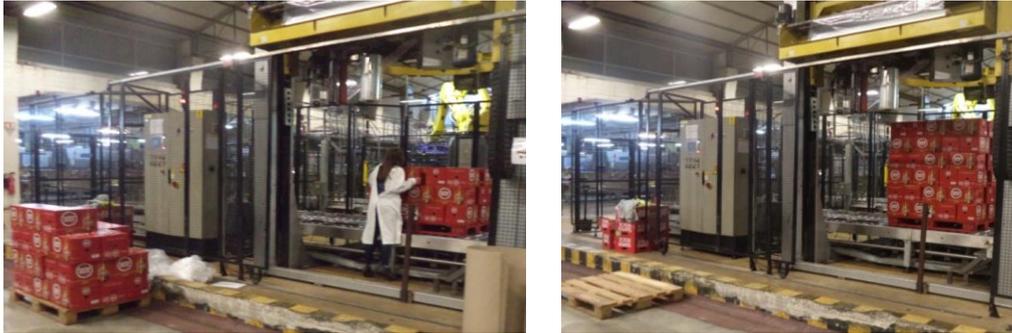


Figura 5.25. Imagens ilustrativas de paletização manual em linha.

➤ **Procedimento do teste, elaboração da ficha de avaliação e análise dos resultados**

Estas etapas foram realizadas de acordo com a norma ISO2247 e o Guia Prático Europeu para a Segurança da Carga durante o Transporte Rodoviário, com o estudo da ficha de avaliação e com as experiências práticas.

Como se trata da aplicação prática para implementação do método, este assunto será explorado no Capítulo 6.

➤ **Desenvolvimento do Manual de Controlo de Qualidade**

O manual do controlo da qualidade é um documento que explica o método de ensaio. A sua elaboração foi realizada após a finalização do procedimento, ficha de avaliação e análise dos resultados. Em adição, também foi elaborado um relatório do teste, de acordo com a ISO2247. Será dado a conhecer no Capítulo 6.

6. Resultados e Discussão

A informação é apresentada para que se consiga analisar os resultados obtidos nas diversas ações propostas para cada tema como o delineado no Capítulo 5.

6.1. Análise de Causas de Quebra de Garrafas de Vidro

A seguir são analisados os resultados para cada ação desenvolvida com o objetivo de reduzir ou eliminar o número de incidências de quebra em paletes de produto acabado.

6.1.1. Histórico de quebra

Durante as inspeções, as paletes com garrafas partidas evidenciavam tabuleiros com:

- Bolores (Figura 6.1 – A e B)
- Condensação (Figura 6.1 – C)



Figura 6.1. Demonstração de tabuleiros com sinais de garrafa partida. A – Bolores numa embalagem 6 pack shrink de Super Bock; B – Bolores numa embalagem 6 pack shrink de Cristal; C – Ressoado numa embalagem 6 pack shrink de Super Bock.

Com base na inspeção e registo dos dados de cada palete vista foi possível construir o histórico do problema. O gráfico indicado na Figura 6.2 mostra a conformidade das paletes de acordo com as seguintes variáveis:

- Fornecedores, indicados como a e b devido à confidencialidade;
- O volume e tipo da garrafa de vidro em que, ID significa a garrafa modelo Super Bock e LN corresponde à garrafa modelo Cristal e,
- A linha de enchimento, identificada como 6 e 2.

É importante referir que o gráfico é relativo a paletes vistas e não ao número de tabuleiros pois, as rejeições por parte dos clientes, principalmente de mercados externos, são realizadas por palete.

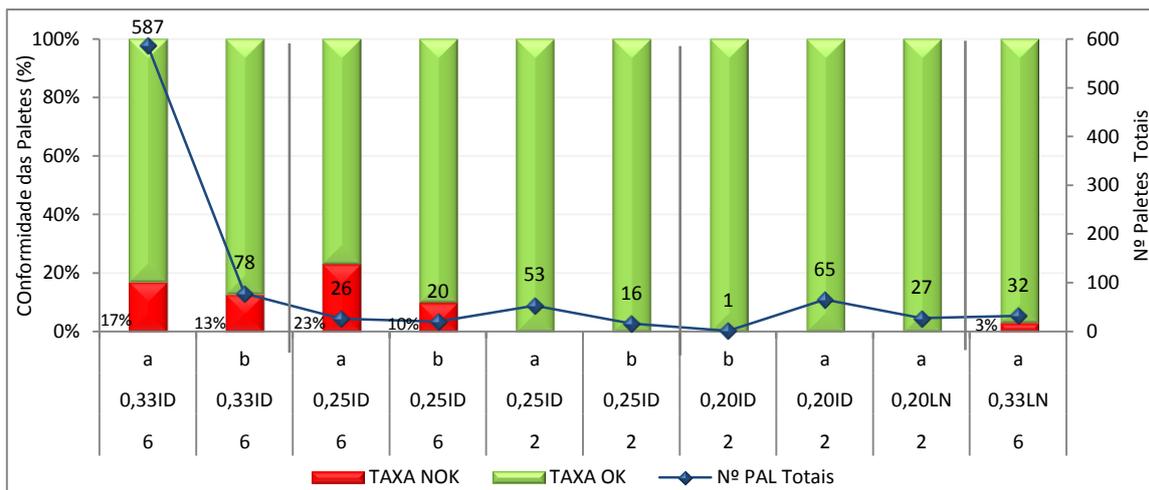


Figura 6.2. Representação gráfica do histórico de quebra.

De acordo com a análise do gráfico da Figura 6.2 é possível verificar que as quebras encontradas correspondem a paletes de produto cheio na linha 6, independentemente do fornecedor, volume e tipo de garrafas. Quando se comparam os volumes 0,25 L, verificou-se que não foram encontradas paletes com sinais de garrafas partidas provenientes da linha 2. Este pormenor indica que as diferenças dos equipamentos de paletização das linhas podem ter influência nos resultados encontrados. Recorde-se que a linha 2 tem menos equipamentos de impacto direto e as paletes seguem diretamente para o armazém sem recurso a empilhador. Estes factos incentivaram a recolha de estilhaços de vidro para análise fractográfica e ao estudo do final da linha 6 para verificar se as quebras estavam relacionadas com impactos.

6.1.2. Análise fractográfica

Tal como referido, os estilhaços de vidro recolhidos foram analisados no laboratório do fornecedor de garrafas e em laboratório externos: *Critt Matériaux Alsace* e *American Glass Research*. Os resultados encontrados após a análise das posições das quebras e do diagnóstico de fratura, por cada entidade, são descritos a seguir.

6.1.2.1. Análise fractográfica do fornecedor de garrafas

A identificação da posição das garrafas partidas enviadas, tabuleiros e respetivas matrizes estão apresentadas na Figura 6.3.

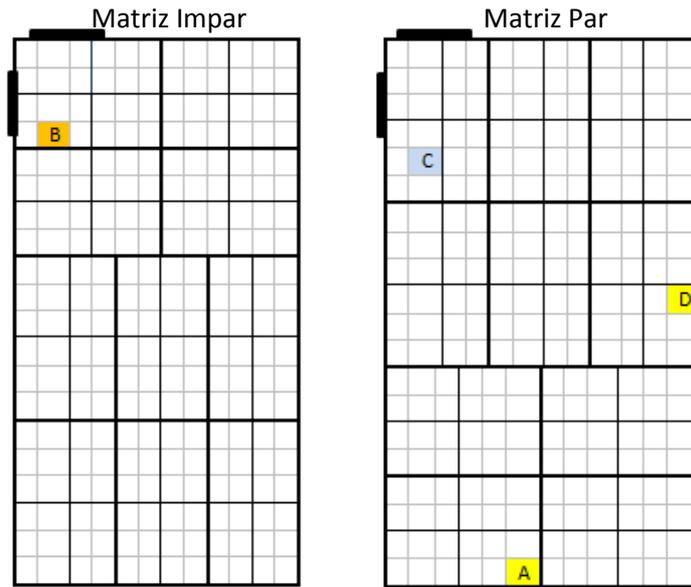


Figura 6.3. Identificação das posições de garrafas partidas nos respectivos tabuleiros e matriz. A e D - Fiada 6; B - Fiada 3; C - Fiada 2.

Pela identificação das garrafas constatou-se que as quebras ocorrem independentemente de:

- Fiada;
- Direção;
- Posição da garrafa face ao exterior da paleta.

Posteriormente, a análise de fratura permitiu identificar qual(ais) foram a(s) causa(s) para as quebras das garrafas indicadas na Figura 6.3. O diagnóstico de fratura encontra-se resumido na Tabela 6.1.

Tabela 6.1. Tabela resumo sobre o diagnóstico de fratura. (ND = Não Detetado).

Amostra				
	A	B	C	D
Molde	6	46	27	18
Espessura (mm)	Faltam fragmentos	2,2	1,8	2,2
Defeitos	ND	ND	ND	ND
Origem de quebra	Ombro	Ombro	Ombro	Ombro
Padrão de quebra	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto
Marcas de fratura	-	-	-	Cone de Hertz

Pela análise da Tabela 6.1 verificou-se que as quebras não estavam relacionadas com:

- Molde,
- Problemas de espessura, estando acima do limite especificado e,
- Defeitos de fabrico.

Concluindo-se que não ocorreu nenhuma não conformidade na produção das garrafas para estas ocorrências. As quebras tiveram origem no ombro e o padrão de quebra observado coincidiu com quebras por impacto, de elevada energia, devido à desagregação do material. Relativamente à amostra D, detetou-se um “cone de Hertz”. Esta marca é indicativa de uma quebra provocada por um objeto metálico de reduzida área na origem de fratura.

Face a este resultado, foram enviadas as mesmas amostras para o laboratório *Critt Matériaux Alsace* para uma segunda opinião.

6.1.2.2. Análise fratográfica do *Critt Matériaux Alsace*

Na tabela 6.2 estão expostos os resultados de diagnóstico de fratura das amostras analisadas previamente pelo fornecedor de vidro.

Os resultados da análise mostraram que as espessuras mínimas próximas da origem de fratura são inferiores às medidas pelo fornecedor de vidro. Isto é explicado pelo facto de os laboratórios especialistas em vidro possuírem instrumentos dotados de tecnologia de ponta e, por sua vez, obterem resultados mais precisos. Mesmo assim, estão de acordo com a especificação. O diagnóstico de fratura coincidiu com a análise realizada previamente embora tenha sido detetado uma outra amostra com marca de fratura “cone de Hertz”, indicando duas quebras por impacto com um material metálico.

Tabela 6.2. Diagnóstico de fratura do laboratório *Critt Matériaux Alsace* (ND = Não detetado).

Amostra				
	A	B	C	D
Molde	6	46	27	18
Espessura (mm)	1,2	1,5 - 1,6	1,2 - 1,5	1,4 - 1,5
Defeitos	ND	ND	ND	ND
Origem de quebra	Ombro	Ombro	Ombro	Ombro
Padrão de quebra	Impacto	Impacto	Impacto	Impacto
Marcas de fratura	Fissuras radiais	Fissuras radiais	Cone de Hertz	Cone de Hertz

6.1.2.3. Análise fraturográfica do *American Glass Research*

A posição das garrafas recolhidas nos tabuleiros, fiada e direção estão identificadas na Figura 6.4.

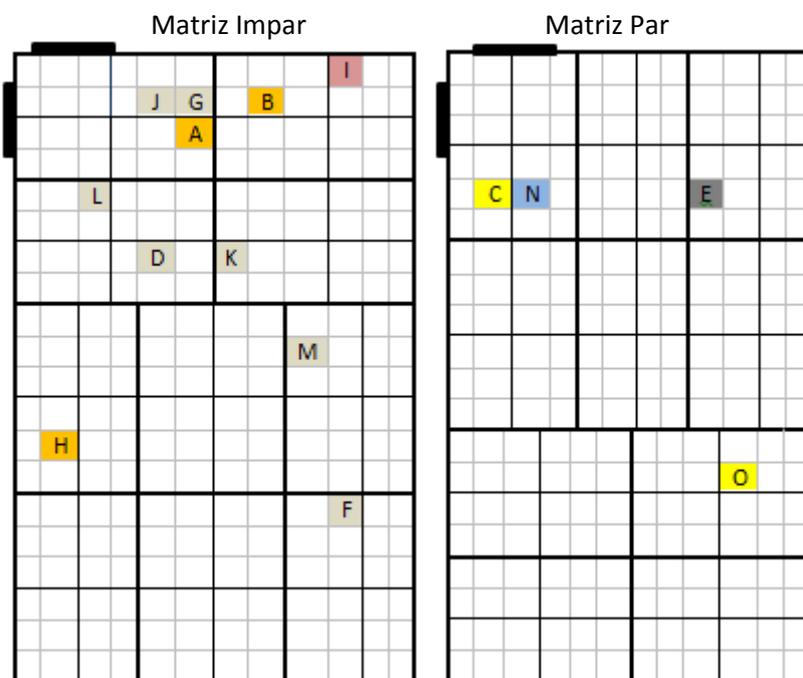


Figura 6.4. Identificação das garrafas recolhidas e enviadas para a AGR. A, B e H – Fiada 3; C e O – Fiada 6; D, F, G, J, L, L e M – Fiada 5; E – Fiada 4; I – Fiada 7, N – Fiada 2.

As amostras identificadas, recolhidas e enviadas pertenciam, maioritariamente, a quebras encontradas na fiada 5. Apesar disso, verificou-se mais uma vez que as quebras ocorreram em qualquer posição da paleta. A acompanhar a identificação das quebras foi realizado o diagnóstico de fratura, apresentado na Tabela 6.3.

Tabela 6.3. Análise fraturográfica do *American Glass Research*.

Amostra	Molde	Espessura (mm)	Origem de quebra	Padrão de quebra	Marcas de fratura	Observações
	A	54	Calcanhar	Impacto	-	-

Amostra	Molde	Espessura (mm)	Origem de quebra	Padrão de quebra	Marcas de fratura	Observações	
	B	27	1,47	Calcanhar	Impacto	-	-
	C	22	1,37	Ombro	Impacto	-	-
	D	14	1,24	Ombro	Impacto	-	-
	E	1	1,47	Ombro	Impacto	-	-
Sem Imagem	F	29	1,68	Ombro	Impacto	-	Faltam fragmentos
Sem Imagem	G	25	0,99	Ombro	Impacto	-	Faltam fragmentos
	H	46	1,63	Ombro	Impacto	Cone de Hertz	-
Sem Imagem	I	45	0,89	Ombro	Impacto	-	Faltam fragmentos
Sem Imagem	J	42	1,27	Ombro	Impacto	-	Faltam fragmentos

Amostra	Molde	Espessura (mm)	Origem de quebra	Padrão de quebra	Marcas de fratura	Observações
	K	29	Ombro	Impacto	-	Presença de contaminantes
Sem Imagem	L	2	Ombro	Impacto	-	Faltam fragmentos
Sem Imagem	M	16	Ombro	Impacto	-	Faltam fragmentos
Sem Imagem	N	51	Calcanhar	Impacto	-	Faltam fragmentos
	O	43	Ombro	Impacto	Cone de Hertz	-

A análise da tabela revelou que:

- Três amostras tiveram quebra com origem no calcanhar.
- Doze amostras tiveram quebra com origem no ombro.
- As amostras G e I tinham espessura mínima crítica próximo do ponto de quebra.
- As amostras H e O apresentavam uma marca de quebra designada por cone de Hertz, revelando quebras por impacto com um objeto duro.

O *American Glass Research* afirmou ainda que algumas quebras tiveram início devido a falhas na parede interna da garrafa, causado pelo rasgo da gota de vidro pela punção durante o processo de moldação das garrafas.

Relativamente à garrafa K, confirmou-se que a fratura se deveu a uma carga por impacto promovido pela presença de material contaminante junto à origem de quebra. A Figura 6.5 mostra fotomicrogramas dos contaminantes.

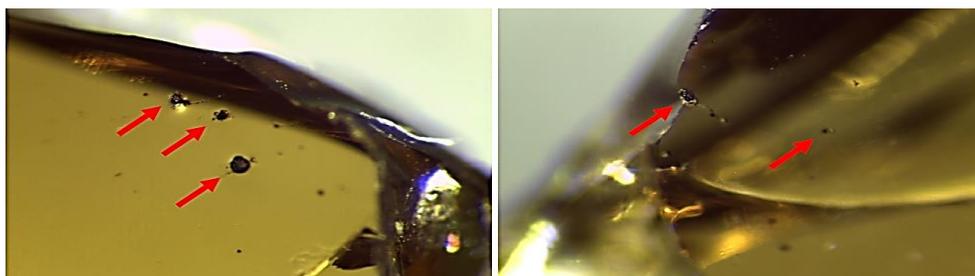


Figura 6.5. Presença de contaminantes no ponto de origem de quebra.

Após análise ao contaminante concluiu-se que se tratavam de partículas metálicas constituídas, essencialmente, por ferro libertadas pela erosão do punção.

Estas informações foram dadas a conhecer ao fornecedor que de imediato desenvolveu medidas de melhoria na manutenção de moldes.

As quebras das restantes garrafas não colocaram em dúvida a causa de quebra devido à desagregação do material, tendo sido quebras causadas por impacto.

Analisando as informações de todas as análises concluiu-se que:

- As quebras ocorrem maioritariamente no ombro, sendo também encontradas no calcanhar.
- O início de fratura ocorreu tanto no interior como no exterior da garrafa.
- As garrafas quebraram por impactos de elevada energia.
- Foram detetadas várias amostras cuja quebra está relacionada com choques entre a garrafa e equipamentos metálicos.

6.1.3. Estudo do fim da linha 6

Considerando que foram encontradas quebras provocadas por equipamentos metálicos, procedeu-se ao estudo do final da linha 6. A seguir apresentam-se as análises efetuadas aos diversos equipamentos de paletização, aos impactos que eles provocam nos tabuleiros e faz-se uma relação entre a posição dos tabuleiros nas paletes e os equipamentos que “batem” nos respetivos tabuleiros. A partir desta análise identificaram-se os potenciais causadores de quebra.

1. Virador

O virador mostrado na Figura 6.6, é o primeiro ponto crítico da paletização. Este é um dispositivo fixo utilizado para orientar os tabuleiros na matriz correspondente numa rotação de 90°. Apesar deste equipamento metálico ser revestido por uma borracha, a velocidade do tapete juntamente com o impacto causado por este provoca um choque que promove a propagação das microfissuras no vidro. O impacto ocorre entre o ombro e o calcanhar da garrafa de vidro.

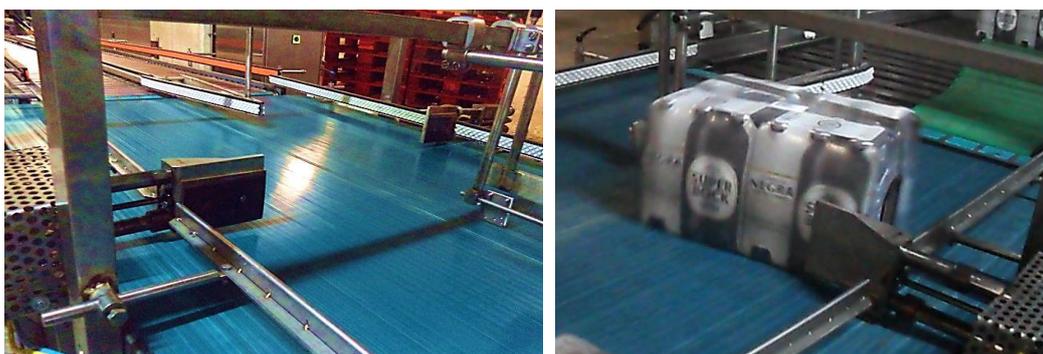


Figura 6.6. Imagem ilustrativa do virador e o momento de choque entre o virador e um tabuleiro para rotação.

2. Batente da pré-camada

Definido como o dispositivo que limita a paletizadora, tem como função interromper o percurso dos tabuleiros para a formação da matriz (Figura 6.7). Este impacto ocorre na parte inferior das garrafas de vidro.



Figura 6.7. Imagem ilustrativa do batente de pré-camada e do choque entre o tabuleiro e o batente.

3. Arrastador de pré-camada

A Figura 6.8 mostra o arrastador de pré-camada. Este dispositivo tem como função arrastar a pré-matriz para uma mesa de apoio enquanto aguarda pelos restantes tabuleiros para formar a fiada em palete. Após a chegada dos tabuleiros em falta, o arrastador volta a arrastar a matriz, desta vez para uma mesa amovível que a transporta para cima da palete.

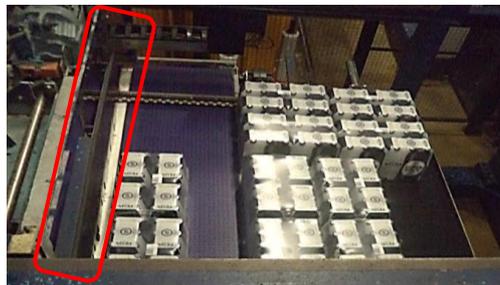


Figura 6.8. Imagem ilustrativa do arrastador de pré-camada.

4. Condutor de camada formada

Este dispositivo é idêntico ao arrastador de pré-camada com a diferença de que este empurra a matriz completa para a superfície da palete ou para cima da fiada anterior (Figura 6.9).

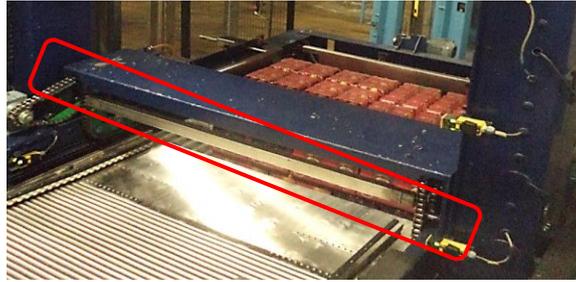


Figura 6.9. Conductor da camada formada.

5. Etiketadora

Ao contrário dos dispositivos anteriores, o equipamento etiquetadora não causa qualquer impacto na paleta (Figura 6.10). Este equipamento foi crucial para identificar quais os lados da paleta que sofrem os impactos diretos dos outros equipamentos. Assim, a etiquetadora coloca uma etiqueta no lado D800mm onde a paleta sofre impactos do virador, batente de pré-camada e empilhador e na D1200mm onde sofre choques pelo virador, arrastador da pré-camada e condutor da camada formada.



Figura 6.10. Imagens ilustrativas do sentido da paleta para a etiquetadora e a posição das paletes antes do levantamento com empilhador.

Através destes diferenças e da posição dos tabuleiros com incidências de garrafas partidas em paleta foi possível identificar quais os potenciais causadores de quebra de garrafas.

6. Empilhador

Para transportar as paletes provenientes da linha 6 até o elevador para o armazém automático é necessário a utilização de empilhadores. Este meio de transporte levanta as paletes na D800mm com etiqueta e ajusta-as para as conseguir transportar de modo a ter visibilidade.

Este é também um ponto a ter em consideração uma vez que há impactos entre os garfos do empilhador e as primeiras 6 fiadas que podem ser mais ou menos fortes consoante a sensibilidade do condutor do veículo (Figura 6.11).



Figura 6.11. Imagem ilustrativa do empilhador a segurar a carga.

➤ **Os impactos**

A Figura 6.12 indica quais os equipamentos de contacto que chocam diretamente com os tabuleiros. É de referir que, há exceção do virador, todos os restantes equipamentos têm um efeito vibracional por toda a matriz e, por isso, podem acontecer quebras em tabuleiros que não sofrem impactos diretos.

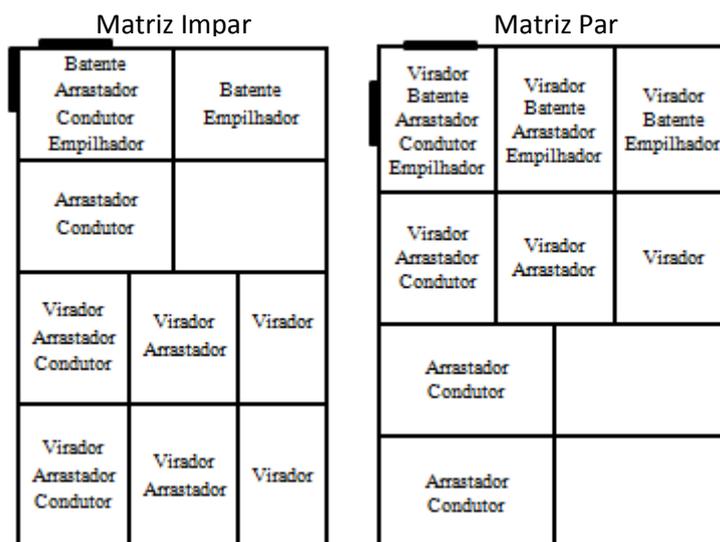


Figura 6.12. Imagem esquemática da relação entre os equipamentos de contacto e os tabuleiros que sofrem os impactos diretos.

➤ **Potenciais causadores de quebra**

Para identificação dos potenciais equipamentos de contacto que provocassem as quebras, foram registadas as posições dos tabuleiros partidos obtidos a partir do histórico de quebra e, relacionou-se as suas posições com os equipamentos de contacto, de acordo com a Figura 6.12. De seguida somou-se o número de tabuleiros partidos de acordo com o(s) respetivo(s) equipamento(s) de contacto, revelando-se os potenciais causadores de quebra.

A Figura 6.13 mostra o número de tabuleiros com sinais de garrafa partida nas suas posições exatas. Deve-se ter em conta que algumas paletes apresentavam mais de um tabuleiro com

garrafa partida e daí o número de quebras por tabuleiro ser superior ao número de paletes com garrafa partida.

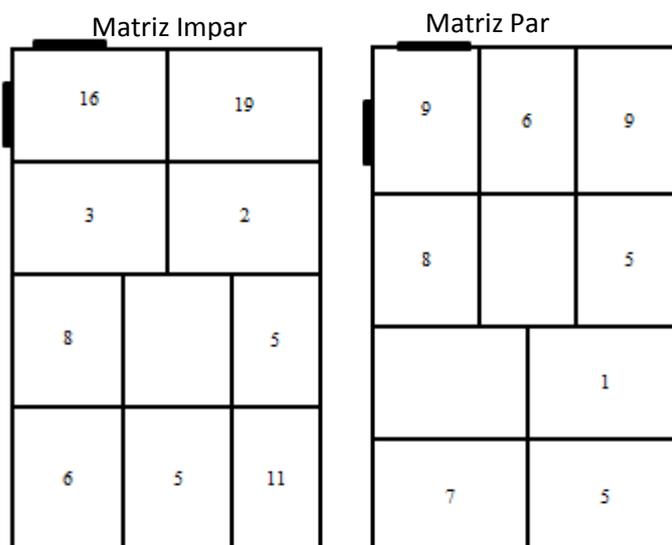


Figura 6.13. Imagem esquemática da posição dos tabuleiros partidos nas paletes vistas no histórico de quebras.

A relação entre o equipamento de contacto e o número de quebras influenciadas pelo mesmo estão apresentadas na Tabela 6.4.

Tabela 6.4. Classificação dos potenciais causadores de quebra

Equipamento de contacto	Virador	Batente de pré-camada	Arrastador de pré-camada	Condutor da camada formada	Empilhador
Incidências /Tabuleiro	72	59	68	57	59
Classificação	1°	3°	2°	4°	3°

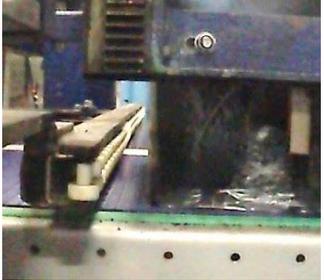
Assim, assumiu-se que o(s) maior(s) causador(s) pelas quebras foram o virador, seguindo-se o arrastador. Os outros equipamentos que influenciavam a conformidade do produto eram o batente de pré-camada e o empilhador, com o mesmo número de quebras e, por último o condutor da camada formada.

Com base nestes dados, procedeu-se às seguintes ações de melhoria:

- Substituição do virador por equipamento de não contacto;
- Paragem do tapete automático antes dos tabuleiros chocarem no batente de pré-camada e,
- Colocação de protetores no arrastador de pré-camada.

Na Tabela 6.5 são mostradas as imagens destes equipamentos antes e após as alterações.

Tabela 6.5. Equipamentos antes e após as alterações na linha 6.

Equipamento	Antes das alterações	Após as alterações
Virador		
Batente de pré-camada		
Arrastador de pré-camada		

Para além destas ações de melhoria também se procedeu à colocação de tabuleiros exclusivamente em referências de exportação. Assim, ao 6 *pack shrink* adicionou-se um tabuleiro branco como a Figura 6.14 expõe. Esta alteração foi realizada apenas para estas referências devido ao grau de exigência dos clientes.



Figura 6.14. Paletes de Super Bock Negra Sin Alcohol 0,33L. A - Antes da alteração. B - Após a alteração.

Após implementação das ações, iniciou-se um novo diagnóstico para verificação de melhoria. Este resultado é apresentado no subcapítulo 6.1.10 uma vez que, se trata do 3º módulo do Ciclo PDCA - *Verificar*.

6.1.4. Análise das características do produto

Por motivos confidenciais, apenas poderá ser referido que todas as características analisadas estavam de acordo com as especificações do processo de enchimento e produto.

6.1.5. Ensaio “Prova de Quebra”

Os ensaios prova de quebra foram realizados antes das alterações na linha com exceção da ação “Colocação de intercalares” que foi realizada após as alterações.

Conforme o que foi definido no Capítulo 5, os resultados para cada ação e ensaio são apresentados na Tabela 6.6.

➤ **Ação: Prova de quebra na linha 6 e em armazém automático**

- Prova de quebra em linha e armazém

Não foram encontrados tabuleiros partidos provenientes da “embaladora + plastificadora” nem após a paletização. Quando inspecionadas em armazém, detetou-se que 8% da carga continha paletes com garrafa partida.

A Figura 6.15 mostra a posição de uma garrafa na paleta e sua reconstrução para diagnóstico de fratura. Esta quebra ocorreu na fiada 6, num tabuleiro que não sofreu impactos diretos pelos equipamentos. Os resultados do diagnóstico de fratura revelaram que a quebra se deu por um impacto de elevada energia na zona do ombro, não tendo sido encontrados problemas de espessura ou defeitos de fabrico. Como os tabuleiros partidos foram detetados em armazém automático, as quebras podem ter sido provocadas pelo empilhador.

A segunda quebra foi encontrada na fiada 1, num tabuleiro que sofreu impacto pelo virador. A imagem esquemática da sua posição no tabuleiro e paleta, assim como a análise fractográfica está exposta na Figura 6.16. Os resultados indicam que a quebra foi provocada por um impacto com origem no calcanhar, não tendo sido provocados por qualquer anomalia proveniente da garrafa. Uma vez que não houve evidências de quebra durante as inspeções em linha, sabe-se que o virador não foi o causador do problema.

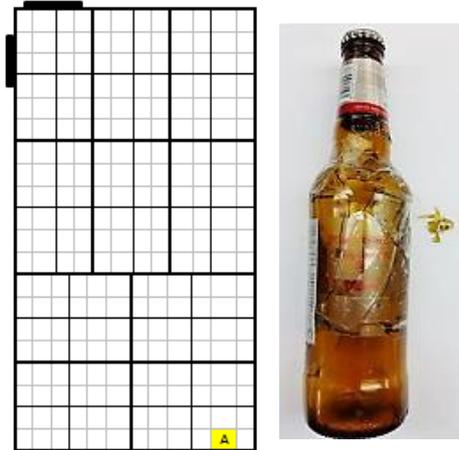


Figura 6.15. Posição da garrafa partida no tabuleiro e palete e reconstrução da respetiva garrafa na análise fratográfica. A – Fiada 6.



Figura 6.16. Posição da garrafa partida no tabuleiro e palete e reconstrução da respetiva garrafa na análise fratográfica. B – Fiada 1.

- **Teste comparativo quanto ao vidro por fábrica**

Não foram observadas quebras nas inspeções antes do virador e após a paletizadora. No entanto, verificaram-se quebras em armazém. Estas quebras foram idênticas às encontradas no ensaio anterior com origens de quebra no ombro e calcanhar. Mais uma vez não foram detetadas problemas no fabrico do vidro e moldação das garrafas. O ensaio provou que as quebras são independentes da fábrica do fornecedor.

- **Ação: Prova de quebra por empilhador**

Nesta ação não se procedeu ao desfardamento das paletes quer antes quer após a paletização uma vez que, não foi detetada nenhuma quebra no interior das paletes durante os ensaios das

ações anteriores. Contudo, detetou-se 2% de quebras após o transporte com empilhador. Apesar desta incidência, a percentagem de quebras face à amostragem e aos resultados anteriores é insuficiente para se confirmar que o causador das quebras foi o empilhador. A principal dificuldade encontrada neste procedimento foi o conhecimento da nossa presença por parte do condutor, podendo ter influenciado o seu comportamento.

➤ **Ação: Colocação de intercalares**

Este ensaio decorreu após as alterações na linha 6. Aqui, não foi verificada a existência de quebras após a paletização. No entanto, foram encontradas quebras nas fiadas 2, 6 e 7. Este estudo permitiu comprovar que a colocação de intercalares não melhora o número de incidências.

Tabela 6.6. Resultados obtidos nos diversos ensaios realizados para cada ação.

Ação	Ensaio	Linha de enchimento		Amostragem			Fábrica de Fornecedor		Resultados de quebra (% Palete NOK)			
		L6	L2	Paletes	Tabuleiros	Garrafas	A	B	Antes do virador	Após paletizadora	Armazém Automatico	Quebras nos tabuleiros interiores
Prova de Quebra na Linha 6 e em Armazém Automático	Prova de quebra em linha e armazém	X		24	1680	40320		X	0%	0%	8%	Não
	Teste comparativo quanto à qualidade do vidro por fábrica			36	2520	60480	X		0%	0%	8%	Não
Prova de Quebra por empilhador	-			54	3780	90720		X	-	ND	2%	ND
Colocação de intercalares	Após alterações na linha 6			51	3570	85680		X	-	-	6%	ND
Enchimento na linha 2	-		X	55	3850	92400		X	-	ND	4%	ND

➤ **Ação: Enchimento na linha 2**

O enchimento na linha 2 foi realizado para eliminar a intervenção do empilhador e a linha 6. Aqui, foi realizada uma inspeção visual aos tabuleiros exteriores de todas as direções da palete já filmada, não tendo sido detetado qualquer quebra ao contrário do detetado em armazém. As suas localizações encontram-se na Figura 6.17.

As amostras identificadas, recolhidas e enviadas para análise pertenciam a quebras da fiada 7 e 3. A acompanhar a posição das garrafas foi realizado o diagnóstico de fratura, apresentado na Tabela 6.7.

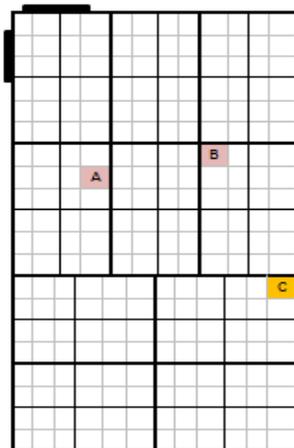


Figura 6.17. Imagem esquemática da posição das garrafas nos tabuleiros e matriz. A e B - Fiada 7.

Tabela 6.7. Tabela resumo com os resultados do diagnóstico de fratura.

Amostras			
	A	B	C
Molde	43	46	70
Espessura (mm)	1,7	0,4 - 0,5	1,5
Defeitos	ND	ND	Dano superficial
Origem de quebra	Ombro	Calcanhar	Ombro
Padrão de quebra	Impacto	Impacto	Esforços conjugados: movimentação + pressão interna
Marcas de fratura			Espelho de fratura

Das amostras analisadas, apenas a amostra A foi uma quebra por impacto pois, a espessura está acima do limite especificado e não foram encontrados defeitos de fabricação do vidro. As amostras B e C resultaram da espessura muito baixa e de defeitos à superfície, respectivamente. Por estes motivos, não podem ser consideradas quebras provocadas por impactos na linha. Nestes diagnósticos, deparou-se com quebras com duplas origens provenientes de sensações de “apertos” nas garrafas provocados, possivelmente, pelos centradores de palete. O espelho de fratura encontrado na amostra C indicou exatamente a origem de quebra.

6.1.6. Estudo das propriedades mecânicas do vidro

No sentido de perceber se haveria discrepâncias entre espessuras e diâmetros nos locais mais críticos da garrafa (ombro e calcanhar) e quanto a resistência ao impacto e pressão interna, procedeu-se ao estudo de garrafas dos fornecedores de garrafas 0,33L modelo Super Bock. Os valores exatos foram ocultados por questões de confidencialidade, podendo ser apenas referido que os resultados mostraram variações não significativas na espessura e diâmetros no ombro e calcanhar. Relativamente à resistência ao impacto o valor mais baixo encontrado ronda os 140 cm/s. Este valor é considerado aceitável por parte do padrão dos vidreiros. A pressão interna encontra-se dentro da especificação.

6.1.7. Estudo do desenho da garrafa

A análise do desenho da garrafa 0,33L do modelo Super Bock foi da responsabilidade do fornecedor de vidro que o enviou para o *American Glass Research*. A análise foi realizada com modelos teóricos, assumindo que a espessura do vidro é identificada em todos os pontos. Na avaliação foram analisados os seguintes parâmetros:

- Distribuição de espessuras;
- Pressão interna
- Carga Vertical
- Impacto no ombro
- Impacto no calcanhar

Da análise concluiu-se que, de acordo com o peso e a distribuição de espessuras, as garrafas são consideradas aceitáveis, ou seja, não se esperam problemas com os valores encontrados.

O modelo da garrafa também resiste à pressão interna e carga vertical especificada.

Esta análise técnica confirmou que o fator limitante para a ocorrência de quebras encontra-se teoricamente no ombro. Como na realidade as espessuras não são equivalentes, prevê-se que a espessura no ombro seja um fator limitante na linha de enchimento, contribuindo para o número de quebras.

6.1.8. Enchimento com garrafas de espessura controlada

Até à data final do estágio não foi possível obter os resultados para esta ação.

6.1.9. Avaliação dos materiais de embalagem

A avaliação dos materiais de embalagens decorreu após as alterações na linha 6. A seguir apresentam-se os resultados obtidos para as duas análises realizadas.

6.1.9.1. Análise dos riscos mecânicos

O gráfico da Figura 6.18 mostra os resultados significativos encontrados na monitorização durante os dois dias de análise nas instalações da Unicer após as alterações na linha 6.

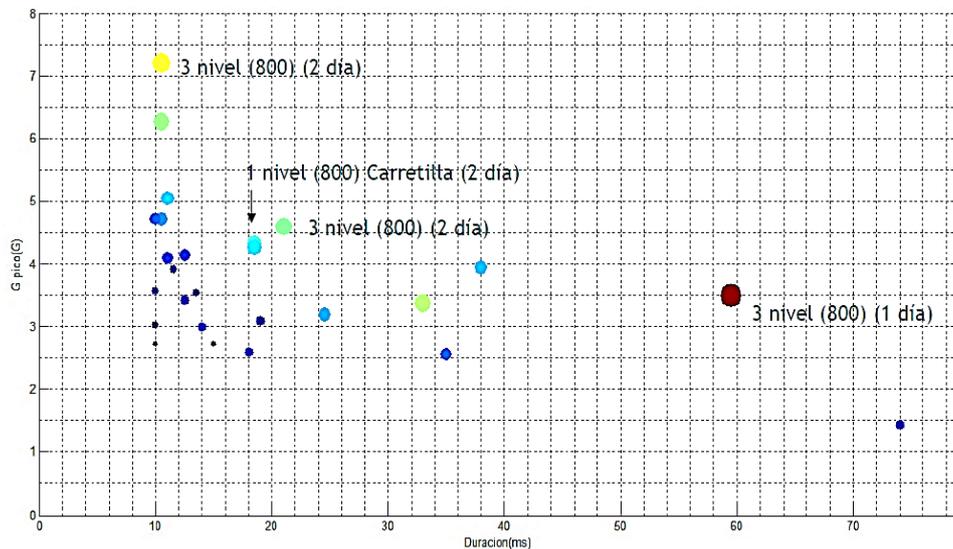


Figura 6.18. Representação gráfica dos resultados obtidos na monitorização dos riscos mecânicos. Legenda: x nível corresponde à fiada; 800 indica a direção do choque e x dia corresponde ao dia de ensaio. Quanto maior a dimensão dos círculos mais forte foi o impacto.

As considerações para os choques axiais significativos foram as seguintes:

- Baixa duração e elevada aceleração;
- Elevada duração e média aceleração e,
- Média duração e aceleração.

Com base na análise do gráfico verificou-se que os choques axiais mais acentuados dão-se na fiada 3 na direção dos 800mm provavelmente detetados pelo sensor “*Dummy*” ter estado posicionado de forma a receber choques pelo arrastador da pré-camada e condutor de camada formada. Também foi verificado um choque de média magnitude e duração devido ao transporte com empilhador. Este dado ocorreu na fiada 1, D800mm – posição de transporte.

Desta forma, verificou-se que os impactos mais severos se localizavam na paletizadora porém, durante os ensaios de prova de quebra nunca se encontraram quebras neste local mas sim em armazém automático. Este facto revelou que os impactos na paletizadora não são significativos e que as quebras ocorrem ocasionalmente. A avaliação também revelou que as condições da linha de enchimento não são particularmente exigentes.

6.1.9.2. Avaliação da fragilidade do sistema

A Tabela 6.8 mostra os resultados obtidos na simulação de transporte de paletes a diferentes velocidades aplicadas.

Tabela 6.8. Resultados obtidos na simulação de transporte.

Velocidade	0,5 m/s			0,7 m/s			0,8 m/s			0,9 m/s		
Incidências	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	1	OK	2	2

As quebras ocorreram à velocidade limite de 0,8 m/s e à velocidade crítica de 0,9 m/s, ou seja, à velocidade a que se começam a encontrar este tipo de incidências. A posição da quebra relativamente à direção da força exercida na velocidade 0,8 m/s está apresentada na Figura 6.19.

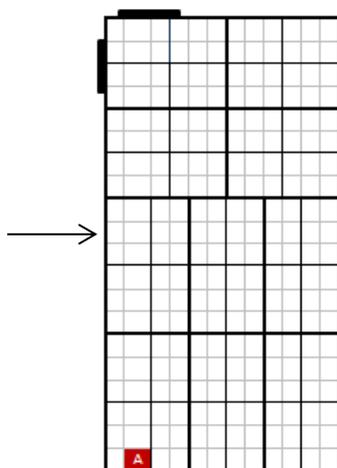


Figura 6.19. Quebra de garrafa na D800mm sem etiqueta com impacto na D1200mm com etiqueta a velocidade 0,8 m/s. A – Fiada 1.

Nesta quebra a direção da força exercida não está alinhada com a posição da garrafa. Desta forma, comprovou-se que não existe relação entre a posição da garrafa e a direção da força, podendo partir em qualquer posição da matriz ou palete.

As quebras à velocidade de 0,9 m/s são mostradas na Figura 6.20. As fiadas onde ocorreram quebras estão indicadas no quadradinho correspondente à posição da garrafa partida na zona do ombro.

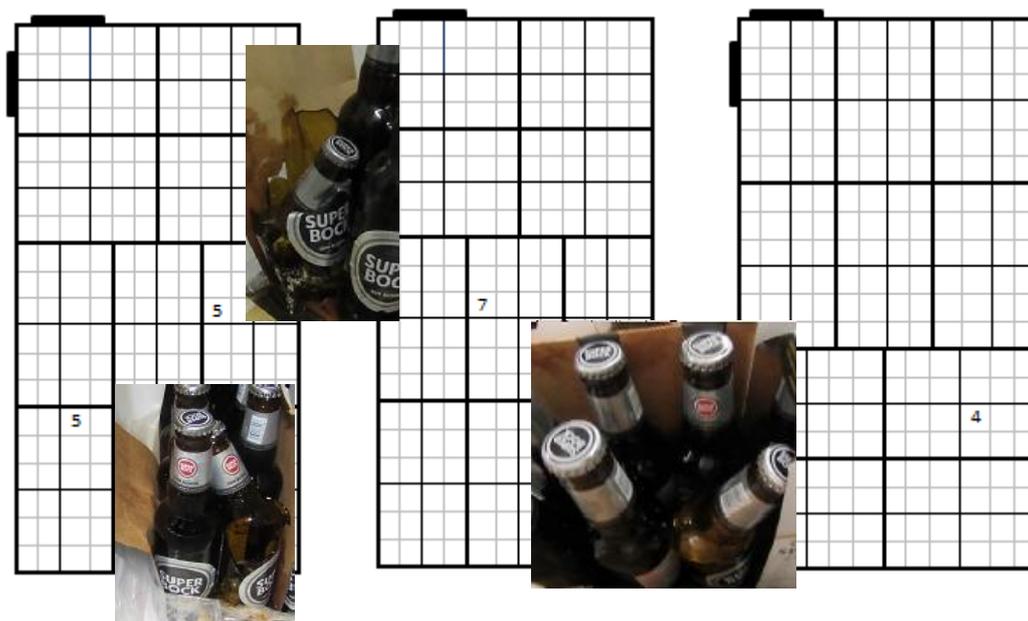


Figura 6.20. Posição e imagens das garrafas partidas na matriz correspondente.

Uma vez que, as quebras ocorreram a valores de velocidade elevados é de esperar que não ocorram quebras em linha mas sim num outro momento onde esta velocidade seja atingida, por inércia.

6.1.10. Novo Diagnóstico

O novo diagnóstico foi realizado para verificar as melhorias decorrentes das alterações na linha 6 como referido no ponto 6.1.3. Por ser considerada a etapa *Verificar* do ciclo PDCA, foi necessário colocar esta ação no final de todas as ações realizadas.

Os resultados das incidências na linha 6 antes e após as alterações estão disponíveis nos gráficos da Figura 6.20 onde:

- Os fornecedores estão indicados como a, b e c devido à confidencialidade;
- O tipo da garrafa de vidro está identificada como ID - Super Bock e LN corresponde à garrafa Cristal e,
- A linha de enchimento identificada pelo algarismo 6.

É importante referir que todos os gráficos são relativos a paletes vistas e não ao número de tabuleiros.

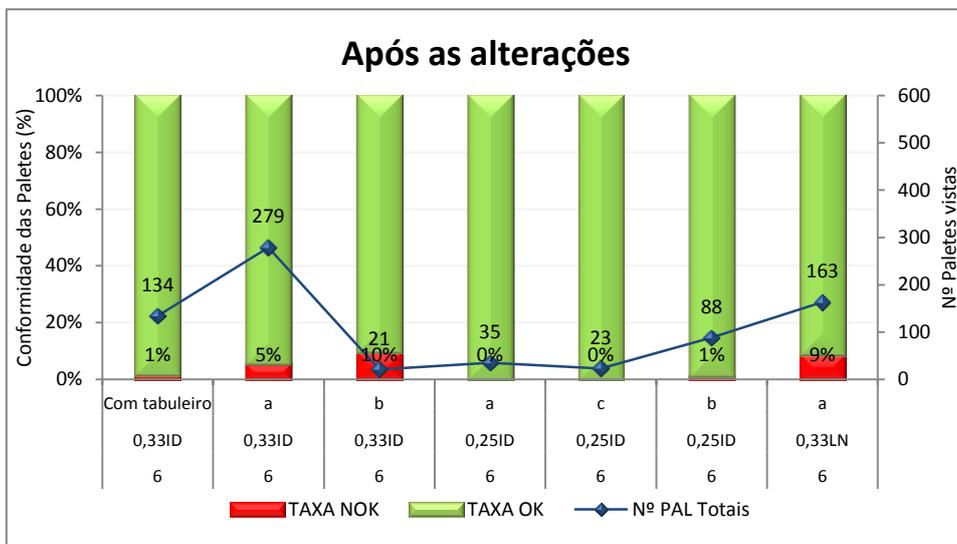
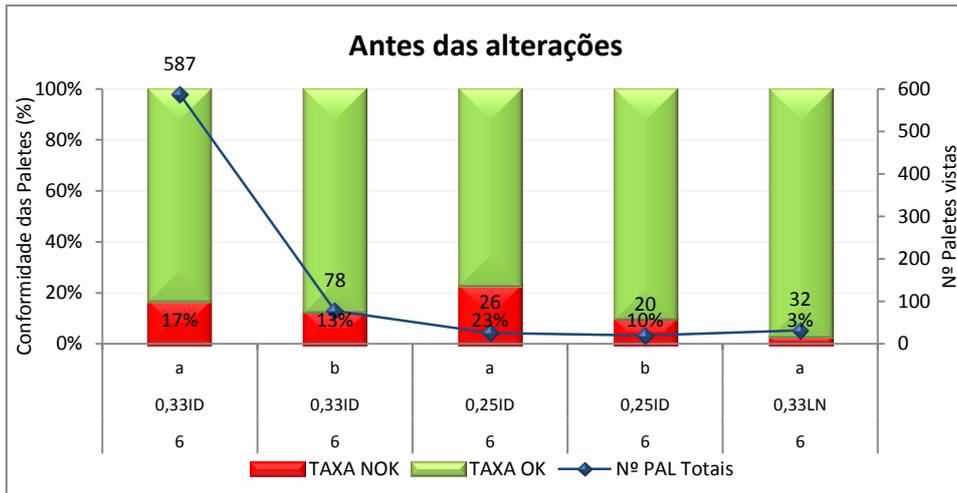


Figura 6.21. Representação gráfica dos resultados antes e após as alterações na linha 6.

Os gráficos revelaram que a percentagem de incidências de quebra diminuiu em todos os volumes e tipos de garrafas. A inclusão de tabuleiro também teve uma contribuição positiva. A apreciação global encontra-se no gráfico da Figura 6.22.

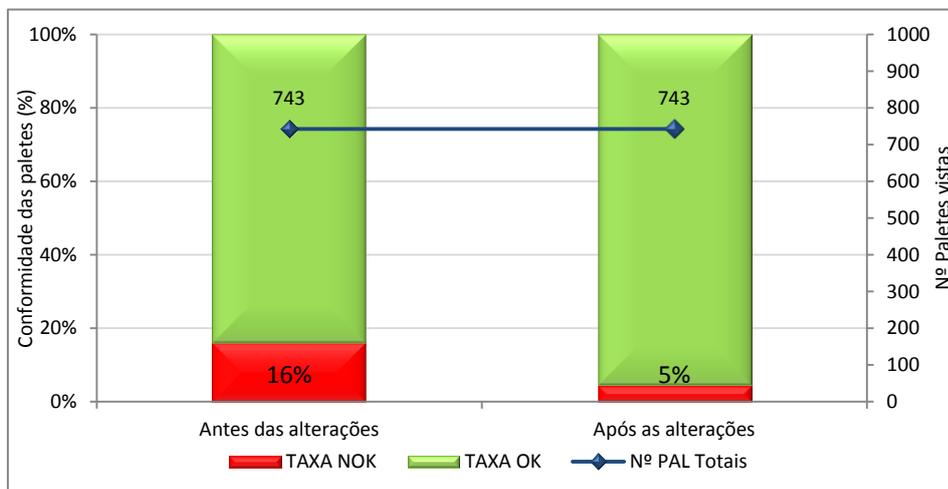


Figura 6.22. Representação gráfica da apreciação final após as alterações na linha 6.

Como resultado final, as alterações no final da linha 6 e a inclusão de tabuleiro reduziram o número de incidências por quebra de 16% para 5% de palete de produto acabado. Assim, as ações de melhoria conseguiram reduzir significativamente a propagação de microfissuras e, conseqüentemente, a quebra de garrafas em algum ponto posterior aos equipamentos de paletização. Concluiu-se assim que o objetivo foi alcançado.

6.2. Otimização da Estabilidade da Paletização

A seguir são divulgados os passos realizados para a elaboração do Manual de Controlo de Qualidade e do relatório do teste de estabilidade. Faz-se também uma breve descrição da resolução do problema proposto para diminuição do número de rejeições da referência de ½ palete, aplicando o método desenvolvido.

6.2.1. Manual de Controlo da Qualidade

Neste ponto é descrito:

- Elaboração do procedimento, critérios de avaliação e a análise dos resultados e,
- Elaboração do relatório de teste de estabilidade de acordo com a norma ISO2247.

Devido à extensão do Manual de Controlo de Qualidade, este é apresentado no Anexo 2.

6.2.1.1. Elaboração do procedimento

Para a elaboração do procedimento para a utilização do equipamento de vibração mecânica procedeu-se ao estudo da norma ISO2247. Esta norma especifica dois tipos de métodos a utilizar para testes de vibração em unidades de carga completas a partir de frequências baixas. Os testes devem ser usados para avaliar o comportamento de paletes completas, testando a força e proteção que oferecem às unidades de venda.

No método, a norma foi utilizada para investigar os efeitos da vibração a baixa frequência na estabilidade de paletes completas.

A elaboração do procedimento teve início com a pesquisa e desenvolvimento das condições de ensaio. De acordo com as especificações do equipamento, selecionou-se o método mais adequado à sua utilização, indicando os desvios ao mesmo. A seguir faz-se uma breve descrição de cada método e as justificações da sua (não) aplicação.

- **Método A** – Este método sugere a aplicação de uma amplitude de vibração entre 0,5 g e 1,0 g com um deslocamento de acordo com dados tabelados.

Pelo facto de o equipamento não possuir capacidade de deslocamento de paletes, este método não foi seguido.

- **Método B** –Neste, seleciona-se uma amplitude de vibração com início em 2 Hz e com baixos incrementos, aumenta-se a amplitude até a palete chocar repetitivamente da mesa de vibração a uma determinada altura. Foi o método selecionado.

Uma vez que, o equipamento tem um movimento padrão de 2,3 Hz e não tem capacidade de medição, procedeu-se ao desvio do método, ou seja, os testes tiveram início com 2,3 Hz e as alturas dos choques verticais não foram medidas.

Selecionado o método de ensaio, procedeu-se à leitura do Guia Prático Europeu para a Segurança da Carga durante o Transporte Rodoviário. Este guia indica as acelerações a que as paletes estão sujeitas durante o transporte rodoviário, estando compreendidas entre 0,5 g e 0,8 g. Desta forma e relacionando a norma com o guia, selecionou-se a amplitude de vibração entre 0,23 Hz e 3,95 Hz (0,27 g e 0,8 g). Caso as paletes não “saltassem” nestas gama de vibrações, procedia-se a um ajustamento da vibração máxima. Os incrementos propostos foram de 0,12 Hz/s. O tempo de teste selecionado foi de 30 minutos para simulação de viagens longas e sujeitas a estradas perigosas. Desta forma, o método tornou-se extremamente exigente para que, caso a palete aguenta-se estas condições, aguentaria as condições de estrada. Após selecionadas as condições de ensaio, procedeu-se à definição das condições de término do teste.

De seguida, procedeu-se à elaboração do procedimento em máquina. Para tal, explorou-se os comandos do controlo remoto da máquina para definição do tempo de teste, da frequência de vibração inicial, programação da amplitude de vibração e definição de incrementos (Anexo 2).

6.2.1.2. Elaboração dos critérios de avaliação e análise dos resultados

O modo de avaliação da estabilidade da paletização é realizado, recorrendo à análise dos critérios de avaliação. Estes critérios foram desenvolvidos de acordo com as informações encontradas na literatura, a análise do método existente e os ensaios práticos para desenvolvimento do método atual. Os critérios são realizados a paletes retiradas da linha de enchimento e dividem-se em análises, recorrendo a instrumentos de medição, visuais e ao cumprimento do parâmetro de estabilidade. Cada análise é constituída por um ou mais parâmetros com vários fatores determinantes que têm influencia direta na estabilidade da paletização e, por isso, devem ser analisados minuciosamente. Cada fator determinante possui uma avaliação entre 1 (Não OK - NOK) e 5 (OK) de acordo com o resultado obtido.

Por forma a uniformizar o modo de avaliação, foram definidos procedimentos e métodos visuais de análise para cada fator determinante.

6.2.2. Elaboração do Relatório

Após concluído o Manual de Controlo da Qualidade, procedeu-se à elaboração de um modelo de relatório de acordo com o indicado na Norma ISO2247. Assim, o relatório incluiu:

- A referência à norma;
- Nome e morada do local de teste;
- Nome e morada do cliente;
- A identificação do relatório;
- A data de receção das paletes e a data de realização do teste;
- O nome, formação e assinatura do responsável pelo teste;
- A identificação completa da amostra
- Uma citação referindo que os resultados obtidos apenas estão relacionados com as amostras testadas;
- Uma citação que reporte que o ensaio não pode ser reproduzido se não autorizado pelo responsável;
- O número de amostras testadas;
- Uma descrição minuciosa das amostras, incluindo as dimensões, especificação do material de embalagem, número de voltas de filme estirável, existência de intercalares, a matriz, número de fiadas, de embalagens secundárias e o peso destas e da palete;
- Condições de humidade relativa e temperatura antes e durante o teste e o tempo de espera até a realização do mesmo;
- Indicação do método utilizado, amplitude de vibração, incrementos, duração do teste e tipo de movimento da mesa de vibração e possíveis desvios ao método e,
- Resultados obtidos, incluindo qualquer observação importante para a correta interpretação dos resultados.

O relatório do teste pode ser visto em Anexo 3.

6.2.3. Alteração da matriz de paletização – Resolução do problema proposto

Para a resolução do problema proposto para validação do método procedeu-se à análise das matrizes original e propostas.

Para analisar cada matriz foram utilizadas duas ½ paletes que foram colocadas na máquina na D800mm – a forma como são colocadas no camião.

A seguir é mostrado um exemplo de medição para a centragem e inclinação aplicado a todas as amostras. Posteriormente são revelados e discutidos os resultados obtidos para todas as amostras analisadas.

➤ **Exemplo de avaliação da centragem e inclinação**

- Avaliação da matriz original

As Figuras 6.23 – A, B, C e D ilustram a matriz original 1 antes e depois do teste de estabilidade nas duas direções, respetivamente.

Pela visualização das imagens encontra-se facilmente qual a ½ palete após o teste pois, é identificada pela inclinação na D600mm. De forma a obter os dados sobre a centragem e inclinação da palete, procedeu-se à sua medição. Os resultados estão expressos na Figura 6.24.



Figura 6.23. Imagens ilustrativas da matriz original 1 antes e depois do teste de estabilidade. A – D800mm antes do teste. B – D600mm antes do teste. C – D800mm depois do teste. D – D600mm depois do teste.

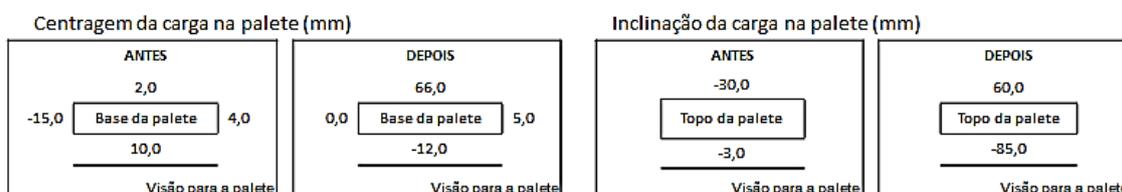


Figura 6.24. Resultados da centragem e inclinação da matriz original antes e depois do teste de estabilidade, em mm.

A Figura 6.23 mostra que a centragem da palete antes do teste estava ligeiramente orientada para o exterior do estrado. Já o topo da palete revelou uma inclinação para o interior. Após o teste verificou-se um movimento acentuado na base da palete, com uma distância de 66,0 mm do estrado. A inclinação também sofreu uma variação violenta, estando 60,0 mm não vertical face ao estrado de madeira.

Com os valores de inclinação antes (-30,0 mm) e após (60,0 mm), devido ao sentido do movimento, e com a altura da palete foi possível determinar o grau de inclinação, tendo sido de -1,3° e 2,6° respetivamente. Com este resultado foi possível classificar estes fatores determinantes.

Para a avaliação visual foi utilizada a lista de defeitos.

➤ **Resultados globais da análise de todas as matrizes**

A tabela 6.12 mostra os resultados obtidos antes e após o teste para cada matriz testada.

De acordo com os resultados obtidos verificou-se que:

- A verticalidade e centragem foram os parâmetros que mais variaram nos resultados.
- A matriz original apresenta o resultado mais baixo após o teste.
- As novas matrizes de teste têm classificações semelhantes, sendo a matriz coluna com intercalares a melhor.

Face aos resultados obtidos, fez-se um balanço sobre a viabilidade da paletização da matriz em coluna e cruzada onde se concluiu que a matriz coluna sem intercalar é que apresenta menores probabilidades de descentramento pois, a matriz cruzada contém embalagens secundárias que saem do limite da palete tal como acontece com a matriz original.

De acordo com estas afirmações concluiu-se que a melhor matriz para substituir a matriz original foi a matriz coluna sem intercalares.

Até a data de fim de estágio não houve enchimento desta referência pelo que, não foi possível validar o método.

Tabela 6.9. Resultados obtidos.

Parâmetros	Fatores Determinantes	Avaliação					Matriz Original 1		Matriz Original 2		Matriz Coluna s/ intercalar 1		Matriz coluna s/ intercalar 2		Matriz cruzada 1		Matriz cruzada 2		Matriz coluna c/ intercalar 1		Matriz coluna c/ intercalar 2	
		1	2	3	4	5	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Verticalidade	Inclinação da carga (em graus)	≥ 5	4	3	2	≤1	5	3,6	5	2,2	5	2,5	5	2,5	5	2,5	5	4,9	5	5	5	3
	A inclinação ultrapassa o limite da palete (mm)	≥40	30	20	10	0	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	2,5	5	3	5	1
Centragem	Parte interior da palete (mm)	≥40	30	20	10	0	3,5	3,8	4,7	2	2	1	1,2	1,5	5	2	5	1	2	2	2	2,2
	Parte exterior da palete (mm)	≥ 20	15	10	5	0	4,2	1	1	1	1	1	3	1	3	1	3	2,3	1,2	1	2,6	1
Espaçamento entre UV's	Cumprimento do mosaico	NOK		Satisfatório		OK	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Integridade das embalagens	Primária	NOK		Satisfatório		OK	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Secundária	NOK		Satisfatório		OK	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Terciária (estado do estrado)	NOK		Satisfatório		OK	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Terciária (defeitos no filme)	NOK		Satisfatório		OK	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Envolvimento	Número de voltas (topo da palete)	NOK		Satisfatório		OK	5		5		5		5		5		5		5		5	
	Número de voltas (meio da palete - sobreposição adequada do filme)	NOK		Satisfatório		OK	1	1	5		5		5		5		5		5		5	
	Número de voltas (base da palete)	NOK		Satisfatório		OK	5		5		5		5		5		5		5		5	
	Fixação do filme à parte superior do estrado	NOK		Satisfatório		OK	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Teste de vibração	Resistencia da carga a frequencias entre 2,3 e 3,95 Hz durante 30min. A avaliação é quanto ao tempo de resistencia em minutos	10	15	20	25	30	5		5		5		5		5		1		1		5	
TOTAL							63,7	55,4	61,7	52,2	63	55,5	64,2	56	68	56,5	64	55,7	59,2	57	64,6	57,2

7. Conclusões e Trabalhos Futuros

Tendo como objetivos do projeto a redução ou eliminação da quebra de garrafas de vidro em palete de produto acabado e a implementação do método de estabilidade da paletização, pode-se afirmar que os mesmos foram conseguidos, como é possível verificar nos pontos 6.1.10 e 6.2.3. do presente relatório. As principais adversidades encontradas durante os trabalhos deveram-se às novas aprendizagens sobre o fabrico de embalagens alimentares, a análise fratográfica e ao estudo profundo sobre as condicionantes da paletização. Na prática, o reflexo no filme estirável e alguns *packs* mais escuros dificultaram a visualização clara de possíveis quebras. Para além disso, foi sentida alguma resistência por parte de alguns colaboradores para conseguir desenvolver algumas ações.

A análise de causas de quebra de garrafas de vidro mostrou-se um tema desafiante face a todas as variáveis que influenciam o comportamento da garrafa. A constituição de uma equipa multidisciplinar foi essencial para a resolução do tema e todas as atividades realizadas foram fundamentais para a construção de um caminho a explorar para a resolução do mesmo.

O histórico de quebra revelou que as quebras são independentes de:

- Volume;
- Tipo de garrafa;
- Fornecedor de vidro e,
- Linha.

Com auxílio da análise fratográfica constatou-se que as quebras ocorrem devido a:

- Impactos na zona do ombro e calcanhar;
- Fissuras na parede externa ou interna;

O facto de as quebras se darem por impactos incentivou ao estudo da linha 6 onde se verificou que os equipamentos com impacto direto nos tabuleiros foram:

- Virador > Arrastador de pré-camada > Batente de pré-camada = Empilhador > Conductor da camada formada

Este estudo foi suficiente para alterar os equipamentos com maior impacto nas quebras, tendo-se substituído o virador por um equipamento com a mesma função de não contacto, colocando uma placa protetora no arrastador de pré-camada e parando o tapete antes de bater no batente de pré-camada. Para além disso foram colocados tabuleiros para aumentar a proteção do produto. Posteriormente realizou-se a verificação da melhoria destas alterações que evidenciaram uma redução de 16% para 5% de quebras.

No entanto, antes destas alterações realizaram-se várias ações para provar de que as quebras ocorreriam na linha 6, o que nunca se verificou em linha mas que eram visíveis em armazém automático com padrões de quebra idênticos a quebras por impacto. De forma a desmistificar o problema, realizou-se um ensaio para compreender se estas quebras eram causadas pelo

empilhador. Deste ensaio foram detectadas quebras porém, o resultado foi insuficiente para confirmar que o principal causador foi o empilhador. Com o propósito de eliminar o empilhador foi realizado um enchimento na linha 2. Nesta análise também se encontraram quebras onde uma foi causada por impacto.

Com base nos resultados obtidos solicitou-se o estudo do modelo da garrafa ao *American Glass Research* e a avaliação sobre o sistema de embalagens ao grupo ITENE. Do primeiro estudo concluiu-se que a garrafa é aceitável mas deve-se ter cuidado com a fragilidade no ombro, sendo aconselhável a melhoria da mesma. Da avaliação do ITENE concluiu-se que:

- Após as alterações na linha 6, esta não é uma linha exigente, sendo natural não se encontrarem quebras na paletização e,
- As garrafas quebram a partir de uma velocidade excessiva de 0,8 m/s, por inércia e impactos umas com as outras. Esta velocidade é considerada “normal” em sistemas de distribuição pelo que se espera que em algum momento esta velocidade seja atingida.

Como proposta de trabalho futuro, aconselha-se as seguintes ações:

- Término da ação de verificação de quebras em garrafas de espessura controlada;
- Estudo mais profundo do papel do empilhador nas quebras;
- Ensaio com garrafas sem proteção de rótulo porque, as tensões estão mais distribuídas,
- Colocação de etiqueta inteligente para detetar quando a velocidade máxima é atingida e verificar se nessa paleta existem quebras e,
- Melhoria da garrafa.

Relativamente à implementação do método para a estabilidade da paletização, o método foi desenvolvido e com ele conseguiu-se alterar uma matriz para reduzir o número de rejeições em armazém automático.

Como propostas de trabalho futuro sobre este item, aconselha-se:

- Acompanhamento da paletização da matriz da referência alterada e,
- Acompanhamento de um transporte para o mercado para validação ou reformulação do método.

8. Bibliografia

- [1] *As nossas marcas*. Acedido em: 16 de outubro de 2015 no *Web Site* da: Unicer Bebidas SA: <http://www.unicer.pt/pt/home-pt/unicer/as-nossas-marcas>
- [2] Imagem dos produtos Unicer. Acedido em: 13 de junho de 2016 no *Web Site* da: Super Bock: <http://www.superbock.pt/media/1411/products-family-en-super-bock.png?width=960>
- [3] *História*. Acedido em: 16 de outubro de 2015 no *Web Site* da: Unicer Bebidas SA: <http://www.unicer.pt/pt/home-pt/unicer/historia>
- [4] *Estrutura*. Acedido em: 16 de outubro de 2015 no *Web Site* da: Unicer Bebidas SA: <http://www.unicer.pt/pt/home-pt/unicer/estrutura>
- [5] *Centros de Produção*. Acedido em: 16 de outubro de 2015 no *Web Site* da: Unicer Bebidas SA <http://www.unicer.pt/pt/home-pt/unicer/centros-de-producao>
- [6] *Unicer no Mundo*. Acedido em: 16 de outubro de 2015 no *Web Site* da: Unicer Bebidas SA: <http://www.unicer.pt/pt/home-pt/unicer/unicer-no-mundo>
- [7] Emblem, A. E Emblem, H. (2012). *Packaging Technology – Fundamentals, materials and processes*. Em: Emblem H. *Pakaging functions*. Woodhead Publishing Limited. Reino Unido.
- [8] Basán, N. P., Cóccola, M. E. e Méndez, C. A. (2014). Optimizing the design of a beer packaging line through na advanced símio-based DES tool. *Proceeding of the 2014 Winter Simulation Conference*, Savannah, GA, 7 – 10 Dezembro 2014, pp: 1989 – 2000
- [9] Esteves, R. (2012). *Análise de causas de quebra de garrafas de vidro em linhas de enchimento de cerveja*. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Escola de Engenharia – Universidade do Minho, Braga, 64pp.
- [10] Kunze, W. (2004). *Tecnology Brewing and Malting*. 3ª edição, VLB Berlim. Alemanha
- [11] Funcionamento de enchedora. Acedido em 2 de novembro de 2015, em: intranet.unicer.pt
- [12] Buckle, J. (2009). *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*. H.M. Eblinger. Alemanha
- [13] Yam, K. L.(2009). *The Wiley encyclopedia of packaging technology*. 3ª edição, Wiley, USA
- [14] Emblem, A. E Emblem, H. (2012). *Packaging Technology – Fundamentals, materials and processes*. Em: Grompton, G. *Pakaging machinery and line operations*. Reino Unido.
- [15] European Best Practices Guidelines - Cargo Securing for road transport (2014). *Comissão Europeia*. [versão eletrónica] Acedido a 10 de novembro de 2015 em: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/vehicles/doc/cargo_securing_guidelines_2014.pdf
- [16] Robertson, G.L. (2013). *Food Packaging – Principles and Practice*. 3ª edição, CRC Press, Florida
- [17] Barbosa e Almeida. *Embalagens de vidro*. [versão eletrónica] acedido em 17 de novembro de 2015 em: intranet.unicer.pt

- [18] Emblem, A. E Emblem, H. (2012). *Packaging Technology – Fundamentals, materials and processes*. Em: Grayhurst, P. *Glass Packaging*. Reino Unido
- [19] Manoel, J.A. (2010). *Análise de processos fabris na BA vidro*. Tese de Mestrado em Engenharia Industrial e Gestão. Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto
- [20] American Glass Research. *Overview of bottle manufacturing*. Acedido em 23 de novembro de 2015 em: intranet.unicer.pt
- [21] Coles, R e Kirwan, M. (2011). *Food and Beverage packaging technology*. 2ª edição. Wiley-Blackwell, USA
- [22] Imagem ilustrativa do processo de moldação. Acedido em 23 de novembro de 2015 em: <http://www.emhartglass.com/products/container-forming/process-products/the-forming-process>
- [23] NP3548 (1988) - Vidro de embalagem. Vocabulário. Instituto Português da Qualidade. Lisboa.
- [24] NP3550 (1988) - Vidro de embalagem: Ensaio de pressão interior. Instituto Português da Qualidade. Lisboa.
- [25] NP3552 (1988) - Vidro de embalagem: Características de resistência das garrafas. Instituto Português da Qualidade. Lisboa
- [26] NP3314 (1988) – Vidro de embalagem: Ensaio de choque térmico. Instituto Português da Qualidade. Lisboa
- [27] NP3551 (1988) - Vidro de embalagem: Ensaio de carga axial. Instituto Português da Qualidade. Lisboa.
- [28] Bradt, R. C. e Tressler, R. E. (1994). *Fratography of glass*. Em: Kepple, J. B. e Wasylc, J. S. *Fracture of glass containers*. USA
- [29] American Glass Research. *Loads stresses and the fracture equation*. Acedido em 30 de novembro de 2015 em: intranet.unicer.pt
- [30] Smay, G. L e Davis, M.W. (2011). *Fracture analysis...rely on science, not guesswork*. *Glass Worldwide*. **35**: 80-85
- [31] American Glass Research. *General principles of fracture diagnosis*. Acedido em 1 de dezembro de 2015 em: intranet.unicer.pt
- [32] American Glass Research. *Interpretation of fracture surface marking*. Acedido em 22 de dezembro de 2015 em: intranet.unicer.pt
- [33] ISO10531 (1992)– *Packaging – Complete, filled transport packages – Stability testing of unit loads*. International Organization for Standardization, Suíça
- [34] ISO2247 (2000) – *Packaging – Complete, filled transport packages and unit loads – Vibration tests at fixed low frequency*. International Organization for Standardization, Suíça

9. ANEXOS

Anexo 1 – Folha de registo

Anexo 2 – Manual de Controlo da Qualidade

Anexo 3 – Relatório do Teste de Estabilidade de Paletização

Anexo 2

Manual de Controlo da Qualidade

1. Objetivo e campo de aplicação

Definir o método para avaliação da estabilidade da paletização para transporte rodoviário.

Esta instrução aplica-se sempre que seja necessário avaliar novas matrizes de paletização. É igualmente aplicável quando for necessário avaliar novos envolvimentos ou a aprovação de novas embalagens.

2. Referências

O presente método abrange uma aproximação à norma internacional ISO2247:2000 *Packaging - Complete, filled transport packages and unit loads – vibration tests at fixed low frequency*.

O método engloba também o Guia Prático Europeu na segurança da carga para transporte rodoviário.

3. Princípio

N/A

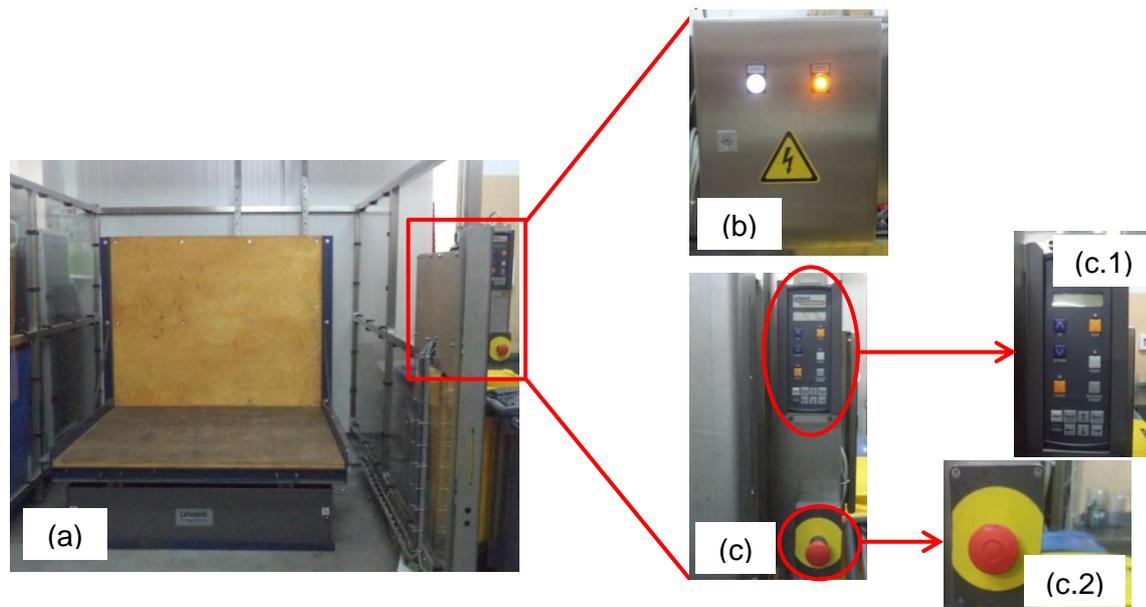
4. Reagentes/Meios de Cultura

N/A

5. Equipamento

Sistema de Vibração Mecânica “Shaker”

5.1. Descrição do equipamento



(a) Visão geral do equipamento.

(b) Pormenor do aparelho de proteção de barreira.

(c) Pormenor do controlo remoto e do botão de emergência.

5.2. Instrumentos auxiliares

- 1) Cronómetro
- 2) Fita métrica
- 3) Fio-de-prumo



6. Amostragem/Preparação das Amostras

6.1. Dimensão da amostra

6.1.1. Palete:

São necessárias 4 paletes a testar:

- 2 na direção 1200mm.
- 2 na direção 800mm.

6.1.2. ½ Palete:

São necessárias 2 paletes a testar na direção 800mm.

6.2. Colocação das paletes no equipamento

As paletes devem ser colocadas o mais próximo possível do centro da mesa de teste.

6.3. Preparação das amostras

6.3.1. Testar matrizes já existentes:

Pode-se proceder à reserva de material à plataforma logística ou utilizar as paletes para retorno.

- Reserva à plataforma logística:

As paletes podem ser colocadas junto à zona de retorno e devem estar direcionadas à Qualidade.

- Paletes para retorno:

Estas paletes devem ser devidamente identificadas e enviadas para retorno no final dos testes.

6.3.2. Testar novas matrizes/embalagens:

Proceder do mesmo modo que em 6.3.1.

As unidades de carga devem ser reencaminhadas para uma linha TP onde, na envolvente, se deve proceder à paletização manual da nova matriz e depois, ao envolvimento com o programa adequado.

7. Procedimento

O procedimento segue uma aproximação ao método B da norma ISO2247:2000 em que a amplitude de vibração desejada abrange as forças de inércia a que o veículo é sujeito em rotas com curvas – S e em travagens bruscas, como referido no Guia Prático Europeu.

7.1. Análise à unidade de carga

Antes de iniciar o teste deve-se analisar a unidade de carga de acordo com os critérios de avaliação.

7.2. Procedimento em máquina

7.2.1. Condições de ensaio

- Amplitude de vibração: 2,30 – 3,95Hz (0,27 – 0,80g) [1]
- Incrementos: 0,12Hz/s
- Tempo de teste: 00:30:00min

Término do teste:

- Quando a paleta bater repetitivamente contra a mesa em alguma frequência na amplitude selecionada [2].
- Quando a paleta bater na parede de suporte.
- Carga em risco de tombar.
- Tempo de teste completo.

7.2.2. Modo de operação

- a) Desligar o botão “REARME BARREIRA” no aparelho de protecção de barreira. A luz de cor laranja apagar-se-á.
- b) Pressionar a tecla “POWER” no controlo remoto.
- c) Configurar as condições de teste:
 - Clicar na tecla “MENU”.
 - O acesso aos parâmetros de teste é feito com a utilização das setas esquerda e direita.
 - Para seleccionar o parâmetro pretendido, carregar em “SELECT”.
 - Para adicionar a condição de ensaio, utilizar as setas para cima e para baixo.
 - Terminada a configuração, clicar em “SELECT”.
 - Para voltar ao menu, clicar duas vezes na tecla “MENU”.
 - c.1) Definir o tempo de teste:
 - Seleccionar a definição “timer settings”.
 - Clicar em “time” e definir o tempo de teste de 00:30:00.
 - c.2) Definir a frequência inicial do teste:
 - Clicar na definição “Start freq” e adicionar a frequência inicial de 2,3Hz.
 - c.3) Programar amplitude de vibração:
 - No menu, em “Setup”, seleccionar “Sweep freq” e de seguida “Low”.
 - Definir a frequência de 2,30Hz.
 - De seguida, seleccionar “High” em “Sweep freq”.
 - Adicionar a frequência mais alta de 3,95Hz.
 - c.4) Definir incrementos:
 - No menu, seleccionar “Setup”
 - Seleccionar a definição “Up/Dn freq” e registar o incremento 0,12Hz.

Terminada a configuração, clicar em “MENU”.

- d) Iniciar o teste, clicando na tecla “RUN” e “TIMER” em simultâneo. De seguida, clicar em “SWEEP”. Este último permite o varrimento de frequências automático.

Notas:

- Pausar o teste: Clicar em “RUN”
- Carga em risco de tombar: Accionar botão de emergência. No final, deve-se puxar o botão, caso contrário a máquina não funcionará.

8. Modo de avaliação

A avaliação é realizada de acordo com os critérios de avaliação.

9. Registo de dados

Está disponível um documento para inserção e tratamento dos resultados.

Os dados instrumentais devem ser tratados convenientemente antes de se proceder à sua classificação.

Os dados visuais e de estabilidade devem ser registados de imediato, na ficha de avaliação.

10. Expressão de resultados

A avaliação final é realizada por pontuação. Este resultado é conseguido pelo somatório das classificações obtidas a cada fator determinante.

Os valores totais mais altos indicam a melhor matriz.

11. Relatório

Elaborar um relatório como indicado na norma ISO2247:2000.

12. Considerações de estabilidade

Por comparação, a palete mais estável é a que apresenta a maior classificação.

Em ensaios individuais a palete é considerada estável se obtiver classificações individuais iguais ou superiores a 35.

Em todos os casos, é obrigatório que a integridade das embalagens primária, secundária e terciária seja mantida [1, 2].

13. Bibliografia

[1] European Best Practices Guidelines on Cargo Securing for Road Transport. European Commission. 8 de maio de 2015

[2] ISO2247:2000 Packaging – *Complete, filled transport packages and unit loads – vibration testa t fixed low frequency.*

Crítérios de avaliação.

Local	Tipo de análise	Parâmetros	Fatores determinantes	Avaliação						
				1	2	3	4	5		
Fim de linha de enchimento	Instrumental	Verticalidade	Inclinação da carga (em graus)	≥ 5	4	3	2	≤ 1		
			A inclinação ultrapassa o limite da paleta (em mm)	≥ 40	30	20	10	0		
		Centragem	Parte interior da paleta (em mm)	≥ 40	30	20	10	0		
			Parte exterior da paleta (em mm)	≥ 20	15	10	5	0		
	Visual	Espaçamento entre UV's	Cumprimento do mosaico		NOK		Satisfatório		OK	
			Integridade das embalagens	Primária		NOK		Satisfatório		OK
		Secundária		NOK		Satisfatório		OK		
		Terciária		Estado do estrado		NOK		Satisfatório		OK
				Defeitos no filme		NOK		Satisfatório		OK
		Envolvimento	Número de voltas	Topo		NOK		Satisfatório		OK
				Meio		NOK		Satisfatório		OK
				Base		NOK		Satisfatório		OK
			Fixação do filme  parte superior do estrado		NOK		Satisfatório		OK	
	Ensaio de estabilidade	Teste de vibração	Resistência da carga a uma amplitude de frequências entre 2,3 e 3,95Hz durante 30 min (em min)		≤ 10	15	20	25	30	

Ficha de avaliação

Local	Tipo de análise	Parâmetros	Factores determinantes	Avaliação					Antes	Depois		
				1	2	3	4	5				
Fim de linha de enchimento	Instrumental	Verticalidade	Inclinação da carga (em graus)	≥ 5	4	3	2	≤ 1				
			A inclinação ultrapassa o limite da palete (em mm)	≥ 40	30	20	10	0				
		Centragem	Parte interior da palete (em mm)	≥ 40	30	20	10	0				
			Parte exterior da palete (em mm)	≥ 20	15	10	5	0				
	Visual	Espaçamento entre UVs	Cumprimento do mosaico		NOK		Satisfatório		OK			
			Integridade das embalagens	Primária		NOK		Satisfatório		OK		
		Secundária		NOK		Satisfatório		OK				
		Terciária		Estado do estrado		NOK		Satisfatório		OK		
				Defeitos no filme		NOK		Satisfatório		OK		
		Envolvimento	Número de voltas*	Topo		NOK		Satisfatório		OK		
				Meio		NOK		Satisfatório		OK		
				Base		NOK		Satisfatório		OK		
	Fixação do filme à parte superior do estrado		NOK		Satisfatório		OK					
	Ensaio de estabilidade	Teste de vibração	Resistência da carga a uma amplitude de frequências entre 2,3 e 3,95Hz durante 30 min (em min)*		≤ 10	15	20	25	30			

Análise dos Resultados

Análise Instrumental

1. Verticalidade

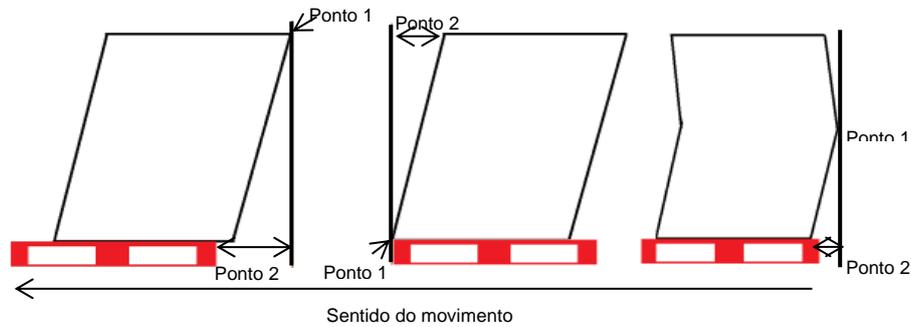
1.1. Inclinação da carga

Material necessário:

- Fio-de-prumo
- Fita métrica

Procedimento:

- Alinhar o fio-de-prumo até o peso encostar na paleta.
- Medir o ponto 2 na direção do sentido do movimento.
- Calcular o ângulo de inclinação.



A Figura a seguir mostra um exemplo real de medição.



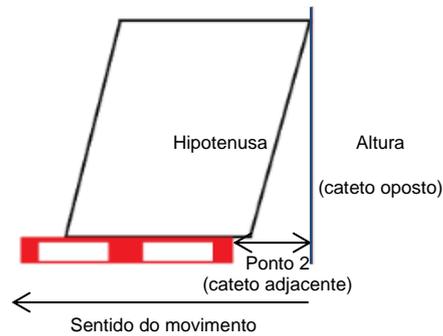
1.1.1. Calcular o ângulo de inclinação

A determinação do ângulo de inclinação é conseguida a partir do Teorema de Pitágoras:

$$\text{Hipotenusa} = \sqrt{\text{cateto oposto}^2 + \text{cateto adjacente}^2}$$

$$\cos = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}}$$

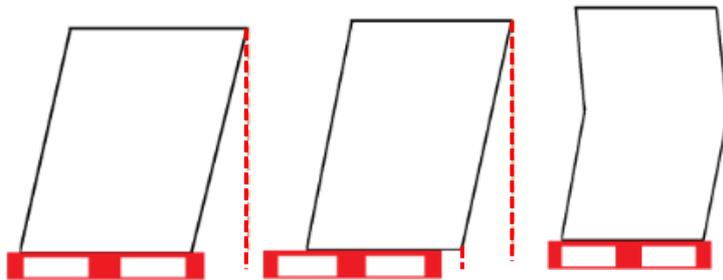
Por último calculam-se os graus de inclinação.



Para este procedimento está disponível um documento em formato Excel.

1.2. A inclinação ultrapassa o limite da paleta

A Figura abaixo mostra exemplos em que a carga ultrapassa os limites da paleta:



2. Centragem

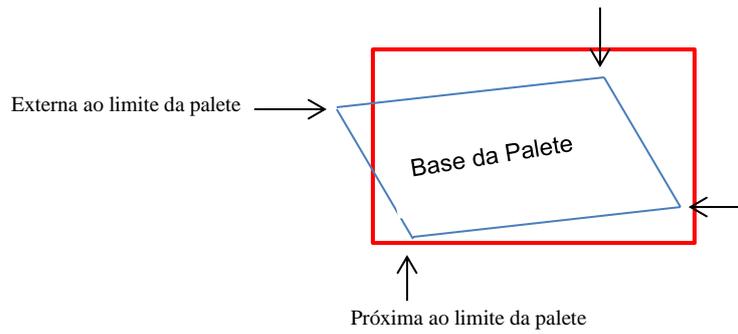
A centragem é a medição da distância da base da carga ao limite da paleta em todas as direções.

Material necessário:

- Fita métrica

Procedimento:

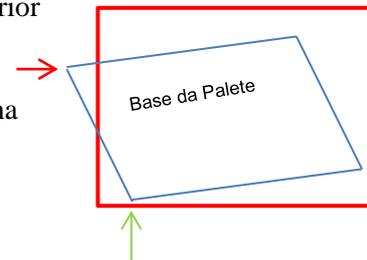
- Medir a unidade de venda mais próxima ou a mais externa ao limite de paleta, em todas as direções como indicado nas figuras abaixo.
- A medição deve ser feita, tendo como referência o limite da paleta e deve-se ter em atenção que:
 - Medição de unidade de venda fora do limite de paleta tem valor positivo (+) – A.
 - Medição de unidade de venda dentro do limite de paleta tem valor negativo (-) – B.



Classificação:

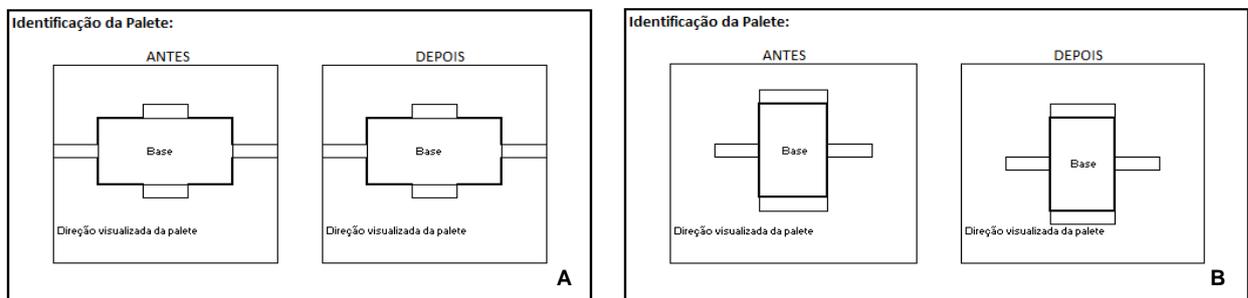
Apenas se deve assumir:

- Parte interior da palete – Unidade de venda mais no interior da palete (seta verde).
- Parte exterior da palete – Unidade e venda mais externa ao limite da palete (seta vermelha).



Registo dos resultados:

Os dados devem ser registados nos exemplos mostrados na Figura a seguir apresentada.



Análise Visual

3. Cumprimento do mosaico

O mosaico é cumprido se o desenho técnico estiver de acordo com a matriz após paletização e após o teste.

4. Integridade das embalagens

A Tabela abaixo identifica o tipo de danificações que se podem encontrar nos diferentes tipos de embalagens.

Embalagem	Tipo	Critérios				
		Partido/ molhado	Amassado	Rasgado	Descolorado	Solto
Primária	Vidro	X				
	Plástico					
	Metal	X	X			
Secundária	Caixa	X	X ¹	X	X	
	Pack	X		X	X	
	Tabuleiro	X		X	X	
	Filme retráctil	X		X	X	X
Terciária	Filme estirável			X ¹		X ¹
	Estrado	X				

¹Sempre que comprometa a estabilidade da carga.

5. Envolvimento

5.1. Número de voltas

O número de voltas apenas deve ser preenchido no final do teste.

Consoante o tipo de deformação obtida é possível classificar se o número de voltas foi ou não suficiente no topo, corpo ou base da paleta, identificadas na Figura abaixo.



5.2. Fixação da unidade de carga à paleta

Este fator diz respeito ao envolvimento até a madeira superior da paleta. Deve-se classificar a paleta consoante o indicado na tabela abaixo.

Classificação	Critério
OK	Zero cantos soltos
Satisfatório	Um canto soltos
NOK	Dois cantos soltos

Terminada a descrição dos métodos de análise de cada fator, é apresentada a lista de defeitos ilustrada e as definições para identificação das direções da paleta.

6. Lista de Defeitos

Classificação	Exemplos
Defeitos menores (OK)	<ul style="list-style-type: none"> Embalagem secundária <ul style="list-style-type: none">    Filme <ul style="list-style-type: none">    
Defeitos maiores (satisfatório)	<ul style="list-style-type: none"> Filme <ul style="list-style-type: none">  <p>(1 canto solto)</p>

Classificação	Exemplos
<p>Defeitos críticos (NOK)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Embalagem primária <div data-bbox="453 311 1075 591">  </div> Embalagem secundária <div data-bbox="416 719 1382 963">  </div>
	<p>(falta de cor)</p> <ul style="list-style-type: none"> Filme <div data-bbox="592 1391 1262 1626">  </div> <p>(2 Cantos soltos)</p>

7. Definições

Nome	Definição
Direção 1200mm (Paleta)	<p>A parte mais longa da paleta é paralela à direção da aceleração. Nesta direção, a visão para a paleta é a seguinte:</p> 
Direção 800mm (Paleta)	<p>A parte mais longa da paleta é perpendicular à direção da aceleração. Nesta direção, a visão para a paleta é a seguinte:</p> 
Direção 800mm (½ Paleta)	<p>A parte mais longa da 1/2 paleta é perpendicular à direção da aceleração. Nesta direção, a visão para a paleta é a seguinte:</p> 

Anexo 3

Relatório do teste de estabilidade de paletização

Dados

Cliente: _____

Endereço: _____

Produto: _____ Data de receção: _____

Tipo de Teste: _____ Teste realizado em: _____

Norma: _____

Método: _____

Identificação do relatório: _____

Responsável pelo teste: _____ Função: _____
(nome do responsável)

Nome e endereço do laboratório: _____

Desvios à norma:

O teste e respetivos resultados são apenas relativos às amostras enviadas pelo cliente. A reprodução do presente relatório deverá ser aprovada, por escrito, pela entidade responsável pelo mesmo.

Descrição da carga de transporte testada

Descrição:

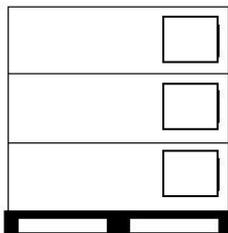
Número de amostras:

Embalagem primária: Vidro Plástico

Embalagem secundária: Shrink Caixa Tabuleiro Filme termorretrátil

Embalagem terciária: Filme estirável Cintas

Número de voltas:



Intercalar entre fiadas: Sim Não

Matriz:

Fiada Impar	Fiada Par

Dimensões de palete/embalagem secundária:

Altura (mm): _____ / _____

Comprimento (mm): _____ / _____

Largura (mm): _____ / _____

Número de fiadas: _____

Número de embalagens: _____

Peso da UV (kg): _____

Peso da paleta (Kg): _____

Altura da paleta (mm): _____

Condições do teste

Antes do teste

Humidade relativa: _____ Temperatura (°C): _____ Tempo de espera: _____

Durante o teste

Humidade relativa: _____ Temperatura (°C): _____

Método utilizado: _____

Intervalo de freq (Hz): _____ Incrementos: _____ Duração (min): _____

Movimento da mesa: _____

Figura da paleta ANTES do teste:

D800mm	D1200mm

Resultados:

Tipo de deformação

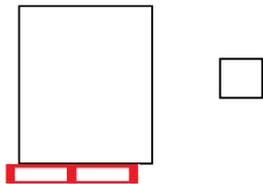
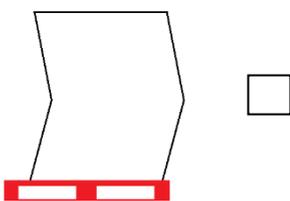
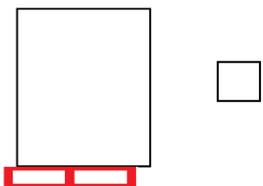
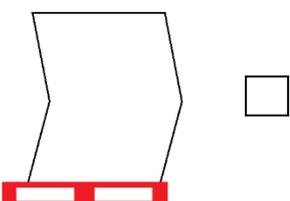
Figura da paleta DEPOIS do teste:					
Freq. (Hz):	-	D800mm	A paleta está estável?		
			Tipo de deformação		
					
Observações:					

Figura da paleta DEPOIS do teste:					
Freq. (Hz):	-	D1200mm	A paleta está estável?		
			Tipo de deformação		
					
Observações:					

Ficha de avaliação

Local	Tipo de análise	Parâmetros	Factores determinantes	Avaliação								
				1	2	3	4	5	Antes	Depois	Antes	Depois
Fim de linha de enchimento	Instrumental	Verticalidade	Inclinação da carga (em graus)	≥ 5	4	3	2	≤ 1				
			A inclinação ultrapassa o limite da palete (em mm)	≥ 40	30	20	10	0				
		Centragem	Parte interior da palete (em mm)	≥ 40	30	20	10	0				
			Parte exterior da palete (em mm)	≥ 20	15	10	5	0				
	Visual	Espaçamento entre UV's	Cumprimento do mosaico		NOK		Satisfatório		OK			
			Integridade das embalagens	Primária		NOK		Satisfatório		OK		
		Secundária		NOK		Satisfatório		OK				
		Terciária		Estado do estrado	NOK		Satisfatório		OK			
				Defeitos no filme	NOK		Satisfatório		OK			
		Envolvimento	Número de voltas*	Topo	NOK		Satisfatório		OK			
				Meio	NOK		Satisfatório		OK			
				Base	NOK		Satisfatório		OK			
	Fixação do filme à parte superior do estrado		NOK		Satisfatório		OK					
	Ensaio de estabilidade	Teste de vibração	Resistência da carga a uma amplitude de frequências entre 2,3 e 3,95Hz durante 30 min (em min)*	≤ 10	15	20	25	30				