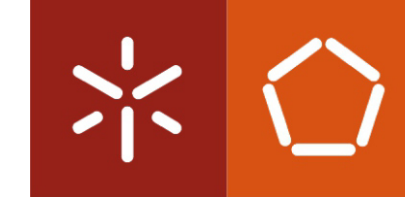




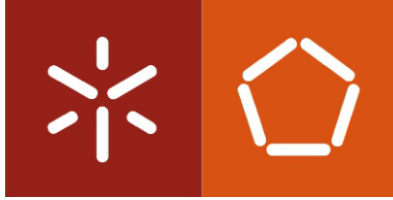
**Engenharia de embalagens  
Propostas de acondicionamento  
na indústria de autorrádios**

José Pedro Alves Oliveira

**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia







**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

José Pedro Alves Oliveira

**Engenharia de embalagens**  
**Propostas de acondicionamento**  
**na indústria de autorrádios**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Engenharia Mecânica

Trabalho Efetuado sob a orientação do  
**Professor Doutor Nuno Peixinho**

## DECLARAÇÃO

Nome: José Pedro Alves Oliveira

Endereço eletrónico: a62099@alunos.uminho.pt

Telefone: +351 918659518

Bilhete de Identidade/Cartão do Cidadão: 14191795

Título da dissertação: Técnicas de Acondicionamento de Embalagens

Orientador:

Professor Doutor Nuno Peixinho

Ano de conclusão: 2015

Mestrado em Engenharia Mecânica

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura

# Agradecimentos

Ao concluir este trabalho, torna-se imperioso manifestar o meu sincero agradecimento a todos os que, direta ou indiretamente, me ajudaram a torná-lo viável.

Ao Professor Doutor Nuno Peixinho, enquanto meu coordenador, que me acompanhou, ajudou e supervisionou esta dissertação.

À Anabela Veloso, Eng. António Ferreira, Eng. João Redondo, D. Elsa, D. Rosa, Eng. Morais, Eng. Paulo Oliveira, Eng. Arnoldo Mendonza, Eng. Fernando Gomes e Eng. Andrzej Grybos que me ajudaram na integração dentro da empresa e que sempre se mostraram disponíveis na discussão de questões relativas à uniformização de embalagens.

Num plano mais íntimo e pessoal, aos meus pais e irmã, que sempre desejaram o melhor para mim e sempre me inculcaram o sentido de responsabilidade e de exigência.

Por último, a todos os meus amigos, com quem partilhei as minhas alegrias e especialmente as minhas tristezas.



## Resumo

A presente dissertação descreve o desenvolvimento de várias propostas de uniformização de embalagens, bem como, de outros projetos complementares de engenharia de embalagens. O projeto foi realizado na Delphi Braga. Atualmente, nesta empresa, são produzidos diariamente em média 6 mil autorrádios por dia, ou seja, 4 autorrádios por minuto. Dentro destes números de grande cadência de produção, existem diferentes famílias de autorrádios que, conseqüentemente, possuem diferentes embalagens.

Este projeto de uniformização advém do objetivo de reduzir a quantidade e diversidade de embalagens. Conseqüentemente, a redução do número de diferentes embalagens facilita o trabalho de coordenação do operador, reduzir o número de *stock* existente e, por último, reduzir os custos existentes no departamento de logística.

A implementação e validação deste projeto foi desenvolvido em parceria com vários fornecedores e equipas de trabalho da Delphi de outras unidades fabris, inclusive México.

Os objetivos primeiramente propostos foram atingidos apesar das várias dificuldades que surgiram pelo caminho, mas ao longo do documento, são apresentadas as diversas rejeições e sucessivas novas propostas até atingir os objetivos previamente definidos.

Por último, e graças à oportunidade de participar em dois *workshops* com equipas experientes neste ramo são apresentadas algumas ideias de projetos com o principal intuito de reduzir custos e facilitar as condições de trabalho dos operadores responsáveis por montar embalagens na linha de produção.

Palavras-Chave: Cartão canelado; Embalagens; Logística; Uniformizações; Acondicionamento; Redução de custos; Melhoria do trabalho do operador.





# Abstract

The present dissertation describes the development of several standardized packaging projects and other projects in packaging engineering. The project was developed in Delphi Braga. Nowadays, in this company, are produced in average six thousands autorradios per day, which means 4 autorradios per minute. This impressive amount of production is synonym with different families of car radios, which come in different packaging.

The aim of this standardization project is to reduce the quantity and variety of different packaging units. Consequently, the reduction in packaging will facilitate the operators' work, will reduce the existing stock and will decrease the costs from the logistic department.

The implementation and validation of this project involved a partnership between several suppliers and teams from other Delphi plants, including Mexico's.

Besides some difficulties felt along the process, the main goals were achieved. In this document, there were several rejections submitted and successive new proposals until the previously set goals were achieved.

Lastly, and thanks to the opportunity of participating in 2 workshops with experienced team members, there are several ideas introduced with the main goal of costs reduction and facilitate the operators working conditions while assembling cardboard boxes in the production line.

Key-words: Cardboard carton, packaging, standardizing, cost reductions, better working conductions.



# Índice

Agradecimentos .....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras .....	xiii
Lista de tabelas.....	xvii
Abreviaturas e Símbolos.....	xix
<b>Capítulo 1.....</b>	<b>1</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 Apresentação da empresa – Delphi Braga .....	1
1.2 Apresentação do problema .....	2
1.3 Enquadramento e objetivos .....	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	4
<b>Capítulo 2.....</b>	<b>5</b>
<b>Ciclo do cartão.....</b>	<b>5</b>
2.1 Matéria-prima.....	5
2.1.1 Da Matéria-prima ao papel .....	6
2.1.2 Método mecânico.....	6
2.1.3 Método químico .....	7
2.1.4 Método semi-químico .....	9
2.1.5 Fibras e diferentes tipos de papel .....	10
2.2 Do papel à embalagem .....	11
2.2.1 O processo e a máquina.....	11
2.2.2 Produção de canelado.....	13
2.2.3 Cortadora de cartão canelado.....	15
2.2.4 Sistema de adesão para cartão canelado.....	17
2.2.5 Printer-Slotter .....	18
2.2.6 Flexo Folder-Gluer .....	19
2.2.7 Stitcher/Taper.....	19
2.3 Reciclagem .....	19
2.3.1 Processo de reciclagem de cartão .....	20

<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>23</b>
<b>Engenharia de embalagens.....</b>	<b>23</b>
3.1 Estrutura de uma embalagem.....	23
3.1.1Cartão canelado de face única.....	24
3.1.2Cartão canelado de parede única.....	24
3.1.3Cartão canelado de dupla parede.....	25
3.1.4Cartão canelado de tripla parede .....	25
3.2 Características do canelado .....	26
3.2.1Perfil de onda do canelado.....	27
3.2.2Tipos de onda.....	27
3.3 Influência de fatores exteriores na resistência do cartão.....	29
3.3.1Condições ambientais.....	29
3.3.2Tempo e condições de armazenamento .....	31
3.4 Ensaaios realizados .....	32
3.4.1Ensaaios físicos ao papel.....	33
3.4.2Ensaaios físicos ao cartão.....	34
3.4.3Ensaaios físicos em caixas de cartão canelado.....	37
3.4.4Equilíbrio entre especificações .....	40
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>41</b>
<b>Uniformização de embalagens .....</b>	<b>41</b>
4.1 Funcionamento da receção de cartão.....	41
4.2 Estrutura e estudo da embalagem de cartão .....	42
4.2.1Embalagem exterior.....	43
4.2.2Embalagem interior .....	44
4.2.3Espuma.....	45
4.2.4Tampas.....	46
4.2.5Sacos.....	46
4.2.6Paletização .....	47
4.3 Primeira proposta de uniformização.....	47
4.3.1Casos especiais.....	49
4.3.2Paletização.....	49
4.3.3Características do cartão .....	50
4.3.4Comparação de resultados .....	51
4.3.5Discussão de resultados .....	53
4.4 Segunda proposta de uniformização.....	53
4.4.1Casos especiais.....	54
4.4.2Paletização.....	55
4.4.3Características do cartão .....	56
4.4.4Comparação de resultados .....	58
4.4.5Discussão de resultados .....	59
4.5 Terceira proposta de uniformização.....	59

4.5.1 Uniformização da embalagem exterior .....	60
4.5.2 Uniformização da partição - interior e espuma .....	61
4.5.3 Dimensionamento da espuma .....	67
4.5.4 Paletização .....	69
4.5.5 Discussão de resultados.....	70
4.6 Poupanças associadas .....	71
4.7 Validação da proposta .....	71
4.7.1 Teste 1 – Manual handling.....	72
4.7.2 Teste 2 - Vehicle stacking .....	74
4.7.3 Teste 3 - Loose load vibration .....	75
4.7.4 Teste 4 - Vehicle vibration.....	79
4.7.5 Teste 5 - Manual handling .....	81
4.7.6 Considerações finais .....	82
<b>Capítulo 5.....</b>	<b>87</b>
<b>Conclusão e Desenvolvimentos Futuros .....</b>	<b>87</b>
5.1 Desenvolvimentos Futuros.....	88
<b>Referências.....</b>	<b>90</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>93</b>
Anexo 1 – Desenho Oficial do Cliente F – Fornecido pela empresa .....	93
Anexo 2 – Desenho Oficial do Cliente A – Fornecido pela empresa .....	95
Anexo 3 – Primeira proposta de embalagem .....	97
Anexo 4 – Segunda proposta de embalagem.....	99
Anexo 5 – Primeiro Teste de Validação.....	101
Anexo 6 – Terceira proposta de embalagem.....	103
Anexo 7 – Segundo Teste de Validação .....	105
Anexo 8 - Projetos complementares .....	107
Anexo 9 – Base de dados .....	125
Anexo 10 – Proposta de embalagem do Cliente A2 .....	127
Anexo 11 – Proposta de embalagem Cliente F Índia - Facultada pelo fornecedor.....	129
Anexo 12 – Tampa - Facultada pelo fornecedor .....	131



# Lista de figuras

Figura 1.1 - Armazém com cartão em <i>stock</i> .....	2
Figura 2.1 - Processo Termomecânico (retirado de [7]) .....	7
Figura 2.2 - Diferença entre a celulose submetida a um processo mecânico (à esquerda) e a um processo químico (à direita) (retirado de [7]).....	8
Figura 2.3 - Resultado da separação das fibras num processo mecânico (à esquerda), num processo químico-termo mecânico (ao centro) e num processo químico-mecânico (à direita) (retirado de [7]) .....	9
Figura 2.4 - Comparação entre fibras longas e curtas (retirado de [8]) .....	10
Figura 2.5 - Esquema simplificado do processo de produção de cartão canelado - zona húmida (retirado de [9]) .....	12
Figura 2.6 - Esquema simplificado do processo de produção de cartão canelado - zona seca (retirado de [9]) .....	12
Figura 2.7 - Produção do canelado e sucessiva colagem (retirado de [9]).....	13
Figura 2.8 - Cortante rotativo (retirado de [5]).....	16
Figura 2.9 - Sistema de impressão de cartão canelado .....	18
Figura 3.1 - Componentes de uma amostra de cartão canelado (retirado de [5]).....	24
Figura 3.2 - Cartão de face única (retirado de [11]) .....	24
Figura 3.3 - Cartão de parede única (retirado de [11]) .....	25
Figura 3.4 - Cartão duplo canelado (retirado de [11]) .....	25
Figura 3.5 - Cartão triplo canelado (retirado de [11]) .....	26
Figura 3.6 - Resistência do cartão a forças verticais (adaptado de [12]) .....	26
Figura 3.7 - Força aplicada perpendicularmente ao ondulado (adaptado de [5]) .....	27
Figura 3.8 - Comparação entre onda triangular (esquerda) e onda sinusoidal (direita) (adaptado de [8]).....	27
Figura 3.9 - Comparação de diferentes caneluras (retirado de [5]) .....	28
Figura 3.10 – Duas maneiras diferentes de empilhamento (retirado de [5]) .....	31

Figura 3.11- Problema de paletização – <i>Overhang</i> (retirado de [5]) .....	32
Figura 3.12 - Amostra circular e retangular (retirada de [8]) .....	33
Figura 3.13 - -Ensaio de SCT (retirado de [5]) .....	33
Figura 3.14 - Demonstração do ensaio de resistência à compressão vertical (retirada de [9]) ..	34
Figura 3.15 - Máquina de ensaio de resistência ao esmagamento – compressómetro (laboratório Europac) .....	35
Figura 3.16 - Demonstração do ensaio de resistência ao esmagamento (retirada de [8]) .....	35
Figura 3.17 - Instrumentos para a realização do teste .....	36
Figura 3.18 - Máquina para teste de <i>Mullen</i> (laboratório Europac) .....	36
Figura 3.19 - Modelo real e modelo virtual do teste de Mullen (retirado de [9]) .....	37
Figura 3.20 - Ensaio de vibração (retirada de [14]) .....	38
Figura 3.21 - Ensaio de queda da embalagem (retirada de [5]) .....	38
Figura 3.22 - Prensa simuladora do teste BCT – laboratório da Europac .....	39
Figura 4.1 - Embalagem de cartão .....	42
Figura 4.2 - Embalagem exterior .....	43
Figura 4.3 - Embalagem interior (partição) .....	45
Figura 4.4 - Funcionalidade da espuma .....	45
Figura 4.5 - Tampa individual e coletiva, respetivamente .....	46
Figura 4.6 - Saco ESD protetor de sujidade .....	47
Figura 4.7 - Interiores das embalagens dos clientes A, G, W e V, respetivamente .....	48
Figura 4.8 - Modelação 3D da nova proposta para a embalagem do cliente D– Embalagem completa, corte de plano frontal e corte de plano vertical .....	49
Figura 4.9 - Modelação 3D da ocupação numa europaleta e industrial, respetivamente .....	50
Figura 4.10 - Modelação 3D da nova proposta para a embalagem do cliente D – Embalagem completa, corte de plano frontal e corte de plano vertical (separação de níveis) .....	55
Figura 4.11 - Modelação 3D numa paleta europeia e industrial, respetivamente .....	55
Figura 4.12 – Exemplo de fitas de pressão .....	56



Figura 4.13 - Modelação 3D numa palete europeia e industrial, respetivamente.....	56
Figura 4.14 - Modelação 3D do autorrádio do cliente A e F, respetivamente.....	61
Figura 4.15 - Possíveis posições para a colocação da espuma.....	63
Figura 4.16 – Única posição equidistante das espumas .....	63
Figura 4.17 – Vista de corte da modelação 3D com espuma .....	64
Figura 4.18 – Contacto entre as espumas e os chassis (verde) Proteção dos conectores (vermelho).....	64
Figura 4.19 - Independência da colocação da ordem da espuma (vista de corte) .....	65
Figura 4.20 - Proteção dos conectores do cliente F.....	65
Figura 4.21 - Proteção dos conectores do cliente A .....	65
Figura 4.22 - Modelação 3D do problema .....	66
Figura 4.23 – Correção do protótipo de uniformização do interior .....	66
Figura 4.24 - Comparação entre densidade e altura (adaptado de [17]).....	68
Figura 4.25 - Mau dimensionamento da embalagem.....	69
Figura 4.26 - Correção do erro da Figura 4.25 .....	69
Figura 4.27 - Protótipo com família do cliente F e A, respetivamente.....	70
Figura 4.28 - Laboratório México <i>Technical Center</i> .....	73
Figura 4.29 – Compressómetro (laboratório de análises da Europac).....	74
Figura 4.30 - Valores registados no compressómetro no México <i>Technical Center</i> .....	75
Figura 4.31 – Ensaio de vibração (retirado de [15]).....	76
Figura 4.32 - Valores registados no México <i>Technical Center</i> .....	77
Figura 4.33 - Resultado do teste de vibração .....	77
Figura 4.34 - Causa da não-validação.....	78
Figura 4.35 - Aumento da área de cartão (proteção contra a oscilação e garantir a não movimentação da espuma) – Modelação 3D.....	78
Figura 4.36 - Proposta de diminuição da abertura da partição .....	79
Figura 4.37 - Gráfico de análises do teste de <i>Vehicle Vibration</i> (retirado de Anexo 5) .....	81

Figura 4.38 - Conjunto de fotografias no final do teste (retirado de Anexo 5).....	82
Figura 4.39 – Causa das marcas provocadas na espuma (adaptado de Anexo 5).....	83
Figura 4.40 - Representação da nova fisionomia de espuma .....	84
Figura 4.41 - Contacto entre os chassis e o novo dimensionamento da nova espuma.....	84
Figura 4.42 - Proteção dos conectores do cliente A.....	85
Figura 4.43 - Proteção dos conectores do cliente F .....	85
Figura 4.44 - Vista de corte da nova proposta .....	86
Figura 1 - Embalagem oficial do cliente A2 .....	108
Figura 2 - Novo projeto para redução de área de cartão (retirado Anexo 10) .....	108
Figura 3 - Novo projeto para redução de área de cartão (retirado de Anexo 10) .....	109
Figura 4 – Redução da abertura de colocação de espuma - recorte de desenho técnico (retirado de Anexo 10) .....	109
Figura 5 - Simulação da embalagem do cliente A2.....	110
Figura 6 - Palete industrial e europeia, respetivamente.....	111
Figura 7 - <i>Woodboard</i> utilizada no topo de todas as paletes.....	112
Figura 8 - Esquemática de 40 paletes no camiã.....	113
Figura 5.9 - Substituição de <i>woodboards</i> por uma tampa de cartão com 4 cantoneiras .....	113
Figura 10 - Início do teste (Porto).....	114
Figura 11 - Resultado final do teste.....	115
Figura 12 – Objetivo primordial do teste .....	116
Figura 13 - Produção de uma palete para o cliente F Índia.....	117
Figura 14 - 1ª proposta de correção .....	118
Figura 15 – 2ª proposta de correção .....	118
Figura 16 - Amostra da proposta 4 (Anexo 11).....	120
Figura 17 - Comparação entre tampa com agrafos e tampa automontável (retirado de Anexo 12) .....	121

# Lista de tabelas

Tabela 2.1 – Família de papéis utilizados na produção de cartão canelado (retirado de [9]) .....	10
Tabela 2.2 - Características dos agentes de aglomeração (retirada de [9]) .....	17
Tabela 3.1 - Configurações de caneluras (adaptado de [9]).....	28
Tabela 3.2 - Condições meteorológicas (Inverno e Verão) em cidades da europa - Valores médios (retirado de [13]) .....	30
Tabela 3.3 - Relação percentagem de perda de resistência com o tempo de empilhamento e humidade (adaptada de [5]) .....	31
Tabela 3.4 - Relação percentagem de perda de resistência com paletização (adaptada de [5]) .....	32
Tabela 4.1 - Medidas de atravancamento da embalagem exterior das 7 marcas .....	47
Tabela 4.2 - Medidas de atravancamento (caixa única) .....	48
Tabela 4.3 - Cálculo e determinação das características da 1ª proposta de uniformização [16].....	50
Tabela 4.4 - Comparação entre a proposta nova e as embalagens existentes.....	52
Tabela 4.5 - Vantagens e desvantagens da primeira uniformização .....	52
Tabela 4.6 - Uniformização do primeiro grupo de embalagens .....	54
Tabela 4.7 - Uniformização do segundo grupo de embalagens.....	54
Tabela 4.8 - Cálculo e determinação das características da 2ª proposta de uniformização [16].....	57
Tabela 4.9 - Comparação entre a nova proposta e as embalagens existentes.....	58
Tabela 4.10 - Vantagens e desvantagens da segunda uniformização.....	58
Tabela 4.11 - Medidas de atravancamento da quarta proposta de uniformização .....	60
Tabela 4.12 - Cálculo e determinação das características da 3ª proposta de uniformização [16].....	60
Tabela 4.13 - Uniformização de interiores .....	62
Tabela 4.14 - Comparação entre o dimensionamento da partição (cliente F e A) .....	62

Tabela 4.15 - Fragilidade de materiais (retirado [17]) .....	67
Tabela 4.16 - Vantagens e desvantagens da quarta uniformização .....	70
Tabela 4.17 - Estimativa de poupança anual para a 3ª proposta de uniformização .....	71
Tabela 4.18 - Especificações de altura de queda (retirada de [18]).....	72
Tabela 4.19 - Determinação do fator de segurança (retirado de [18]) .....	75
Tabela 4.20 - Determinação do tempo de realização do teste de vibração (retirado de [18]) ....	76
Tabela 4.21 - Power Spectral Density Level, g <sup>2</sup> /Hz (retirado de [18]) .....	80
Tabela 1 - Estimativa de poupança anual para o projeto 1.....	110
Tabela 2 - Estimativa de poupança anual para o projeto 2.....	112
Tabela 3 - Estimativa de poupança anual para o projeto 3.....	116
Tabela 4 - Estimativa de poupanças para a projeto 4 .....	119
Tabela 5 - Estimativa de poupanças anuais para o projeto 5 .....	121
Tabela 6 - Estimativa de poupanças para a Projeto 6 .....	122
Tabela 7 - Total de poupanças anuais.....	122

# Abreviaturas e Símbolos

## Lista de abreviaturas

ASTM - American Society for Testing and Materials

CR – *Change Request*

ISTA – International Seed testing association

JIT - *Just in Time*

PN - *Part Number*

PSD - *Power spectary density*

PSI - *Pounds square inches*

SCT – *Short (span) Compression Test*

L1/L2 – *Liner 1 / Liner 2*

F – *Fluting paper médium (ondulado)*

T – Espessura do cartão [m]

L - Carga mínima exigida

J = 9.8 [N/kg]

F - Fator de segurança

## Lista de símbolos

$\alpha$  - Papel de *fluting* por m<sup>2</sup> de cartão canelado



# Capítulo 1

## Introdução

O presente documento foi realizado no âmbito da unidade curricular Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica na Universidade do Minho, e sobrevém da sugestão de realizar trabalhos na área de engenharia de embalagens, principalmente, nas embalagens de cartão. O presente projeto foi desenvolvido na empresa Delphi Braga.

### 1.1 Apresentação da empresa – Delphi Braga

Empresa fundada em 1965 com o nome Grundig que começou por desenvolver produtos de rádios para carros, Audio e produtos Hi Fi, produção de televisões a preto e branco e telefones sem fios. Em 1990 surgiu a primeira unidade especializada na produção de autorrádios. O nome Delphi surgiu em 2003 quando adquiriu a fábrica de Braga e continuou com a produção de autorrádios para carros, displays e antenas. Globalmente e dentro da indústria automóvel, são vários os ramos em que a Delphi desenvolve e fornece produtos, tais como, Arquitetura Elétrica/Eletrónica, Sistemas térmicos, *Powertrain Systems*, *aftermarket* e Eletrónica & Segurança para mercados adjacentes como veículos comerciais, militares/aeroespaciais e sistemas térmicos de residências e comerciais [1][2].

A Delphi tem como missão ser líder global em sistemas automóveis e, para isso acontecer, é necessário um trabalho conjunto com todos os colaboradores, fornecedores e acionistas para introduzir soluções de valor acrescentado aos clientes, podendo afirmar que ser o melhor fornecedor, para os clientes, torna-se uma necessidade de sobrevivência para esta empresa [3].

## 1.2 Apresentação do problema

Todas as empresas, sejam elas pequenas, médias ou multinacionais têm a necessidade de prestar serviços ou de exportar o seu produto, sendo este último o caso da empresa em questão. A necessidade de desenvolver um bom produto é diretamente proporcional com a obrigação de entregar esse mesmo produto ao cliente em perfeitas condições e aqui se centra o trabalho de engenheiro de embalagens. Globalmente, a empresa possui *packaging engineers* em todos os continentes sendo que cada um é responsável por mais do que uma planta, no entanto, o engenheiro de embalagens da empresa de Braga está destacado no México o que torna extremamente difícil o seu trabalho, bem como dos responsáveis pelo departamento de logística. Tendo em conta que não existia ninguém totalmente destacado para desenvolver esta tarefa havia e ainda há um exagero de cartão em *stock* bem como uma desorganização no que diz respeito à uniformização de embalagens. A Figura 1.1 representa um dos armazéns de *stock* que a empresa possui. A imagem é suficientemente esclarecedora para demonstrar a quantidade de cartão existente. Muito deste cartão pertence a projetos que já estão acabados ou, então, que estão quase em fim de vida.



Figura 1.1 - Armazém com cartão em *stock*

## 1.3 Enquadramento e objetivos

Esta é uma empresa multinacional do ramo automóvel que produz, atualmente, cerca de 6 mil autorrádios e 16 mil antenas por dia. Torna-se obrigatório para a empresa conseguir expedir toda esta cadência de material em tempo útil e em perfeitas condições, sem acrescentar valor



económico aos autorrádios e às antenas. Por outro lado, tanto a empresa como os seus clientes são empresas multinacionais que trabalham segundo a filosofia JIT<sup>1</sup>. Esta filosofia está diretamente relacionada a uma técnica de controlo de *stocks*, sendo este o seu princípio base. O grande objetivo da filosofia JIT é eliminar todas as atividades não necessárias, suprimindo desperdício e *stocks*. Para esta filosofia funcionar é necessário receber do fornecedor as encomendas atempadamente. Se a empresa tiver fornecedores pouco fiáveis, no que diz respeito à entrega do produto, existe um incumprimento de datas [4]. Por isso, a empresa tem como lema “ser o melhor fornecedor dos nossos clientes” [3].

Para que tal aconteça, a empresa possui um sistema de expedição de material que evita qualquer tipo de problema no atraso de envio de produtos ao cliente. Deste modo, para cada produto diferente existem duas embalagens: uma oficial e uma alternativa, garantindo que nunca exista falta de embalagens para enviar material.

No início deste estágio, não foi proposto um tema específico, bem como, uma embalagem particular para concentrar este trabalho. Foram proporcionadas várias visitas à montagem de embalagens e empacotamento do produto final, bem como da zona de expedição para poder detetar problemas onde fosse possível encontrar soluções. Foi proposto explorar a desorganização da empresa, perceber o funcionamento que está por detrás desta, desenvolvendo projetos e iniciativas plausíveis para minimizar estes problemas. Por outro lado, houve o desafio de tentar reduzir custos, melhorar o trabalho do operador e melhorar a organização existente em tudo o que envolve engenharia de embalagens.

O nome deste estágio foi designado por uniformização de embalagens. Como o próprio nome indica, foi proposto reduzir o número de embalagens. Facto que provoca uma diminuição do número de embalagens diferentes e que, só por si, desencadeia uma sucessiva redução de *stock* e também uma diminuição no número de PN<sup>2</sup>, facilitando muito o trabalho do operador. Para além disso, faz com que se encomendem mais embalagens iguais provocando uma redução de custos. No decorrer do estágio, várias ideias de projetos e iniciativas foram surgindo e serão apresentadas e explicadas, posteriormente, neste documento.

---

<sup>1</sup> - JIT – Filosofia *Just in time*

<sup>2</sup> - PN - Número de identificação de qualquer material (*Part Number*)

## 1.4 Estrutura da dissertação

O presente documento divide-se em seis capítulos cujo objetivo é primar pela clareza, organização e compreensão. Assim, o capítulo inicial é dedicado à apresentação da empresa, à apresentação do problema e também é feita uma explicação do enquadramento e objetivos pré-definidos para esta dissertação e para o estágio curricular. Nos capítulos 2 e 3, encontram-se os fundamentos teóricos estudados, servindo de base aos capítulos adjacentes. No capítulo 2, é explicado todo o ciclo de cartão, desde a obtenção de matéria-prima até à sua sucessiva reciclagem. No capítulo seguinte, estão explicados os conceitos teóricos sobre engenharia de embalagens que ajudaram a desenvolver e a aprovar projetos. O capítulo 4 começa por detalhar a constituição de uma embalagem de cartão, mas é dedicado ao grande objetivo desta dissertação, onde são explicadas todas as ideias de uniformização de embalagens propostas para este estágio curricular. No capítulo 5, são apresentados outros projetos complementares desenvolvidos com outras equipas de trabalho ao longo dos 5 meses proporcionados pela empresa. Por último, no capítulo 6, são feitas as considerações e conclusões finais do trabalho desenvolvido.

## Capítulo 2

### Ciclo do cartão

O cartão é o produto natural mais reciclado comparado com todos os outros materiais de engenharia de embalagens. É um produto feito de uma matéria-prima reciclável, e por uma indústria comprometida a usar e a reutilizar o seu produto. A matéria-prima original do papel vem a partir de árvores que são geridas através da replantação de florestas responsáveis pela prática de gestão de recursos. O ponto mais importante, neste ciclo, é a renovação destes recursos de modo a que seja assegurado um constante fornecimento saudável [5]. Neste capítulo, vai ser explicado todo o ciclo do cartão, desde a obtenção de matéria-prima, criação e aglomeração do canelado para formar cartão e, por último, a explicação do ciclo de reciclagem.

#### 2.1 Matéria-prima

Em primeiro lugar, a fibra de cartão é feita de um material de celulose proveniente das árvores. Contudo, as árvores não são a única fonte de matéria-prima. Aproximadamente metade da fibra de madeira usada para fazer papel provém de duas fontes recicláveis:

- i. Subprodutos da indústria de madeira incluindo serrim, que uma vez queimado, podem ser usados pela indústria de papel, que usa cerca de um terço deste subproduto da madeira para realizar papel [5];
- ii. Papel reciclado fornece outro terço à indústria de produção de cartão [5].

Atualmente, cerca de 73% do cartão canelado é recuperado para reciclagem. Os EUA, por exemplo, em 2004, reciclaram mais de 24 milhões de toneladas de OCC - *old corrugated containers* - [6], fazendo do cartão canelado o produto de embalagens mais reciclado do mundo [5].

### *2.1.1 Da Matéria-prima ao papel*

O papel é constituído por um conjunto de diferentes fibras celulósicas com diversos tamanhos de origem natural, afiladas e entrelaçadas umas com as outras e, finalmente, prensadas, oferecendo uma superfície adequada para escrever, imprimir ou colar. A sua resistência mecânica varia conforme o tamanho individual de cada fibra, mas também do modo como elas estão dispostas. A natureza das fibras é responsável pela qualidade do papel, que pode variar conforme o vegetal que lhes deu origem, com diferenças entre si na sua forma estrutural, tamanho e pureza [7].

Para fazer papel, as fibras de celulose da madeira têm de ser separadas umas das outras. Esta não é uma tarefa fácil porque a lignina, molécula tridimensional, confere rigidez, impermeabilidade e resistência, tornando bastante difícil a separação dos materiais [5].

Como primeiro passo para o fabrico de papel, é essencial separar as fibras da madeira e para tal recorre-se a métodos mecânicos, químicos ou semi-químicos. O método mecânico é utilizado para a produção de jornais, enquanto que o método químico é aplicado no fabrico de papel para embalagens, sacos, lenços de papel e utilizações de qualidade superior. O método semi-químico é usado também no fabrico de papel para embalagens [7].

### *2.1.2 Método mecânico*

Nos processos puramente mecânicos, os toros de madeira, preferencialmente coníferas, são sujeitos a tensões de corte intensas contra um rolo giratório, cuja superfície é coberta por um material abrasivo, libertando as fibras da estrutura lenhosa, obtendo-se, como resultado, uma pasta constituída por fibras individualizadas, feixes de fibras e fibras danificadas, denominada "pasta mecânica", podendo alcançar um rendimento que varia de 93 a 98 % [7][8].

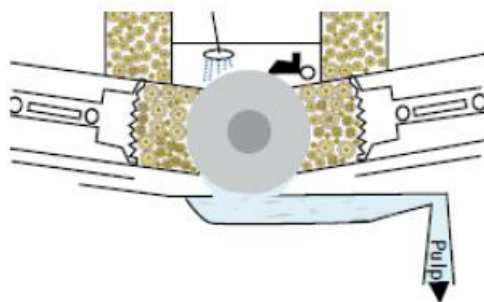


Figura 2.1 - Processo Termomecânico (retirado de [7])

O processo termomecânico é normalmente realizado em duas fases de refinação. Na primeira fase, os refinadores encontram-se a elevadas temperaturas, aproximadamente 140 °C - valor mesmo abaixo da temperatura de transição vítrea da lignina, sujeita a pressões para promover a libertação da fibra. As altas temperaturas fazem com que as fibras fiquem mais moles, permitindo uma recuperação de material com menores danos. Os principais componentes químicos da madeira permanecem inalterados, apesar da dissolução de água [7][8].

Na segunda fase, os refinadores, à temperatura ambiente, tratam as fibras para ficarem aptas para formação da folha. O rendimento termomecânico é um pouco inferior do que no processo mecânico (91 a 95%), no entanto as pastas resultantes possuem melhor qualidade, garantindo maior resistência mecânica e boa qualidade de impressão, é muito usada para o fabrico de papel para jornal, revistas e embrulhos entre outros [7][8].

### 2.1.3 Método químico

O método químico utiliza ácido bissulfito para lavar e remover a lignina. É nesta etapa que se provocam reações de desgaste da lignina, a temperaturas e pressões elevadas. A duração do processo denominado “cozimento” depende do grau de separação das fibras sem recurso adicional a energia mecânica. Apesar de serem considerados específicos para a remoção da lignina, estes processos são acompanhados por uma degradação e conseqüentemente solubilização, em média perde-se cerca de 10% da celulose e 50% das hemiceluloses originais. As condições de cozimento e as características originais da fibra, proporcionam rendimentos baixos, entre 40 a 60%. Na Figura 2.2, é possível ver a diferença das fibras submetidas a um processo mecânico e a um processo químico. Resumidamente, é um processo que se

caracteriza por ter uma alta qualidade, um baixo rendimento e garante uma força de cobertura para o papel e para as caixas [7][8].

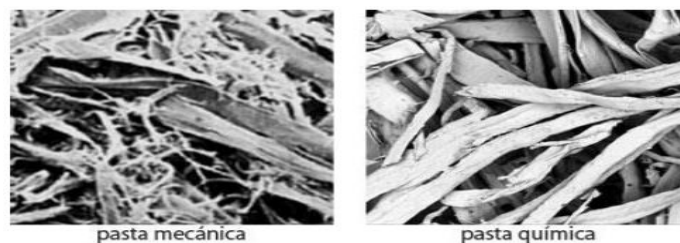


Figura 2.2 - Diferença entre a celulose submetida a um processo mecânico (à esquerda) e a um processo químico (à direita) (retirado de [7]).

Dependendo dos agentes, os processos podem ser classificados em alcalinos ou ácidos. Dentro dos processos alcalinos, os principais são os processos à soda, ao sulfato e *kraft*, para os ácidos os processos principais são o sulfito ou bissulfito. O processo de soda utiliza carbonato de sódio (soda) para restituir os componentes químicos perdidos durante o processo, é um método que não pode ser aplicado a fibras curtas devido à sua agressividade. Não é económico quando aplicado a resinosas devido ao prolongamento de tempo de cozimento que estes requerem, por este razão, este processo foi substituído pelo processo sulfato [7].

O processo de sulfato utiliza como agentes ativos o hidróxido de sódio e sulfureto de sódio, proporcionando maiores rendimentos e pastas de qualidade superior, comparando com o processo à soda. O processo ao sulfato utiliza condições menos drásticas no cozimento, reduzindo a degradação do material celulósico, também garante uma maior flexibilidade em relação ao tipo de madeira utilizada, no entanto, as folhosas são mais fáceis que as resinosas na remoção da lignina, devido à sua composição química e estrutural deste tipo de madeiras. Também designado por processo de kraft, devido à maior resistência física-mecânica das pastas assim produzidas. São utilizados os mesmos produtos químicos, mas numas condições menos rígidas, devido à redução de sulfato de sódio e à diminuição do tempo de cozimento, bem como a utilização de temperaturas menos elevadas [7].

#### 2.1.4 Método semi-químico

O processo semi-químico é uma mistura de tratamentos mecânicos e químicos. A grande maioria dos papéis produzidos são uma mistura de diferentes tipos de modo a garantir ao produto final uma combinação ótima de propriedades ao mais baixo custo possível. O processo semi-químico recorre a misturas de tratamentos mecânicos e químicos, a Figura 2.3 é uma comparação entre os processos [7][8].



Figura 2.3 - Resultado da separação das fibras num processo mecânico (à esquerda), num processo químico-termo mecânico (ao centro) e num processo químico-mecânico (à direita) (retirado de [7])

Através destes processos mistos, consegue-se obter pastas quase tão resistentes como as *kraft* ou claras de tom como as mecânicas. O rendimento deste processo situa-se entre os 50 e os 90% dependendo da amplitude que se dá ao processo químico [7].

Em primeiro lugar, as aparas de madeira são parcialmente amolecidas num digestor com químicos e vapor de água, a pressão e temperatura elevadas, no entanto, inferiores comparativamente aos processos químicos. De seguida, a pasta é sujeita a uma lavagem para remover o licor de cozimento e os componentes orgânicos dissolvidos [7].

Resumindo, é um processo que se caracteriza por oferecer ao papel uma maior resistência, devido à rigidez inerente ao papel fabricado por estas pastas, característica muito importante no cartão canelado, que se deve a uma presença residual de lignina na pasta (15-20%), por isso, é que é adequado essencialmente para a realização de cartão canelado (ondulado) [7][8].

Após a lignina ser dissolvida, as fibras de celulose têm de ser limpas. A fibra é diluída em água com lama que, posteriormente, é depositada sobre uma tela de arame em movimento, formando um tapete de papel. Depois de ser comprimido por uma série de prensas e após o papel estar seco, este é enrolado em rolos de grandes dimensões, que são enviados para diferentes plantas e transformados em produto acabado [5].

### 2.1.5 Fibras e diferentes tipos de papel

Existem dois tipos de fibras, curtas e longas. As primeiras são normalmente obtidas de árvores folhosas tipo eucalipto, as segundas são obtidas de árvores do género pinheiro. As fibras curtas são indicadas para situações em que seja necessário uma boa maleabilidade, qualidade de impressão e escrita. As fibras longas são adequadas quando existe a necessidade de oferecer resistência ao papel para embalagens [7].

Como dito anteriormente, o processo kraft ou de sulfato é o que, normalmente, utiliza madeiras macias, pois possuem fibras mais longas, por isso produzem cartão mais forte, muito aplicado para a realização da parte interior ou exterior numa embalagem de cartão canelado - faces planas. O processo semi-químico é usado para produzir o canelado, que tem diferentes requisitos das outras partes. É feito a partir de fibras de madeira que tendem a ser mais curtas, mas ao mesmo tempo mais rígidas do que as fibras de madeira utilizadas nas faces planas [5].

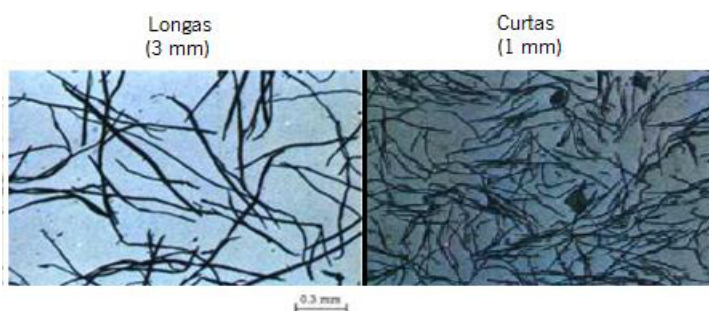


Figura 2.4 - Comparação entre fibras longas e curtas (retirado de [8])

Existem diversos tipos de papéis e para facilitar a sua utilização são divididos em famílias de acordo com os processos utilizados na sua produção e, também, devido ao seu teor de fibra virgem. Na Tabela 2.1, estão apresentadas as características gerais destas famílias.

Tabela 2.1 – Família de papéis utilizados na produção de cartão canelado (retirado de [9])

<b>Liners</b>	<i>Kraft</i>	Um <i>kraft</i> (ou <i>Kraft liner</i> ) é um papel predominantemente feito à base de fibra virgem. Tem grande resistência à água e à humidade.
	<i>Testliner</i>	Um <i>testliner</i> é classificado em diferentes níveis, dependendo do teor de papel reciclado que proporciona características intermédias de resistência à água e humidade.



	Reciclado	Um papel reciclado é produzido a partir de papel reutilizado sem introdução de fibras virgens. É pouco resistente à água e à humidade.
Canelado	Semi-químico	Um canelado semi-químico é um papel predominante feito à base de fibras semi-químicas. Proporciona características intermédias de resistência à água e humidade.
	Reciclado	Um papel reciclado é produzido a partir de papel reutilizado sem introdução de fibras virgens. É pouco resistente à água e à humidade.

A qualidade do cartão está dependente do tipo de papel que se usa. Fatores, como a espessura, a humidade relativa, o teor de fibra virgem, a gramagem e a adição (ou não) de resinas ao papel, provocam uma maior ou menor resistência à prancha de cartão canelado. A humidade relativa depende, mais uma vez, do tipo de papel que se usa, mas na maior parte dos papéis ronda os 7 e os 9%, exceto nos *krafts* que é mais reduzida em torno dos 5%, quanto maior for o teor de reciclado, maior será a humidade relativa. Por outro lado, as resinas têm como objetivo reduzir a capacidade de absorção do papel [5].

A produção de cartão simples – faces planas - representa aproximadamente 70% do cartão produzido, os outros 30% pertencem à produção do ondulado. A produção de cartão canelado deriva de cartão simples cujo canelado é produzido através de uma linha de produção específica, explicada no próximo subcapítulo [5].

## 2.2 Do papel à embalagem

Para a constituição de uma embalagem é necessário transformar o papel em cartão. Neste subcapítulo, explicar-se-á como é feita a aglomeração de vários papéis de modo a serem transformados em cartão.

### 2.2.1 O processo e a máquina

A caneladora é a máquina responsável pela produção de pranchas de cartão canelado, é, por assim dizer, imprescindível para o processo de produção de ondulado bem como também para a união do ondulado às faces planas. Esta máquina por si só completa uma linha de

produção, que pode atingir até 100 metros de comprimento composta por diversos pontos de montagem, tais como, suporte de rolo, pré-aquecedor, caneladora de face simples, ponte transportadora, dispositivo de pré-aquecimento multicamada (mesa de secagem), marcador/guilhotina, cortadora transversal, cortadora longitudinal (*slitter-scoring*), unidade de empilhamento, sistema de polpação e sistema de controlo eletrónico [5][9].

A Figura 2.5 e Figura 2.6 mostram uma representação geral e simplificada.

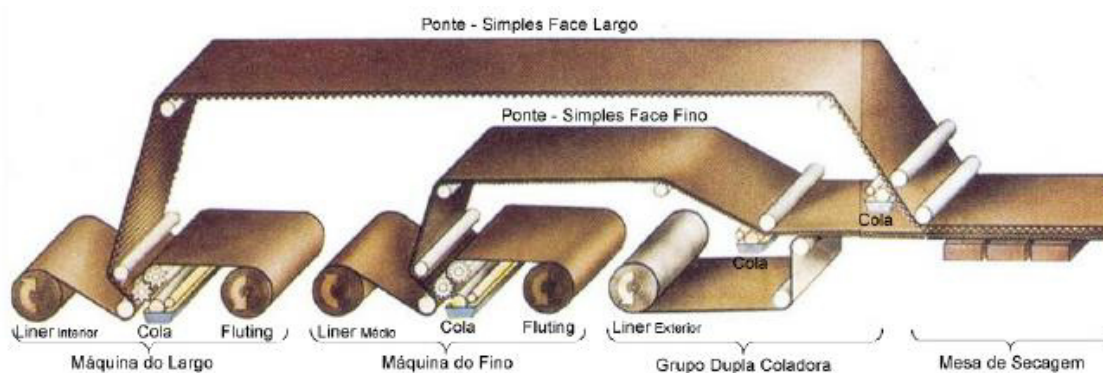


Figura 2.5 - Esquema simplificado do processo de produção de cartão canelado - zona húmida (retirado de [9])



Figura 2.6 - Esquema simplificado do processo de produção de cartão canelado - zona seca (retirado de [9])

Na Figura 2.5, é possível observar que a caneladora representada produz cartão de simples face largo e de simples face fina. Para realizar cartão de simples face largo é utilizada a “Máquina do Largo”, assim designada por produzir cartão com o maior tipo de onda – C. Consequentemente, o cartão de simples face fina é formado na “Máquina do Fino”, assim denominado porque produz a onda mais pequena – B, sendo também nesta máquina que se

produz a onda micro tipo E [9]. Por último, na representação da figura existe uma dupla caneladora, mesas de secagem e cortadores.

Esta máquina representada na figura tem capacidade para produzir cartão simples - *single Wall* - e cartão duplo - *double wall*. Obviamente, que existem outras máquinas capazes de produzir cartão triplo - *triple wall* - ou mesmo superior, mas não serão tratados neste trabalho, pois não é usado esse tipo de cartão nas embalagens da empresa. Como se pode perceber, o cartão canelado é constituído por um mínimo de 3 folhas de papel, dois *liners* (ou faces planas), um interior e outro exterior, e um ondulado (*fluting*), designando-se este conjunto habitualmente por prancha de cartão canelado.

Como representado na legenda das figuras, existe uma divisão natural da máquina dependendo da sua sequência no processo. A primeira zona é a denominada zona húmida, isto porque é, nesta etapa, que acontecem os processos de aplicação da cola e de vapor no papel, enquanto que na zona seca envolve apenas a utilização de energia motriz, para transportar o cartão ao longo da máquina, é nesta fase que a cola seca totalmente e existe a perfeita união entre as faces planas e o canelado. É na zona húmida que entram os rolos de papel, que têm características ideais para a construção de um certo tipo de cartão. Em seguida, vai ser explicado, pormenorizadamente, como é que estes 3 componentes, dois *liners* e um *fluting*, se tornam num só.

### 2.2.2 Produção de canelado

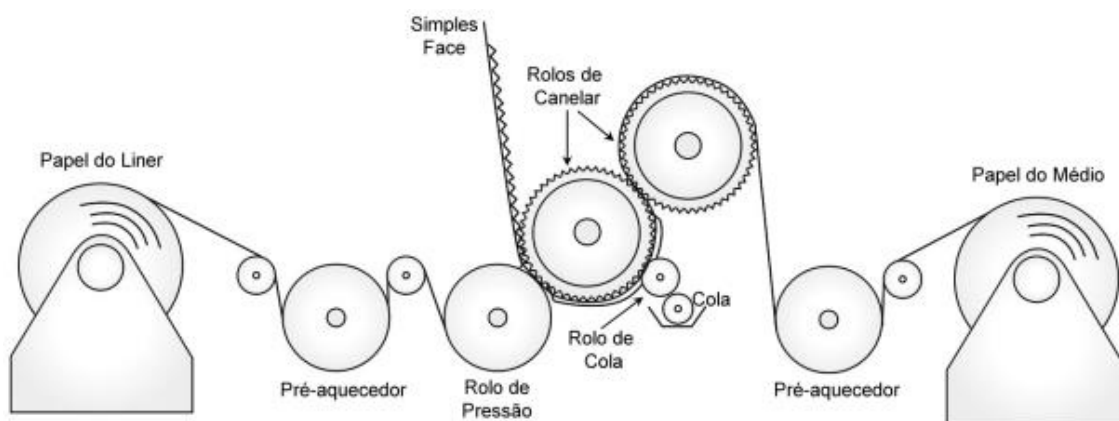


Figura 2.7 - Produção do canelado e sucessiva colagem (retirado de [9])

A Figura 2.7 é bastante explícita e demonstra o processo de produção de cartão canelado bem como da sua sucessiva colagem ao papel, formando uma simples face de cartão canelado. Como se observa nas extremidades da imagem estão dois rolos de cartão simples, do lado esquerdo está o rolo para realizar a face plana – *liner* - e na outra extremidade está o rolo que vai ser canelado – *fluting*. Este são os dois pontos de entrada que são colocados em porta-bobines.

O rolo que vai produzir o *fluting* é forçado a passar por humidificadores que introduzem um teor de água, no papel, aumentando a porosidade do mesmo para facilitar a absorção de cola, bem como a formação do canelado. É importante referir que o papel não pode ser muito aquecido antes de passar pelos rolos de canelar, uma vez que irá ser submetido a temperaturas elevadas durante um período de tempo alargado, podendo ser fragilizado por uma redução substancial do teor de humidade ou deterioração das fibras. Este processo pode tornar o papel frágil, o que pode provocar interrupções na linha de produção, caso haja algum rasgo, ou então uma redução na qualidade do produto final [9]. Por todas estas especificações, estes rolos pré-aquecidos, têm de possuir uma moagem de precisão e acabamento cromado, tornando-o, assim, suave e durável [10].

De seguida, este mesmo cartão vai sofrer a canelura, que consiste em forçar o cartão a passar entre uma espécie de duas rodas dentadas que dão o formato de onda sinusoidal ao cartão. Posteriormente, o cartão já canelado vai sofrer mais um contacto, desta vez, com a cola. É nas cristas do canelado que é posta a cola e não no cartão de face simples, reduzindo assim um possível desperdício de cola, pois a área de contacto das cristas do canelado é muito inferior à área de cartão para a realização de uma face plana – *liner*.

Na outra extremidade da imagem encontra-se o rolo do papel destinado à realização da face plana – *liner* - que é arrastado para o interior de cada uma das máquinas - largo ou fino. Nesta etapa, existe um processo de pré-aquecimento em cilindros metálicos. O papel envolve (“abraça”) o pré-aquecedor e é a percentagem de abraçamento que permite controlar a sua temperatura de saída [9].

No final deste processo, dá-se por concluída a realização de uma simples face de cartão canelado. Este aglomerado sobe através de pontes sendo, neste período de tempo, que a cola estabiliza, fazendo total ligação entre o *liner* e o *fluting*. De seguida, o cartão canelado entra na zona de secagem, que é composta por várias placas de aquecimento, cuja função é permitir que a cola atinja o ponto de gel rapidamente, ajudando a evaporar a humidade em excesso. Ao longo

da mesa de secagem, é exercida compressão para garantir uma boa aderência entre a face plana e o ondulado [9]. Pode-se concluir que, no final deste processo, se consegue obter um cartão de simples face, se o objetivo for produzir uma prancha de cartão canelado, este mesmo cartão, passa da ponte de transporte para a zona de colagem e canelagem, sofrendo mais uma vez um pré-aquecimento.

### 2.2.3 Cortadora de cartão canelado

O cartão produzido e explicado até agora ainda está longe de se tornar uma embalagem. Sequencialmente, é necessário cortar o que existe em excesso através de corte longitudinal e corte transversal. O corte longitudinal é executado no tapete de transporte e é feito por rolos como se pode ver na Figura 2.6 [9]. Existe um enorme desperdício de material, mas não se consegue evitar que tal aconteça para empresas de cadência de produção, como a Europac e Smurfit Kappa empresas visitadas. Este tipo de desperdício é classificado como desperdício interno, ou seja, entra nas contas da fábrica e não do cliente. Por sua vez, o corte transversal é efetuado por guilhotinas/empilhadeira que podem ser usadas na transmissão e empilhamento de cartão a grande velocidade. O cartão é alimentado para dentro da unidade de guilhotinagem/corte através de um rolamento de alimentação assistido por rolos duplos para prensar o papel e guias duplos de modo a garantir a concentricidade do cartão na altura do corte, evitando desvios de trajetória. A faca de corte é feita em aço e é utilizada para o corte transversal. Conduzida pelas engrenagens de precisão feitas também em aço, que podem cortar cartão de forma firme e com bom acabamento [5][9][10].

Seguidamente, o cartão denomina-se por pranchas de cartão canelado, pois já possui as medidas de atravancamento desejadas. Torna-se, assim, necessário dar ao cartão as especificações do cliente, tais como vincos, chanfros, cortes, pegas, entre outros. Estes cortes podem ser feitos através de ferramentas de corte rotativas ou planas. É importante explicar que para este tipo de corte existe mais uma vez um desperdício, mas este, por sua vez, é designado desperdício do cliente, por isso entra nas contas do cliente, pagando assim na íntegra toda a área da prancha de cartão. Um exemplo, duas pranchas de cartão de canelado com as mesmas medidas de atravancamento têm o mesmo preço de compra mesmo que uma delas possua menos área de cartão resultante de furos, entalhes ou outros pormenores. Aliás, a prancha de

cartão canalado que possui mais pormenores será possivelmente mais cara porque haverá a necessidade de comprar uma ferramenta de corte específica para este cartão que ronda entre os 200 e 300 € (dados facultados pelo fornecedor). Estas ferramentas de corte podem ser rotativas ou planas.

Um cortante rotativo usa um molde para cortar e marcar a forma em placas combinadas de cartão. A matriz de corte consiste em ferramentas de aço feitas por encomenda, montadas numa moldura de madeira (Figura 2.8) [5].



Figura 2.8 - Cortante rotativo (retirado de [5])

Cortantes de matriz rotativa usam um movimento circular para aplicar a matriz no cartão e são utilizadas, normalmente, para processar cartões longos a uma elevada velocidade de conceção. Possuem um corte progressivo em espiral com pequena força de impacto, a grandes velocidades e pequena precisão [10].

Por outro lado, cortantes planos usam uma matriz plana com um movimento de cima para baixo para fazer os cortes. Produzem cortes com precisão e sem rebarbas a uma velocidade de operação de corte regulada de forma automática de acordo com as especificações do cartão e velocidade de produção, no entanto, inferior aos cortantes rotativos [10].

De um modo comparativo, os cortantes rotativos e planos são usados para fazer pranchas de cartão com desenhos exclusivos que exigem certos cortes com ângulos, chanfros, entalhes e pontuações. Podem, também, fazer linhas perfuradas, buracos de ventilação ou orifícios de acesso nas caixas, tais como pegadas nas embalagens. No entanto, os cortantes podem ser caros, e se são necessários apenas cortes retos, o cortante rotativo é geralmente a opção mais económica [5].

### 2.2.4 Sistema de adesão para cartão canelado

O agente aglomerante que permite a união das estruturas ondulado/face plana é a cola, feita normalmente à base de trigo ou milho, dependendo das empresas. A Europac, empresa visitada, utiliza uma cola feita à base de amido de milho. Como dito anteriormente, a cola é aplicada nas cristas do canelado e não nas faces planas com o objetivo de reduzir possíveis gastos de cola. Para a criação de cartão de simples face, existe apenas a unificação de 2 componentes - ondulado e face plana. Caso se queira criar um cartão de parede única ou de dupla parede liga-se primeiramente o ondulado à face plana interior (e médio no caso dos cartões duplos) e só depois de estarem colados é que se faz a aplicação da cola na crista da onda que irá unificar com a face plana exterior [9].

Os principais componentes da mistura da cola são água, amido de milho, bórax e soda cáustica [Tabela 2.2].

Tabela 2.2 - Características dos agentes de aglomeração (retirada de [9])

Componentes	Função
<b>Água</b>	Permite ao amido passar a um estado diferente (gelatinização) e permite controlar o grau de viscosidade
<b>Amido de milho</b>	Responsável por formar o adesivo propriamente dito e influencia também a viscosidade da cola
<b>Bórax</b>	É o elemento que confere a textura gumosa ao adesivo final, ajudando a criar estabilidade na mistura durante o período de armazenamento e bombeio da cola para a máquina
<b>Soda cáustica</b>	Confere ao amido uma estrutura mais pegajosa e reduz o ponto de gel

A soda, em conjunto com o bórax, aumenta a viscosidade e a capacidade aglutinante. A percentagem de sólidos na mistura influencia diretamente a viscosidade e a temperatura a que é atingido o ponto de gel, bem como a capacidade adesiva da cola. A gelatinização é atingida a partir do momento em que é alcançado o ponto de gel (aproximadamente aos 60 °C – superior para os cartões simples e inferior para os cartões duplos) [9].

Em síntese, as características mais importantes da cola e que mais influenciam o processo e o resultado final da produção de cartão canelado são a viscosidade, a temperatura de gelatinização e a percentagem de sólidos [9].

### 2.2.5 Printer-Slotter

A *printer-slotter* é a máquina menos sofisticada para criar pranchas de cartão canelado, ao contrário dos cortantes apresentados em cima. Estas máquinas são produzidas em vários tamanhos para aplicar em diferentes linhas de produção de modo a acomodar os diferentes tamanhos de pranchas de cartão. É capaz de imprimir tanto texto como gráficos, usando exclusivamente tintas à base de água. Em seguida, faz os necessário cortes e empilha as pranchas de cartão canelado já concluídas [5].

Na Figura 2.9, está representado o sistema de impressão em cartão, normalmente cartão de apenas um canelado. Pode-se observar que é um sistema de 3 roldanas, em que a primeira roldana (designada por nº 1) tem contacto direto com a tinta. Esta roldana vai entrar em contacto direto com a roldana número 2, e esta última entra em contacto com o cartão que nesse mesmo momento está envolvido na roldana número 3. A razão pela qual a roldana que está em contacto com a tinta não entra em contacto directo com o cartão é porque, se isso acontecesse, o excesso de tinta ia provocar pingantes no cartão de pouca absorção ou podia mesmo vir a estragar a pintura de uma linha de produção. Assim a roldana nº 1 ao entrar em contacto com a roldana nº 2 vai fazer com que alguma percentagem de tinta que está em excesso saia e fique apenas a necessária para colorir o cartão. Assim, consegue-se evitar possíveis desperdícios de tinta, bem como erros de pintura em cartão.

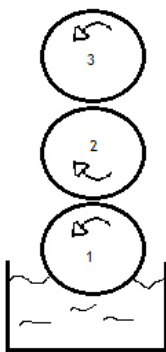


Figura 2.9 - Sistema de impressão de cartão canelado



### 2.2.6 Flexo Folder-Gluer

A *flexo folder-gluer* é também capaz de imprimir textos e gráficos bem como cortar cartão canelado transformando-o, em pranchas de cartão, com as exigências do cliente. O atributo desta máquina, e o que faz dela especial, está na capacidade de aplicar cola nos espaços de união da prancha de cartão, transformando num planificado [5]. Como dito anteriormente, esta máquina tem a capacidade de imprimir usando, como na *printer-slotter*, tinta à base de água porque é mais fácil de trabalhar, seca mais depressa e é mais amiga do ambiente. A *flexo Folder-Gluer* trabalha a uma velocidade superior da *printer-slotter*, por isso, quando existe a necessidade de realizar grandes encomendas num curto período de tempo, esta máquina é a preferida.

### 2.2.7 Stitcher/Taper

Esta máquina tem como função unir pranchas de cartão canelado, tornando-as em embalagens não montadas (planificadas) prontas para serem entregues ao cliente. Algumas caixas saem das instalações apenas em pranchas de cartão, ou seja, não existe nenhum ponto de união quer seja ele um agrafio, cola ou fita-cola. Existem duas soluções, ou o cliente tem maquinaria na sua fábrica para unir as embalagens ou então tem de ser o fornecedor de cartão a tratar dessa união. Caso seja encargo do fornecedor, este dispõe de máquinas como a *stitcher and taper* ou a *flexo folder-gluer* [5]. De destacar que, se o cliente possuir essa maquinaria, consegue poupar bastante em termos de transporte, pois pranchas de cartão canelado unidas (planificadas) ocupam muito mais espaço do que pranchas de cartão planificadas, por outro lado, exige sempre mais mão de obra. Por outro lado, se o cliente exigir a união prévia das embalagens vai poupar bastante tempo na montagem das embalagens bem como na mão de obra.

## **2.3 Reciclagem**

O cartão é feito a partir de recursos naturais renováveis que usam uma alta percentagem de fibras recicladas, fazendo com que este material tenha o melhor registo ambiental, comparando

com qualquer outro tipo de material para embalagens. A gestão ambiental é uma característica básica de fabricação de cartão ondulado, desde a gestão de recursos renováveis, processos de fabricação responsáveis até à recuperação generalizada e reciclagem para fechar o ciclo [5].

### 2.3.1 Processo de reciclagem de cartão

O cartão tem certas características que fazem dele o material mais utilizado no mundo de transportes de mercadorias. A sua versatilidade, associado ao seu baixo custo, faz com que seja o material mais reciclado do mundo, atingindo uma taxa de reciclagem de cerca de 73% [5].

Tanto as grandes empresas como os consumidores pequenos de cartão (uso doméstico) têm um papel fundamental na renovação contínua deste material. Apesar de quase todas as pessoas contribuírem para a reciclagem do OCC (*old corrugated containers*), poucas sabem o processo pormenorizado para a reciclagem e também desconhecem qual a “nova vida” que este produto ganha. No diagrama a seguir vai ser explicado todo o processo de renovação do cartão [5].

1. Os OCC - *old corrugated containers* - são coletados, em muitos casos, como parte de um fluxo de materiais recicláveis misturados. Para otimizar a sua capacidade de reciclagem devem estar isentos de contaminantes, como alimentos, cera, fita cola, folhas de metal, entre outros;
2. Depois de coletados e limpos, os OCC - *old corrugated containers* - são classificados, compactados e embalados para fins de armazenamento e manuseio eficiente, seja no ponto de uso final (loja ou empresas) ou no centro de reciclagem;
3. Os fardos de cartão são abertos e os OCC - *old corrugated containers* - são colocados num desfibrador de grandes dimensões (com aspeto de um liquidificador) com água. É agitado para formar uma pasta lamacenta de fibra e água;
4. Remoção dos contaminantes:
  - a. É introduzido um grande *Ragger* (corrente ou corda) dentro do desfibrador para eliminar alguns contaminantes, tais como longos pedaços de corda, fita-cola, faixas de plástico e metal vão-se envolver em torno do *Ragger* e podem então ser removidos do desfibrador;

- b. A pasta de papel restante passa através de diferentes tipos de equipamentos, tais como torres (cujo metal é descido por completo para a remoção), telas, ciclones, e mesmo grandes tanques onde os contaminantes flutuam no topo e de onde são depois removidos, ou seja, o material não desejado sobe ou desce facilitando a sua remoção. A pasta limpa é então enviada para a máquina de papel;
5. As fibras altamente diluídas são derramadas numa tela móvel permitindo que a água escorra formando um tapete de fibra contínua, que é depois prensada para remover mais água;
6. Para a remoção da humidade restante de papel, as fibras de folha contínua são enroladas através da secção de secagem, onde a parte superior e inferior entram em contacto alternadamente com as superfícies aquecidas dos cilindros;
7. No final deste processo, o papel é enrolado em bobine atingindo pesos que podem alcançar entre 10 a 60 toneladas;
8. O rolo é cortado e rebobinado em rolos individuais que pesam cerca de 3 toneladas cada. O processo de reciclagem está completo, os novos rolos de papel são enviados para os fabricantes de embalagens para começar a próxima fase da vida transformando-se em novas caixas de cartão (adaptado de [5]).



## Capítulo 3

### Engenharia de embalagens

Uma das vantagens mais distintas do cartão canelado em relação a outros tipos de materiais de embalagem é a sua versatilidade permitindo que cada embalagem seja projetada para uma aplicação específica. Embalagens de cartão canelado são, assim, projetadas e fabricadas para obedecer a requisitos específicos sejam elas quais forem. A partir do projeto estrutural, do desempenho, da impressão e do acabamento, que proporcionam valor poderoso de marketing, toda a embalagem é projetada para atender às necessidades exclusivas de cada cliente. Os subcapítulos seguintes abordam a estrutura básica da caixa, considerações de engenharia para desempenho no transporte, armazenamento, manuseio e sucessivos testes para aprovar o trabalho dos engenheiros de embalagens. Passo a passo, a indústria de cartão canelado continua a basear-se em ideias e tecnologias para produzir materiais de embalagem mais versátil e inovadora [5].

#### 3.1 Estrutura de uma embalagem

A grande maioria de embalagens de cartão canelado são constituídas por dois grandes componentes, a face plana (*linerboard*) e o meio canelado/ondulado (*fluting/medium*), ambos são feitos de um tipo de papel que pode variar conforme as especificações que o cliente pretende (subcapítulo 2.1.5). Dentro da indústria de canelado existem vários tipos de cartão, que vão ser detalhados nestes subcapítulos, tendo em conta as suas características e aplicações.

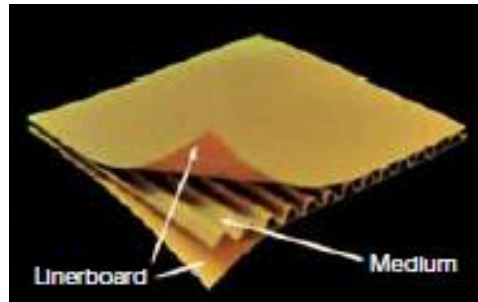


Figura 3.1 - Componentes de uma amostra de cartão canelado (retirado de [5])

### 3.1.1 Cartão canelado de face única

É constituído apenas por uma face de cartão lisa colada a um ondulado (Figura 3.2). O cartão canelado de face única ou simples face possui a característica de ser bastante flexível e é, abundantemente, utilizado quando se pretende embalar diretamente artigos frágeis antes destes serem acondicionados à sua embalagem exterior. Pode ser utilizado também em exposições, como material decorativo [11].



Figura 3.2 - Cartão de face única (retirado de [11])

### 3.1.2 Cartão canelado de parede única

Este tipo de cartão canelado é, sem dúvida, o mais utilizado na indústria de transporte de produtos. É constituído por duas folhas planas de papel coladas, a cada um dos lados, de uma folha ondulada (Figura 3.3). Possui uma grande resistência que associado ao seu baixo peso tornam-no adaptável a uma larga variedade de aplicações de embalagem. A sua resistência e peso variam conforme o tipo de papel utilizado, proporcionando pranchas de qualidade variável [11].

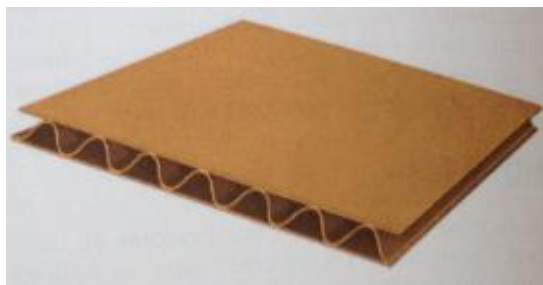


Figura 3.3 - Cartão de parede única (retirado de [11])

### 3.1.3 Cartão canelado de dupla parede

É composto por 3 folhas planas de papel, que são coladas a 2 meios canelados, também conhecido no mundo industrial por duplo canelado. Obviamente, mais forte que a placa de parede única, mas também mais pesado e também de maiores dimensões, conseqüentemente, mais caro. Ideal para transportar produtos mais pesados e de maiores dimensões, tais como, móveis e eletrodomésticos são exemplos de alguns produtos que são embalados com este tipo de cartão [11].

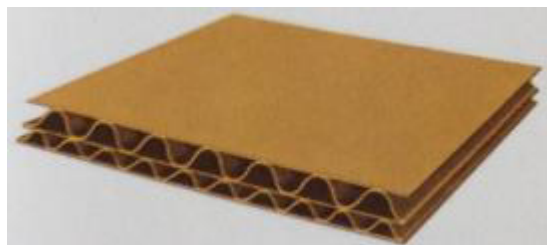


Figura 3.4 - Cartão duplo canelado (retirado de [11])

### 3.1.4 Cartão canelado de tripla parede

Para a construção deste tipo de cartão, são necessárias sete folhas de papel: 4 planas e 3 onduladas, como se pode ver na Figura 3.5. É utilizado para casos de embalagem de produtos muito pesados onde seja exigida elevada resistência à perfuração e ao empilhamento [11].

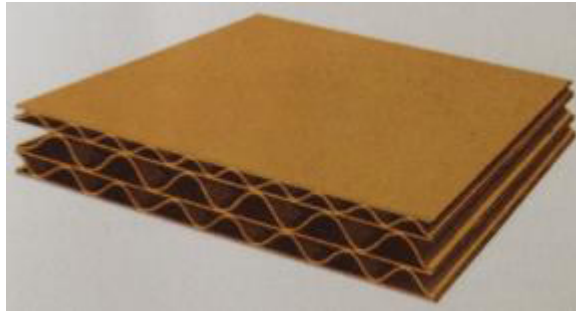


Figura 3.5 - Cartão triplo canelado (retirado de [11])

Existem outros tipos de cartão com mais níveis de canelado mas são apenas utilizados para casos específicos em que seja necessário suportar cargas muito elevadas e com grandes dimensões e, muitas vezes, para esses casos opta-se por outro tipo de embalagens.

### 3.2 Características do canelado

Um arco com a curva correta é a maneira mais forte de ocupar um determinado espaço [5]. Foi exatamente através deste princípio que engenheiros de embalagens aplicaram o mesmo no papel, criando o meio ondulado. Quando estes arcos de cartão são revestidos com um adesivo à base de amido e colados a duas faces planas de papel, fornecem propriedades mecânicas capazes de resistir à flexão e à pressão a partir de todas as direções. Quando é aplicada uma força paralela às ondas do ondulado (Figura 3.6), ou seja no topo, os arcos formam colunas rígidas, capazes de suportar uma grande quantidade de peso.

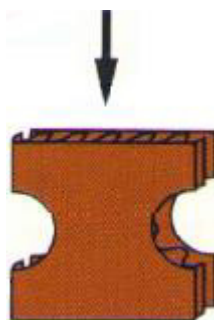


Figura 3.6 - Resistência do cartão a forças verticais (adaptado de [12])

Quando a pressão é aplicada perpendicularmente às ondas do canelado, o espaço entre as ondas atua como um almofada, e o ar existente entre o ondulado funciona como amortecedor



para proteger o conteúdo do recipiente (Figura 3.7) [5]. O ondulado também serve como um isolante, fornecendo alguma proteção do produto a partir de mudanças bruscas de temperatura. Ao mesmo tempo, o cartão de revestimento vertical proporciona resistência adicional e protege as caneluras de danos.

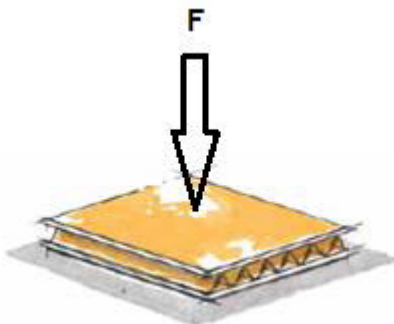


Figura 3.7 - Força aplicada perpendicularmente ao ondulado (adaptado de [5])

### 3.2.1 Perfil de onda do canelado

A onda ideal para a realização do canelado no ponto de vista estrutural é do tipo triangular [8], como está representado na Figura 3.8 – lado esquerdo. Mas dadas as múltiplas dificuldades técnicas existentes para o bom funcionamento dos rolos, associado à possibilidade de criação de rasgos, opta-se por uma onda sinusoidal, representado na Figura 3.8 – lado direito.

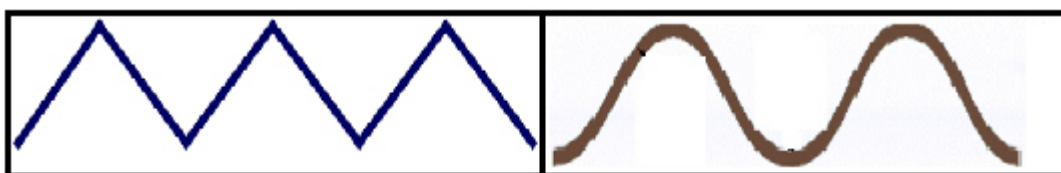


Figura 3.8 - Comparação entre onda triangular (esquerda) e onda sinusoidal (direita) (adaptado de [8])

### 3.2.2 Tipos de onda

Existem diversos tipos de onda que possuem características diferentes e são aplicadas em embalagens com fins distintos. A Tabela 3.1 demonstra as propriedades dos diferentes canelados e as suas aplicações.

Tabela 3.1 - Configurações de caneluras (adaptado de [9])

Tipo de onda	Nomenclatura	Amplitude de onda (mm) <sup>3</sup>	Altura de onda (mm) <sup>4</sup>	Nº de ondas por metro de comprimento de cartão canelado	Papel de <i>fluting</i> por m <sup>2</sup> de cartão canelado	Consumo de cola (g/m <sup>2</sup> )	Aplicação
<b>A</b>	Largo	8.0-9.5	4.8	110	1.50-1.55	4.5-5.0	Acolchoamento muito bom, resistência à compressão
<b>B</b>	Fino	6.8-8.0	2.4	150	1.30-1.35	5.5-6.0	Melhor qualidade para a impressão
<b>C</b>	Médio	5.5-6.5	3.6	130	1.40-1.45	5.0-5.5	Balanço entre as qualidades de A e B
<b>E</b>	Micro-canelura	3.0-3.5	1.2	290	1.15-1.25	6.0-6.5	Caixas tipo " <i>display</i> ", com pouco peso
<b>F,N</b>		2.4;1.8	0.5-0.8	400-550	1.15-1.25	9.0-11.0	

Na Tabela 3.1 podem-se comparar pormenores como a amplitude e altura de onda, bem como o papel e a cola necessária para realizar esse canelado. A Figura 3.9 ajuda a perceber visualmente a diferença entre eles.

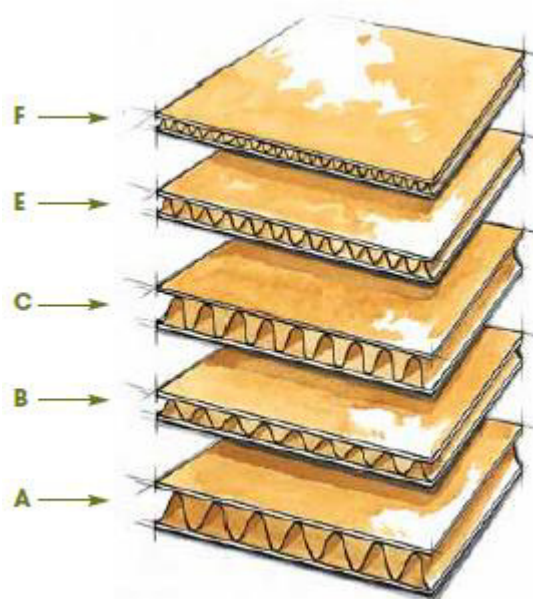


Figura 3.9 - Comparação de diferentes caneluras (retirado de [5])

Geralmente, os perfis de onda maiores proporcionam maior resistência à compressão vertical e amortecimento. Os perfis de onda menores fornecem recursos estruturais e são ideias para garantir a qualidade de impressão. Há também uma grande quantidade de variação no intervalo de tamanhos de ondas com base nas características da embalagem que são desejados/necessários para cada aplicação. Como dito anteriormente, é bastante comum pelas empresas de cartão produzirem uma combinação de mais do que um canelado, formando assim pranchas de cartão combinado com diferentes perfis de canelado. Por exemplo, uma prancha de cartão triplo, em que a camada do meio pode ser de onda A e as das extremidades podem ser ambas C. Esta mistura de perfis permite aos designers manipularem a resistência à compressão, à espessura, à capacidade de amortecimento e à força que consegue resistir [5].

### **3.3 Influência de fatores exteriores na resistência do cartão**

No próximo subcapítulo explicar-se-á a influência de fatores externos que provocam diminuição da qualidade no cartão canelado, tais como, a temperatura, humidade, tempo de armazenamento e empilhamento.

#### ***3.3.1 Condições ambientais***

As condições ambientais são um problema técnico muito sério e, muitas vezes, menosprezado pelo cliente e não detalhado pelo vendedor de embalagens, podendo muitas vezes levar a controvérsias comerciais. Uma embalagem de cartão passa por condições ambientais severas que podem danificar as suas características mecânicas. Por isso, é essencial que tanto o vendedor como o cliente estejam cientes da vida que a embalagem tem, desde a sua criação na fábrica até ao fim da sua utilização [13].

As fases de armazenamento e de transporte são fatores de grande influência no comportamento funcional das caixas de cartão, pois ao longo desse período existem variações termo-higrométricas nas mercadorias e, para além disso, o cartão canelado é um material higroscópico (feito à base de papéis colados entre si), sendo que o teor de humidade ambiental influencia as características pelo que todas as suas propriedades físico-mecânicas dependem do teor de humidade ambiental. Por isso, é evidente a influência da variação das condições de

humidade relativa, principalmente nos armazéns (de origem ou destino) como durante os transportes. De destaque que a grande maioria dos armazéns não são condicionados, não são edifícios fechados em que as variações de temperatura se devam situar entre os 15 e os 30 °C e a humidade ambiental entre os 30 e os 60% [13]. Existem outros casos onde caixas de cartão canelado são colocadas ao ar livre, cobertas simplesmente com oleados ou folhas de plástico, aguardando carregamento.

É importante considerar as variações térmicas de um país para outro nos casos especiais de exportações ao longo das estações do ano [13]. Na Tabela 3.2, estão detalhados alguns exemplos das condições meteorológicas entre cidades da Europa, no Inverno e no Verão. É de destaque a diferença de temperatura e de humidade, por isso, os utilizadores de embalagens de cartão devem ter em conta que as alterações no teor de humidade provocam mudanças dimensionais dos cartões. Assim, é essencial prevenir estas possíveis consequências ou pelo menos reduzi-los tanto quanto possível.

Tabela 3.2 - Condições meteorológicas (Inverno e Verão) em cidades da Europa - Valores médios (retirado de [13])

Cidades	Janeiro		Julho	
	Temperatura °C	Humidade	Temperatura °C	Humidade
Estocolmo	-2.9	85	17.8	72
Londres	+4.2	88	17.6	72
Amesterdão	+1.7	89	17.0	81
Bruxelas	+2.2	88	19.0	80
Paris	+3.1	89	18.8	70
Frankfurt	+0.7	88	17.6	69
Zurique	-1.1	83	17.0	70
Madrid	+4.4	80	23.9	50
Roma	+7.2	77	25.0	56

Normalmente, todo o cliente de cartão canelado exige ao fornecedor amostras do cartão que pretende receber no futuro, mas muitas vezes o cliente apenas testa internamente se o cartão e a embalagem são funcionais, esquecendo-se de um fator de extrema importância: as embalagens são muitas vezes sujeitas a cargas de empilhamento durante um certo período de tempo, perdendo ou diminuindo as suas propriedades físicas de origem. A Tabela 3.3

demonstra que a sua deterioração é inevitável nas caixas de cartão canelado, podendo ser mais ou menos lenta, mas é crescente e, com o tempo, pode ser absoluta e irreversível [13].

Tabela 3.3 - Relação percentagem de perda de resistência com o tempo de empilhamento e humidade (adaptada de [5])

Percentagem de perda	
Tempo de empilhamento sobre carga	10 dias – 37% de perda
	30 dias – 40% de perda
	90 dias – 45% de perda
	180 dias – 50% de perda
Humidade relativa sobre carga	50% - 0% de perda
	60% - 10% de perda
	70% - 20% de perda
	80% - 32% de perda
	90% - 52% de perda
	100% - 85% de perda

### 3.3.2 Tempo e condições de armazenamento

Há duas maneiras diferentes para empilhar embalagens em paletes: *Interlocking* e *column*. A primeira, *Interlocking* (Figura 3.10 - lado direito), provoca uma redução até 50 % da sua capacidade de empilhamento após 100 dias de empilhamento. O empilhamento em coluna (Figura 3.10 - lado esquerdo), é o método preferido - empilhamento de uma caixa diretamente em cima doutra. Infelizmente, qualquer padrão de empilhamento pode resultar em algum tipo de desalinhamento das camadas, podendo mesmo perder até 30 % da capacidade de carga [5].

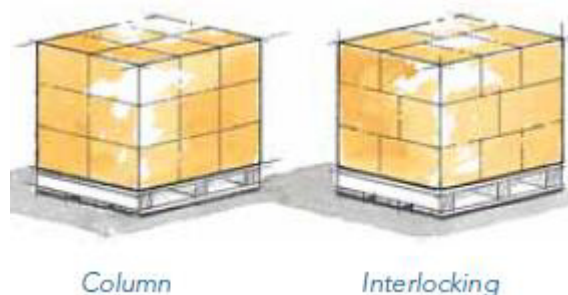


Figura 3.10 – Duas maneiras diferentes de empilhamento (retirado de [5])

Quando as caixas estão dispostas sobre uma paleta de modo a que haja excesso de cartão nas bordas – *overhang* - mesmo que seja apenas 20 mm, pode perder até 30% da sua resistência. Outro problema a ter em conta é o espaçamento entre as placas da paleta que também resulta numa redução da capacidade de carga unitária - variando de 5 até 15%, porque existe uma redução de área de contacto entre a embalagem e a paleta [5].

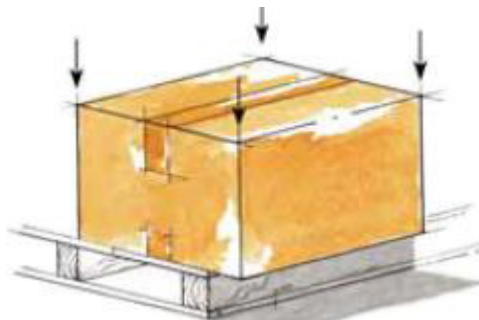


Figura 3.11- Problema de paletização – *Overhang* (retirado de [5])

Todos estes aspetos influenciam no dimensionamento do cartão a escolher e estão descritos na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Relação percentagem de perda de resistência com paletização (adaptada de [5])

Paletização	
Colunar, alinhado	Até 8% de perda
Colunar, mal alinhado	10 – 15% de perda
<i>Interlocked</i>	40 - 60% de perda
<i>Overhang</i>	20 - 40 % de perda
<i>Pallet deck board gap</i>	10 - 25% de perda
Excessivo manuseamento	10 – 40 % de perda

### 3.4 Ensaios realizados

As embalagens de cartão canelado são submetidas a cargas e a esforços diversos durante as fases de transporte, armazenamento e manuseamento, quer estas sejam para finalidades domésticas ou para exportações. É impossível prever a 100% o seu comportamento mas podem-se analisar os fatores que o influenciam e, de certo modo, prever em laboratório como se vão comportar, quando sujeitas a certas condições. Nos próximos subcapítulos serão explicados

vários testes realizados com o objetivo de simular ao máximo as adversidades que o cartão vai sofrer [14]. Uma embalagem de cartão canelado é um conjunto de matérias-primas que combinadas formam a ferramenta mais utilizada para transporte de mercadorias. Por isso, é tão importante testar a embalagem como testar os seus componentes como o cartão, as folhas de papel lisas e o próprio canelado.

Para a realização dos testes aqui descritos existe a necessidade de retirar amostras, que podem ser retangulares (100 x 25 mm) ou circulares (Figura 3.12).

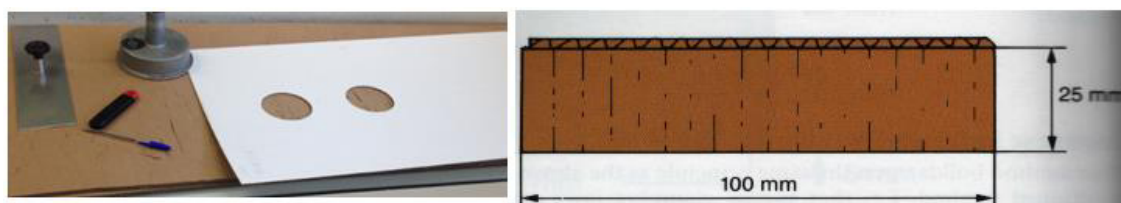


Figura 3.12 - Amostra circular e retangular (retirada de [8])

Em primeiro lugar, e seguindo a ordem cronológica da criação de uma embalagem, começa-se por explicar os ensaios físicos ao papel.

### 3.4.1 Ensaios físicos ao papel

Dentro dos ensaios físicos realizados ao papel destaca-se o SCT - *Short Compression Test*. É um teste de compressão realizado nas folhas de papel lisas e no canelado. É possível prever, com uma pequena margem de erro, o valor de resistência à compressão vertical de um provete de cartão canelado através do somatório dos seus constituintes (*liners* e *fluting*) [8]. O valor expressa-se em kN/m.



Figura 3.13 - -Ensaio de SCT (retirado de [5])

### 3.4.2 Ensaio físicos ao cartão

Após a explicação do teste realizado aos componentes individuais, serão explicados os testes realizados ao conjunto de cartão canelado.

#### 3.4.2.1 Ensaio de resistência ao esmagamento vertical ECT - *Edge Crush Test*

O objetivo deste teste consiste na determinação da resistência à compressão vertical das caneluras. Para tal coloca-se um provete retangular de cartão canelado (Figura 3.12 – lado direito) entre os pratos de um aparelho de compressão, com as caneluras dispostas perpendicularmente para os pratos, submete-se a amostra a uma força de compressão crescente até se determinar a força máxima que o provete pode suportar [Figura 3.14] [12].

Através da determinação do esmagamento vertical do cartão (ECT) é possível calcular a resistência das caixas à compressão vertical simulando o empilhamento [12].

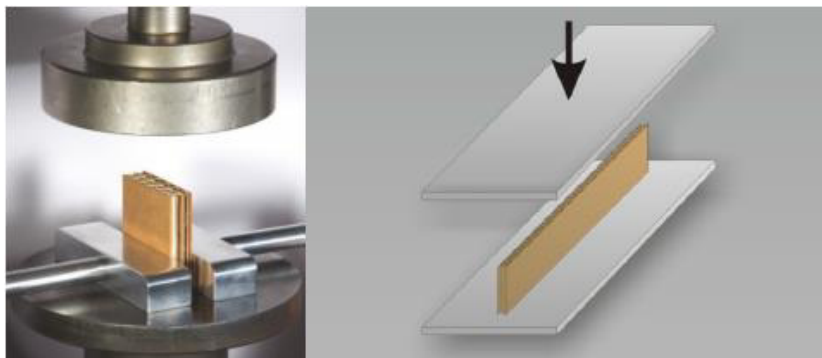


Figura 3.14 - Demonstração do ensaio de resistência à compressão vertical (retirada de [9])

A equação 3.1 refere-se ao cálculo do ECT.

$$ECT = 0.45(SCL_{L1} + \alpha SCF_F + SCT_{L2})[\text{kN/m}] \quad (3.1)$$

Sendo que:

$\alpha$  - Papel de *fluting* por m<sup>2</sup> de cartão canelado (determinado na Tabela 3.1, página 28)

SCT – *Short (span) Compression Test*

L1/L2 – *Liner 1 / Liner 2*

F – *Fluting paper médium* (ondulado)



### 3.4.2.2 Ensaio de resistência ao esmagamento horizontal FCT – *Flat Crush Test*



Figura 3.15 - Máquina de ensaio de resistência ao esmagamento – compressómetro (laboratório Europac)

Este teste consiste na determinação da resistência ao esmagamento plano das caneluras, através da colocação de um provete de cartão canelado entre os pratos, planos e paralelos, de um aparelho de compressão (Figura 3.15). Submete-se a amostra a uma força de compressão crescente, aplicada, perpendicularmente, até ao esmagamento total das caneluras, expressa-se em kPa. Só se realiza este teste para provetes de cartão com 1 canelado – cartão de uma única simples face ou cartão de parede única [14].

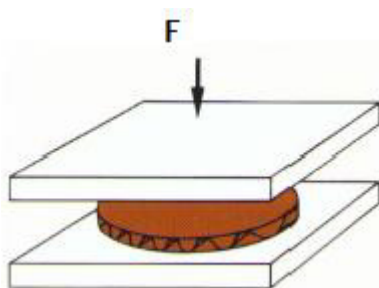


Figura 3.16 - Demonstração do ensaio de resistência ao esmagamento (retirada de [8])

### 3.4.2.3 Ensaio de absorção (Método de Cobb)

Consiste em sujeitar uma amostra de papel ou cartão canelado de área definida (Figura 3.12 – lado esquerdo) a um determinado nível de água durante um certo período de tempo

(normalmente 60 ou 1800 segundos), com o objetivo de medir a resistência do provete à absorção de água. O grau de absorção de água é um fator importante para a colagem e impressão do papel.

Expressa-se nas seguintes unidades:  $\text{gr}/\text{m}^2$

Descrição do processo observado na visita de estudo à Europac:

1. Pesar a amostra;
2. Expor o provete à presença de 100 ml de água durante 1 minuto;
3. Secar a amostra com a ajuda de um papel de absorção e um rolo de peso;
4. Voltar a pesar a amostra;
5. A diferença de peso dá-nos a absorção de água.



Figura 3.17 - Instrumentos para a realização do teste

#### 3.4.2.4 Ensaio de resistência ao rebentamento - *Mullen*



Figura 3.18 - Máquina para teste de *Mullen* (laboratório Europac)

O ensaio de *Mullen* consiste em testar a resistência de um provete ao rebentamento por meio de uma membrana elástica estimulada por um líquido de pressão (glicerina).

Através deste ensaio consegue-se simular a resistência dos papéis de cobertura do cartão quando sujeitos a impactos, que determinados conteúdos ou manuseamentos, podem provocar [14].

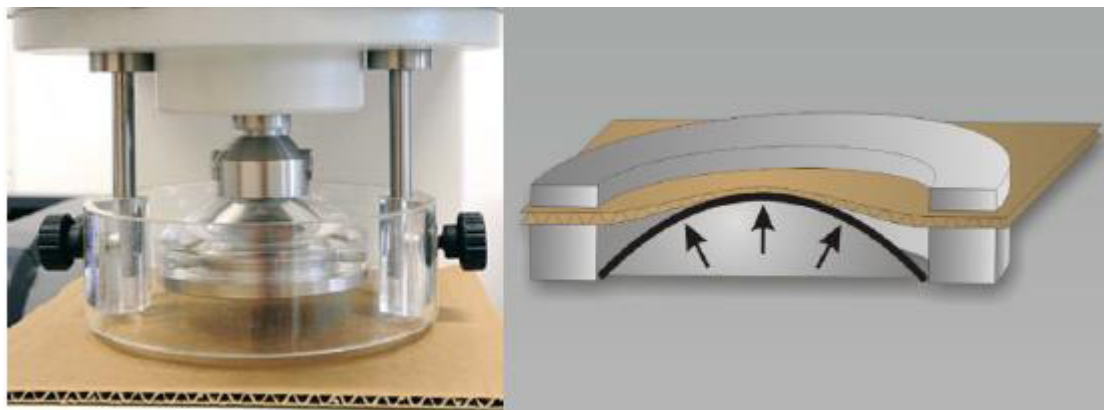


Figura 3.19 - Modelo real e modelo virtual do teste de Mullen (retirado de [9])

### 3.4.3 Ensaio físicos em caixas de cartão canelado

A realização de ensaios ao cartão, muitas das vezes, não é suficientemente eficaz para prever o comportamento da embalagem quando sujeita a esforços externos. Nos próximos subcapítulos serão explicados alguns de vários ensaios, que se realizam a embalagens, completas e isso inclui o próprio produto que se quer transportar e proteger. Têm como objetivo testar fisicamente possíveis embalagens para serem implementadas no mercado. Estas têm que obedecer a certos requisitos, e em laboratório consegue-se prever com uma certa margem de erro como se vão comportar as embalagens. Assim, de um modo geral, pretende-se:

- Testar qual a embalagem mais indicada para um mesmo conteúdo;
- Testar qual o tipo de divisória mais indicada para uma determinada embalagem e um determinado produto [14].

### 3.4.3.1 Ensaio de vibração



Figura 3.20 - Ensaio de vibração (retirada de [14])

O teste de vibração é dos ensaios mais importantes a realizar, pois consegue-se reproduzir as vibrações que as embalagens sofrem quando submetidas a transporte. O objetivo primordial deste teste é prever danos e avarias que podem derivar da sua frequência e amplitude demasiadamente elevadas e da falta de proteção adequada para os produtos embalados [14][15].

### 3.4.3.2 Ensaio de queda

Este tipo de ensaio, como o nome indica, consiste em provocar um choque da embalagem com o solo. É possível evitar quedas de material mas é impossível controlar a 100%, por isso, as embalagens devem estar prevenidas para tal, sendo assim, este ensaio serve para estudar o comportamento da embalagem quando sujeita a mau manuseamento [14].



Figura 3.21 - Ensaio de queda da embalagem (retirada de [5])

### 3.4.3.3 Ensaio simulação de empilhamento BCT - *Box Crush Test*

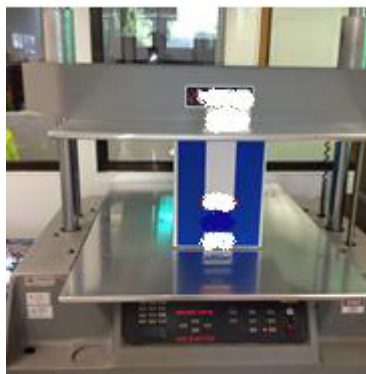


Figura 3.22 - Prensa simuladora do teste BCT – laboratório da Europac

O principal objetivo deste ensaio é simular o empilhamento a que uma embalagem vai estar sujeita, quando submetida a empilhamento tanto em armazéns como em transportes. Para tal é necessário a utilização de um compressómetro (Figura 3.22) que é constituído por dois pratos, sendo que um deles está fixo e o outro é munido de movimento vertical provocando uma carga crescente à qual a embalagem deve resistir até ao seu ponto de rotura. Nesse preciso ponto é registada a resistência máxima oferecida pela caixa à pressão exercida. É importante realçar que este é um teste dinâmico e não testa apenas a resistência à compressão mas também o seu comportamento global como produto acabado, tendo em consideração a matéria-prima, o design e o tipo de canelura [14].

Através da fórmula de McKee [12] consegue-se determinar o valor de BCT.

$$BCT = a \times ECT \times \sqrt{T \times Z} \text{ [kN]} \quad (3.2)$$

Sendo que:

a – Constante aproximadamente igual a 5,87 (para cartão de parede única)

ECT – Compressão vertical do provete de cartão [kN/m]

T – Espessura do cartão [m]

Z – Perímetro = 2 x (Largura + Comprimento) [m]

#### *3.4.4 Equilíbrio entre especificações*

Todos os testes explicados até agora são os que melhor simulam as situações a que uma embalagem pode estar sujeita, mas mesmo assim, não são totalmente fiáveis e não se consegue prever o seu comportamento de um modo totalmente replicável.

A embalagem ideal não é aquela que consegue atingir para todos os parâmetros os valores mais elevados possíveis, mas sim quando se consegue alcançar um equilíbrio entre as diversas características combinando a sua aplicação e o seu respetivo custo [14].

## Capítulo 4

### Uniformização de embalagens

Neste capítulo vai ser explicado o objetivo primordial desta dissertação, que é uniformizar embalagens. Como dito anteriormente no subcapítulo “Apresentação do problema”, esta é uma empresa multinacional que produz cerca de 6 mil autorrádios por dia a uma cadência de 4 autorrádio/minuto. Surge a exigência de empacotar todo este material em tempo real e entregá-lo ao cliente em perfeitas condições e para isto acontecer é obrigatório a empresa ter um sistema de expedição de produto extremamente bem organizado, não permitindo nenhum erro. Por outro lado, é um erro a existência de uma excessiva variedade de diferentes embalagens tornando-se necessário reduzir o número de caixas diferentes com o objetivo de prevenir o erro do operador, retirar valor económico à embalagem e sucessivamente ao autorrádio. Assim, o objetivo deste estágio é perceber a desorganização da zona de expedição para propor ideias capazes de diminuir o número de embalagens, aumentar a qualidade de trabalho do operador e simultaneamente diminuir os custos.

#### 4.1 Funcionamento da receção de cartão

Para fazer expedir o material a tempo, a empresa possui dois tipos de embalagens: embalagem oficial e embalagem alternativa. A oficial é normalmente uma embalagem retornável de plástico e após a entrega do material ao cliente este tem como obrigatoriedade devolvê-la à empresa, garantindo sempre que existem caixas para embalar e enviar o próximo produto. Se, por algum motivo, o cliente não conseguir fazer chegar a embalagem oficial a tempo à fabrica

existe sempre uma embalagem alternativa de cartão, não retornável, para entregar o produto atempadamente. Deste modo, é garantido que o material não fica parado em *stock* por falta de embalagens.

## 4.2 Estrutura e estudo da embalagem de cartão

Todo o estudo realizado debruçou-se sobre as embalagens de cartão, porque pertencem ao fornecedor (a empresa) e não ao cliente e, também, porque são as únicas que podem sofrer alterações. No que diz respeito ao cartão, não existem limitações de ideais, por isso qualquer proposta que se tenha pode ser exequível.

Como dito anteriormente, os autorrádios são um produto extremamente sensível e é necessário especial atenção ao seu transporte. Por isso, as embalagens têm de ter certos requisitos mínimos para proteger na totalidade os autorrádios, tais como:

- i. Proteção dos conectores;
- ii. Proteção contra riscos no *trimpate*;
- iii. Proteção contra sujidade;
- iv. Impedimento de vibrações do autorrádio;

Para tal acontecer é obrigatório:

- I. Bom dimensionamento das espumas protetoras dos conectores;
- II. Boa resistência do cartão:
  - a. na embalagem interior (partição);
  - b. na embalagem exterior.



Figura 4.1 - Embalagem de cartão

Todas as embalagens de cartão são compostas por 5 partes:



- i. Embalagem exterior;
- ii. Embalagem interior (partição);
- iii. Espuma;
- iv. Tampa;
- v. Saco.

#### 4.2.1 Embalagem exterior

Tem características dimensionais muito importantes, pois é ela que suporta todo o peso que está alocado por cima. Para além disso, é também responsável por proteger o conteúdo contra a humidade exterior e possíveis maus manuseamentos, como por exemplo, mau trato do operador, quedas e possíveis danos provocados por garfos de empilhadores. Evidentemente, não consegue proteger a 100% o conteúdo da embalagem, mas muitas vezes serve para prevenir males maiores.

Normalmente a embalagem exterior é a mais resistente do conjunto, obviamente também é a mais cara, não só por ser a mais resistente, mas também porque possui mais área. Se, por acaso, houver a possibilidade de partilhar o suporte do peso com a partição ou mesmo o produto que se está a transportar pode-se reduzir a qualidade do cartão.



Figura 4.2 - Embalagem exterior

No que diz respeito à escolha do tipo de cartão a utilizar para a embalagem exterior, todas as decisões foram supervisionadas pelo engenheiro de embalagens da empresa que está

destacado no México. Ao longo de várias conversas foram definidos diversos fatores a ter em conta no que concerne à escolha do tipo de cartão, tais como:

- i. Medidas de atravancamento;
- ii. Peso dos autorrádios;
- iii. Nrº de autorrádios/caixa;
- iv. Embalagens/nível de palete;
- v. Nrº de camadas/palete;
- vi. Peso da palete a utilizar;
- vii. Número de paletes empilhadas;
- viii. Tipo de onda de canelado;
- ix. Fatores ambientais:
  - a. Tempo de empilhamento;
  - b. Humidade relativa;
  - c. Tipo de padrão de palete;
  - d. *Overhang*;
  - e. *Pallet deck board gap*;
  - f. Excessivo manuseamento.

Através deste conjunto de fatores e com uma folha de cálculo facultada pelo fornecedor consegue-se determinar o valor de ECT mínimo para que a embalagem exterior suporte todas as condições a que está sujeita.

#### 4.2.2 Embalagem interior

A partição tem como principal função separar os autorrádios, evitando que possíveis vibrações provoquem choque entre eles. Entre a embalagem exterior e o suporte para a colocação dos autorrádios existe um “espaço morto” que tem como função estrutural absorver energia em caso de impacto. Quanto maior for o espaço morto maior será a proteção do autorrádio, em contra-partida maior será o custo da embalagem e transporte, pois possui mais área de matéria-prima.

Normalmente, a partição não suporta o peso de outras embalagens que possam estar empilhadas sobre a mesma, por isso *a priori* tem uma qualidade de cartão inferior da

embalagem exterior. Existem outros casos em que o suporte do peso que está empilhado é partilhado entre a embalagem exterior, interior e o próprio produto, caso este tenha uma certa resistência, por exemplo garrafas de vidro.



Figura 4.3 - Embalagem interior (partição)

### 4.2.3 Espuma

A colocação do autorrádio na embalagem dá-se por gravidade, ou seja o operador coloca o autorrádio na posição desejada e deliberadamente larga-o. Existe, por assim dizer, uma queda controlada dos autorrádios. Para não criar qualquer problema de funcionamento do mesmo é imprescindível a colocação de uma espuma no fundo da embalagem. Para além da óbvia importância estrutural contra esta queda, a espuma tem outra função importante que é proteger os conectores dos autorrádios. O conector tem de estar completamente livre, o contacto dá-se entre a espuma e o chassi do autorrádio, como se pode ver na Figura 4.4.

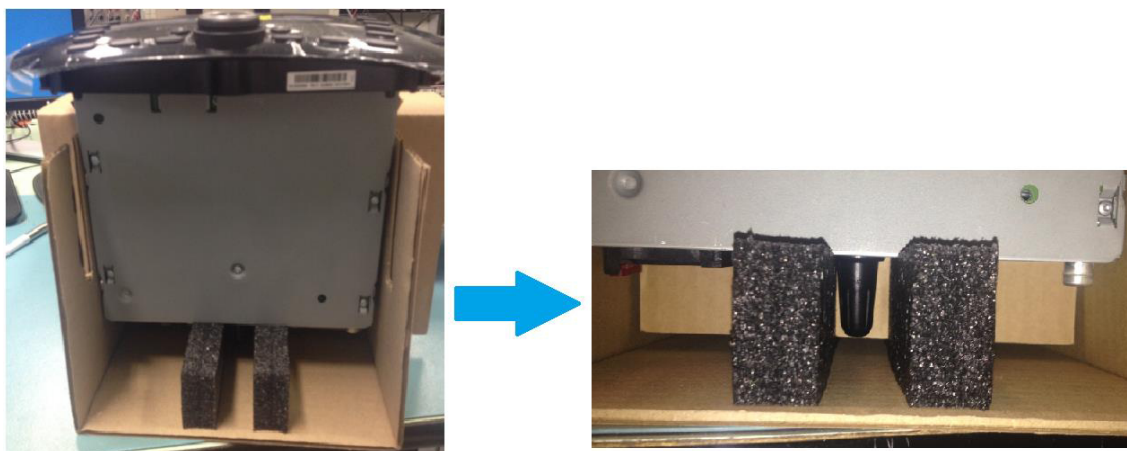


Figura 4.4 - Funcionalidade da espuma

#### 4.2.4 Tampas

Existem dois tipos de tampas [Figura 4.5] usadas na empresa:

- i. Tampas individuais para cada caixa;
- ii. Tampa comum para cada nível de caixas.

As tampas têm também um importante papel estrutural dentro da engenharia de embalagens. Na montagem de uma palete (sobreposição de caixas), as tampas impedem, em caso de acidente, que a caixa de cima entre na embalagem de baixo, danificando-a. Apesar de, nas tampas, a orientação da canelura ser horizontal e estas não suportarem tanto peso, têm na mesma um grande papel na segurança de uma palete, pois são responsáveis por uma distribuição uniforme do peso das embalagens, fazendo com que este seja suportado por todas as embalagens do mesmo nível. Para além disso, as tampas, também, servem para impedir a penetração de sujidade de maiores dimensões dentro da embalagem.



Figura 4.5 - Tampa individual e coletiva, respetivamente

#### 4.2.5 Sacos

Os sacos têm como função impedir a infiltração de sujidade na entrada dos *CD's* e também prevenir contra riscos no *trimplate* (interface Homem-Máquina).



Figura 4.6 - Saco ESD protetor de sujidade

#### 4.2.6 Paletização

Por último, todas as embalagens são preparadas na expedição para seguirem viagem para o cliente. Toda a expedição usa como base paletes para transporte interno e externo entre cliente-casa. A empresa trabalha com 2 tipos de paletes: Industrial e Europeia. A grande parte são de madeira e as diferenças são o número de tábuas e as suas dimensões, a palete industrial tem 1,20 x 1,00 m, enquanto que a palete europeia é de 1,20 x 0,80 m.

### 4.3 Primeira proposta de uniformização

A primeira ideia proposta foi a uniformização de todas as caixas exteriores de cartão. Esta ideia é, de longe, a mais ambiciosa de todas, pois consiste em uniformizar as embalagens exteriores e para tal acontecer é necessário uma combinação entre todas as embalagens que são exatamente 7 marcas diferentes.

Tabela 4.1 - Medidas de atravancamento da embalagem exterior das 7 marcas<sup>3</sup>

Cientes	A	V	G	S	F	W	D
Comprimento (mm)	575	492	595	<u>605</u>	545	605	444
Largura (mm)	286	295	251	241	276	<u>376</u>	358

<sup>3</sup> Por questões de confidencialidade os nomes dos clientes são substituídos por letras

Clientes	A	V	G	S	F	W	D
Altura (mm)	290	231	265	268	280	273	144

A ideia desta uniformização é utilizar a maior dimensão das 3 medidas de atravancamento (comprimento, largura e altura) criando uma única caixa com as seguintes dimensões descritas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Medidas de atravancamento (caixa única)

	Caixa única (mm)
Comprimento (S)	605
Largura (W)	376
Altura (A)	290

Para conseguir uniformizar todas as embalagens exteriores, é necessário adaptar os seus interiores. Como referido anteriormente, todas as embalagens possuem divisórias próprias para a colocação do autorrádio, bem como um espaço morto. Aumentada a largura e o comprimento das embalagens exteriores, em pelo menos 6 das 7 marcas, existe a obrigatoriedade de alterar também os interiores. Para tal, e sem comprometer o espaço destinado à colocação do autorrádio, alteraram-se os espaços mortos, como se pode observar através das setas a preto na modelação da Figura 4.7.

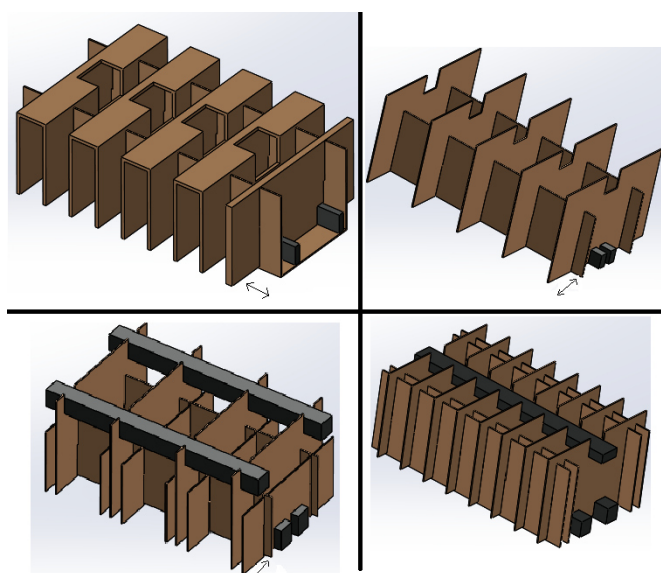


Figura 4.7 - Interiores das embalagens dos clientes A, G, W e V, respetivamente

### 4.3.1 Casos especiais

Para esta alteração prosseguir houve necessidade de vários ajustes, de entre os quais, alguns têm especial destaque, tais como:

- i. A caixa do cliente V é a mais curta em comprimento (492 mm), aumentando mais de 100 mm, existe espaço suficiente para a colocação de mais um autorrádio;
- ii. A embalagem do cliente D tem apenas 144 mm de altura, enquanto que a embalagem proposta tem 290 mm. Aumentando a altura para o dobro pode-se colocar o dobro dos aparelhos por embalagem (ver Figura 4.8).

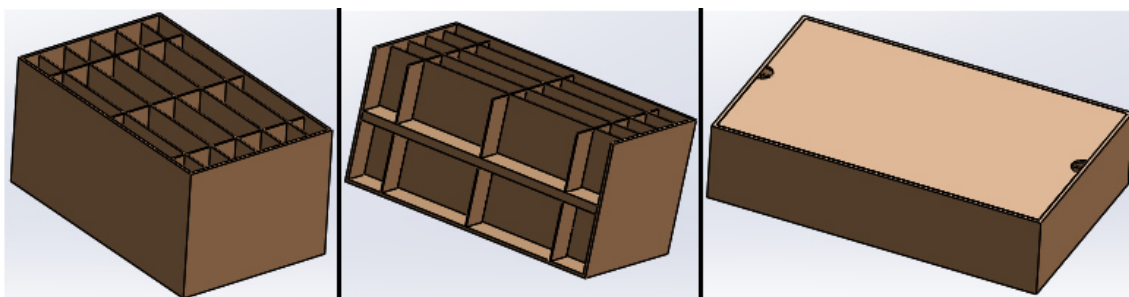


Figura 4.8 - Modelação 3D da nova proposta para a embalagem do cliente D– Embalagem completa, corte de plano frontal e corte de plano vertical

A embalagem do cliente D necessita de especial atenção, apesar de ter a vantagem de levar o dobro dos aparelhos, tem a desvantagem de transportar o dobro do peso.

### 4.3.2 Paletização

Como dito anteriormente no subcapítulo 4.2.6, a empresa trabalha com dois tipos de paletes, pois cada cliente tem exigências diferentes e pretendem receber as encomendas com um tipo de palete para aplicar às suas próprias linhas de produção.

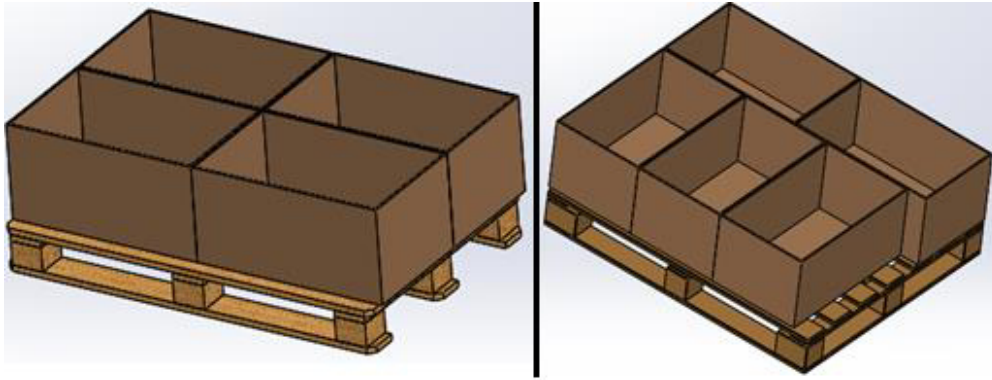


Figura 4.9 - Modelação 3D da ocupação numa europaleta e industrial, respetivamente

Com esta simulação consegue-se perceber que para esta embalagem única apenas se conseguem colocar 4 embalagens por nível na euro paleta, havendo um excesso de 10 mm de comprimento e uma sobra de 48 mm de largura, o que não causa qualquer problema. Para o caso da paleta industrial, conseguem colocar-se 5 embalagens por nível de paleta, sobrando 2 mm de comprimento e 19 mm de largura o que, mais uma vez, não representa qualquer problema.

### 4.3.3 Características do cartão

No que diz respeito à escolha do tipo de cartão advém de várias características, como explicado nos subcapítulos 4.2.1. Tratando-se de uma uniformização composta por diferentes autorrádios foi feita uma comparação, como se pode ver na Tabela 4.3, para determinar qual deles (cliente A, G, F, S, W, D e V) está sujeito a condições mais adversas e, conseqüentemente, necessita de cartão mais resistente.

Tabela 4.3 - Cálculo e determinação das características da 1ª proposta de uniformização [16]

Cliente	A	G	F	S	W	D	V
Peso dos rádios (kg)	2	1.9	1.6	0.6	2.05	0.8	1.6
Nrº de rádios/caixa	4	4	4	6	3	16	7
Embalagens/nível de paleta	5	4	5	4	5	4	5
Nrº de níveis de	3	3	3	3	4	3	4



Cliente	A	G	F	S	W	D	V
embalagens/paleta							
Peso da paleta a utilizar (kg)	13.6	10.9	13.6	10.9	13.6	10.9	13.6
Número de paletes empilhadas	2	2	2	2	2	2	2
Tipo de onda de canelado	BC	BC	BC	BC	BC	BC	BC
Tempo de empilhamento	90 dias	90 dias	90 dias	90 dias	90 dias	90 dias	90 dias
Humidade relativa	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Tipo de padrão de paleta	Colunar, alinhado	Colunar, alinhado	Colunar, alinhado	Colunar, alinhado	Colunar, alinhado	Colunar, alinhado	Colunar, alinhado
<i>Overhang</i>	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
<i>Pallet deck board gap</i>	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Excessivo manuseamento	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>ECT (kN/m)</b>	<b>7.92</b>	<b>7.74</b>	<b>6.48</b>	<b>3.96</b>	<b>7.74</b>	<b>5.94</b>	<b>14.94</b>

Para uniformizar a embalagem exterior de 7 clientes diferentes é necessário optar por um cartão duplo canelado BC com valor de ECT superior ou igual a 14.94 kN/m. Este valor é extremamente elevado e isso deve-se ao número de níveis de embalagens/paleta que o cliente V exige.

#### 4.3.4 Comparação de resultados

Em primeiro lugar, e analisando a Tabela 4.4, podem-se comparar 3 fatores importantes para todas as marcas: o número de aparelhos/embalagem, o número de embalagens/paleta e o número de aparelhos/paleta e, por último, a diferença de número de autorrádios por paleta comparando a nova ideia com o que já está implementado na linha de produção.

Tabela 4.4 - Comparação entre a proposta nova e as embalagens existentes

	Nrº de aparelhos/embalagem		Nrº de embalagens/palete		Nrº de aparelhos/palete		Diferença de rádios/palete
	Agora	Caixa única	Agora	Caixa única	Agora	Caixa única	
F	4	4	18	15	72	60	-12
A	4	4	18	15	72	60	-12
V	6	7	32	20	192	140	-52
G	4	4	18	12	72	48	-24
W	3	3	15	15	45	45	0
S	6	6	18	12	108	72	-34
D	8	16	24	12	192	192	0

É possível verificar que para o cliente F, A, V, G e S existe uma redução do número de autorrádios por palete o que é um grande entrave na progressão do projeto. Todos os clientes da empresa têm as suas próprias linhas de produção, exigindo sempre um número específico de autorrádios por encomendas para se adaptar às suas próprias necessidades.

Na Tabela 4.5 apresentam-se as vantagens e desvantagens desta uniformização.

Tabela 4.5 - Vantagens e desvantagens da primeira uniformização

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução de <i>stock</i> → Com apenas uma embalagem comum, o número de caixas de cartão em <i>stock</i> é inferior;</li> <li>• Melhoria do trabalho do operador → Redução do erro na montagem da embalagem, pois existem menos caixas para coordenar;</li> <li>• Melhor organização do armazém → É desnecessário haver separações de diferentes materiais com diferentes PN, pois só existe uma embalagem comum.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento do custo de transporte → Necessidade de enviar mais uma palete para compensar o número de autorrádios em falta;</li> <li>• Necessidade da aprovação do cliente → Como a embalagem muda drasticamente de formato pode trazer problemas para a linha de produção do cliente e é necessário a sua aprovação;</li> <li>• Custos → Associados ao transporte devido à necessidade de enviar mais uma palete para compensar o número de autorrádios em falta. Ao mesmo tempo, o valor de ECT necessário para a uniformização é muito elevado fazendo</li> </ul>

Vantagens	Desvantagens
	com que o custo da embalagem aumentasse em vez de diminuir conforme era esperado com o aumento das encomendas.

#### 4.3.5 *Discussão de resultados*

Em reunião com o departamento de logística, com o departamento de engenharia e de qualidade, esta proposta foi descartada devido aos problemas económicos que poderia trazer, em que grande parte se deve à desvantagem da diferença de autorrádios por palete, pois existe sempre a necessidade de enviar mais paletes para completar essa falha, o que envolve mais custos à uniformização. Por outro lado, o cartão proposto para a uniformização da embalagem exterior é muito resistente o que iria aumentar o valor de compra.

Por todas as razões enumeradas, esta ideia não foi aceite pelos vários departamentos.

### 4.4 Segunda proposta de uniformização

Tendo em vista a correção do problema anterior da primeira uniformização, decidiu-se reorganizar a ideia e propor 3 embalagens exteriores em vez de uma, como primeiramente proposta, ou sete como a empresa usa. Sendo assim, esta proposta consiste em 2 embalagens exteriores comuns para 6 marcas:

- i. Uma embalagem comum para o cliente:
  - a. A
  - b. F
  - c. G
  - d. S
- ii. Outra embalagem comum para o cliente:
  - a. W
  - b. D

Fica a embalagem do cliente V intacta e exatamente como está, pois possui medidas de atravancamento difíceis de conciliar com as outras embalagens.

A ideia da uniformização é igual à proposta anterior, escolher as maiores medidas de atravancamento de comprimento, largura e altura e adaptar os diferentes interiores para uma nova embalagem exterior, aumentando o “espaço morto” que existe entre a embalagem exterior e o espaço destinado à colocação do autorrádio. Para o primeiro grupo de uniformização, as medidas de atravancamento estão descritas na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Uniformização do primeiro grupo de embalagens

	<b>A</b>	<b>G</b>	<b>S</b>	<b>F</b>
<b>Comprimento (mm)</b>	575	595	<u>605</u>	545
<b>Largura (mm)</b>	<u>286</u>	251	241	276
<b>Altura (mm)</b>	<u>290</u>	265	268	280

Para o segundo grupo de uniformização é proposta uma uniformização entre as seguintes marcas e as medidas de atravancamento que estão detalhadas na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Uniformização do segundo grupo de embalagens

	<b>V</b>	<b>D</b>
<b>Comprimento (mm)</b>	<u>605</u>	544
<b>Largura (mm)</b>	<u>376</u>	358
<b>Altura (mm)</b>	<u>273</u>	144

#### *4.4.1 Casos especiais*

Existe a possibilidade de acrescentar mais um andar na embalagem do cliente D, como proposto para a primeira uniformização.

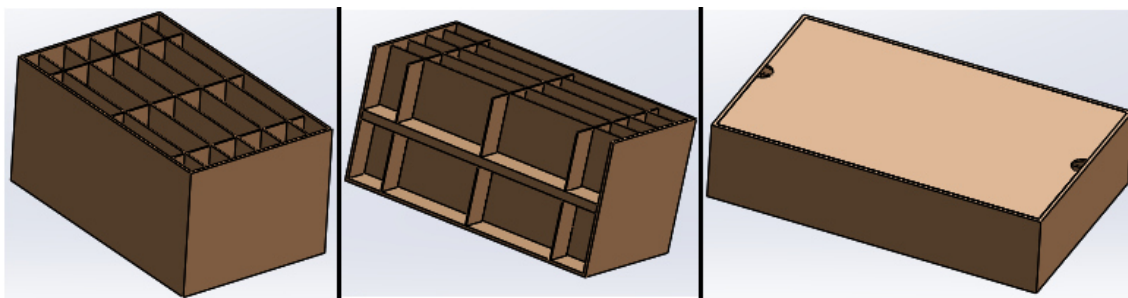


Figura 4.10 - Modelação 3D da nova proposta para a embalagem do cliente D – Embalagem completa, corte de plano frontal e corte de plano vertical (separação de níveis)

A embalagem para o cliente D necessita de especial atenção, apesar de ter a vantagem de levar o dobro dos aparelhos, tem a desvantagem de transportar o dobro do peso.

#### 4.4.2 Paletização

Para a paletização do primeiro grupo de uniformização consegue-se corrigir o problema de ocupação de espaço na palete, impedindo que haja uma redução no número de embalagens/palete. Assim, na Figura 4.11, apresenta-se a modelação 3D da ideia proposta para a embalagem do cliente G e S (palete europeia – lado esquerdo).e para a A e F (palete industrial – lado direito).

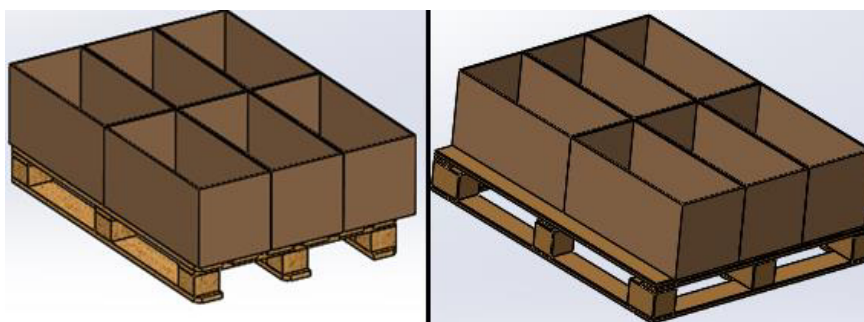


Figura 4.11 - Modelação 3D numa palete europeia e industrial, respetivamente

Com esta proposta consegue-se colocar 6 embalagens/nível tanto na europaleta como na paleta industrial. No caso da europaleta existe um excesso de cartão de 58 mm de largura o que provoca um problema de paletização *-overhang-* quando as caixas estão dispostas pela paleta e existe um excesso de cartão na superfície suspensa da paleta, podendo provocar uma redução de 30 % da qualidade de cartão. Ao mesmo tempo, no final da paletização são colocadas fitas de

pressão para garantir a concentricidade das embalagens e essas fitas podem provocar o rasgo do cartão, visto que esta ultrapassa a largura da paleta (Figura 4.12).



Figura 4.12 – Exemplo de fitas de pressão

Para a paletização do segundo grupo, o cliente W e D possuem uma embalagem exterior maior, fazendo com que o número de embalagens por nível de paleta seja inferior. O cliente W exige que a entrega dos autorrádios seja feita numa paleta industrial, que neste caso tem capacidade para 5 embalagens/nível de paleta, e o cliente D numa paleta europeia, tendo capacidade para 4 embalagens/nível de paleta. Na Figura 4.13 pode ver-se a modelação 3D do que poderia ser a paletização.

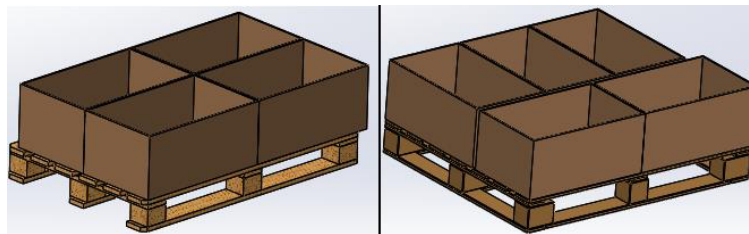


Figura 4.13 - Modelação 3D numa paleta europeia e industrial, respetivamente

#### 4.4.3 Características do cartão

No que concerne à escolha do tipo de cartão, advém de várias características, como explicado no subcapítulos 4.2.1. Como se trata de uma uniformização de dois grupos compostos por diferentes autorrádios foi feita uma comparação para cada grupo, como se pode ver na Tabela 4.8, para determinar qual dos clientes - A, G, F e S; W e D - está sujeito a condições mais adversas que, consequentemente, necessitará de cartão mais resistente.

Tabela 4.8 - Cálculo e determinação das características da 2ª proposta de uniformização [16]

Clientes	A	G	F	S	W	D
Peso dos rádios (kg)	2	1.9	1.6	0.6	2.05	0.35
Nrº de rádios/caixa	4	4	4	6	3	8
Embalagens/nível de palete	6	6	6	6	5	4
Nrº de níveis de embalagens/palete	3	3	3	3	3	3
Peso da palete a utilizar (kg)	13.6	10.9	13.6	10.9	13.6	10.9
Número de paletes empilhadas	3	3	3	3	2	2
Tipo de onda de canelado	BC	BC	BC	BC	BC	BC
Tempo de empilhamento	90 dias	90 dias	90 dias	90 dias	90 dias	90 dias
Humidade relativa	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Tipo de padrão de palete	Colunar, alinhado	Colunar, alinhado	Colunar, alinhado	Colunar, alinhado	Colunar, alinhado	Colunar, alinhado
<i>Overhang</i>	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não
<i>Pallet deck board gap</i>	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Excessivo manuseamento	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>ECT (kN/m)</b>	<b>8.28</b>	<b>9.72</b>	<b>6.66</b>	<b>4.86</b>	<b>5.76</b>	<b>5.94</b>

De modo a garantir um bom dimensionamento das duas embalagens, existem alguns valores atribuídos, que são exagerados. No que diz respeito a fatores ambientais, como por exemplo, tempo de empilhamento e humidade relativa. Não obstante, possui-se a certeza que o valor de ECT calculado é suficiente para aguentar as condições a que a embalagem está sujeita. O valor de ECT para a embalagem exterior do primeiro grupo de uniformização tem de ser o maior das 4 marcas (A, G, F e S) que será 9.72 kN/m, o que é um valor consideravelmente

grande e, isso deve-se, ao problema *overhang*. Para o segundo grupo de uniformização pertencente aos clientes W e D, a proposta de ECT recai sobre o maior valor que é de 5.94 kN/m. Para ambas as uniformizações optou-se por propor um cartão duplo canelado BC.

#### 4.4.4 Comparação de resultados

Como referido anteriormente, esta solução foi proposta com o objetivo de corrigir os erros da proposta anterior, como se pode comparar na Tabela 4.9, a diferença de autorrádios/paleta é nula e não acrescenta qualquer valor de custo à empresa no que ao transporte diz respeito.

Tabela 4.9 - Comparação entre a nova proposta e as embalagens existentes

	Nrº de aparelhos/embalagem		Nrº de embalagens/paleta		Nrº de aparelhos/paleta		Diferença de rádios/paleta
	Agora	Uniformização	Agora	Uniformização	Agora	Uniformização	
F	4	4	18	18	72	72	0
A	4	4	18	18	72	72	0
G	4	4	18	18	72	72	0
W	3	3	15	15	45	45	0
S	6	6	18	18	108	108	0
D	8	16	24	12	192	192	0

Por outro lado, esta proposta apresenta outras desvantagens apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 4.10 - Vantagens e desvantagens da segunda uniformização

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução do <i>stock</i> → Apesar de não ser uma uniformização geral, haveria uma redução de <i>stock</i> significativa;</li> <li>• Redução de custos → Com esta uniformização, o número de encomendas das embalagens aumentava, fazendo reduzir o seu custo;</li> <li>• Melhoria do trabalho do operador → Redução do erro na montagem da</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas as propostas que envolvem logística demoram bastante tempo até serem implementadas na linha de produção e até lá existem produtos que vão entrar em fim de vida, tais como: cliente G e S;</li> <li>• Problema de paletização (<i>overhang</i>) apresentado para as marcas da S e G.</li> </ul>



Vantagens	Desvantagens
embalagem, pois existem menos caixas para coordenar; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhor organização do armazém → É desnecessário haver tantas separações de diferentes materiais com diferentes PN.</li> </ul>	

#### 4.4.5 Discussão de resultados

Em reunião com o departamento de logística, com o departamento de engenharia e de qualidade, esta proposta foi rejeitada porque o tempo de vida destes projetos (cliente G e S) e o tempo que demora a implementar esta ideia na linha não compensa efetuar alterações. Existe, também, o problema apresentado na paletização – *overhang* - provocando dúvidas pelo departamento da qualidade e pelo departamento de logística, porque apesar das embalagens não servirem para marketing é obrigatório dentro da filosofia de trabalhos da empresa apresentar embalagens em boas condições. Ao mesmo tempo, o problema de paletização – *overhang* – obriga a utilização de um cartão demasiado resistente e ao mesmo tempo caro. Por todas as razões mencionadas, esta ideia não foi aceite pelos vários departamentos.

### 4.5 Terceira proposta de uniformização

Feita a proposta, várias marcas de veículos foram ficando para trás no projeto de uniformização de embalagens, devido a vários fatores explicados nos subcapítulos anteriores. Sendo assim, apenas o cliente F e o cliente A resistiram às exigências e requisitos que vários departamentos foram fazendo. Logicamente que uniformizar a embalagem exterior destas duas marcas é um projeto pouco ambicioso e não traria grandes poupanças à empresa, apesar de serem duas marcas *High-Runners* com um consumo de 41 300 embalagens/ano. Por isso, decidiu-se propor uma uniformização completa, ou seja, uniformizar a embalagem exterior, interior e espuma.

#### 4.5.1 Uniformização da embalagem exterior

Até agora todas as uniformizações de embalagens exteriores propostas visam adaptar as maiores dimensões de comprimento, largura e altura. Para esta uniformização, a proposta é diferente porque as duas embalagens possuem medidas muito próximas e, em vez da adaptação para a embalagem maior, decidiu-se adaptar para a mais pequena, reduzindo a área de cartão, aumentando ainda mais as poupanças. Sendo assim, propôs-se utilizar inteiramente a embalagem exterior do cliente F, como se pode ver a sublinhado na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 - Medidas de atravancamento da quarta proposta de uniformização

	<b>A</b>	<b>F</b>
<b>Comprimento (mm)</b>	575	<u>545</u>
<b>Largura (mm)</b>	286	<u>276</u>
<b>Altura (mm)</b>	290	<u>280</u>

No que diz respeito à escolha do tipo de cartão, advém de várias características, como explicado no subcapítulos 4.2.1. Visto tratar-se de uma uniformização de dois autorrádios diferentes foi feita uma comparação, como se pode ver na Tabela 4.12, para determinar qual deles (F ou A) está sujeito a condições mais adversas e, conseqüentemente, necessita de cartão mais resistente.

Tabela 4.12 - Cálculo e determinação das características da 3ª proposta de uniformização [16]

<b>Condições</b>	<b>A</b>	<b>F</b>	
<b>Peso dos rádios (kg)</b>	2	1.6	
<b>Nrº de rádios/caixa</b>	4	4	
<b>Embalagens/nível de palete</b>	6	6	
<b>Nrº de camadas/palete</b>	2	2	
<b>Peso da palete a utilizar (kg)</b>	13.6	13.6	
<b>Número de paletes empilhadas</b>	2	2	
<b>Tipo de onda de cancelado</b>	BC	BC	
<b>Fatores ambient</b>	Tempo de empilhamento	90 dias	90 dias
	Humidade relativa a que a	100 %	100 %

Condições	A	F
embalagem vai estar sujeita		
Tipo de padrão de palete	Colunar, alinhado	Colunar, alinhado
<i>Overhang</i>	Não	Não
<i>Pallet deck board gap</i>	Não	Não
Excessivo manuseamento	Sim	Sim
ECT (kN/m)	8.64	7.02

De modo a garantir um bom dimensionamento da embalagem, existem alguns valores atribuídos que são exagerados, no entanto, tem-se a certeza que o valor de ECT calculado é suficiente para aguentar as condições a que a embalagem está sujeita. Através de uma folha de cálculo facultada pelo fornecedor consegue-se determinar o valor mínimo de ECT para a embalagem exterior que é 8.64 kN/m [16]. O fornecedor não produz cartão com este tipo de valor, por questões de segurança optou-se por um valor superior, sendo assim, a embalagem exterior foi dimensionada para um cartão duplo canelado BC com um valor ECT de 8.74 kN/m.

#### 4.5.2 Uniformização da partição - interior e espuma

Uniformização do interior foi o projeto mais desafiante e trabalhoso desenvolvido ao longo deste estágio. No subcapítulo 4.2.2, está detalhadamente explicada a função da partição interior de uma embalagem. Não existem segredos no que diz respeito a técnicas de uniformização, o que se deve fazer é encontrar pontos em comum e jogar com as diferenças.

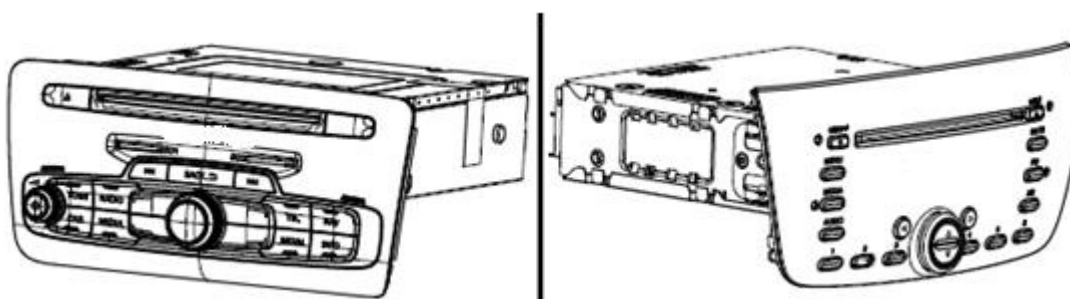


Figura 4.14 - Modelação 3D do autorrádio do cliente A e F, respetivamente

Sendo assim, é necessário escolher quais as dimensões da partição a utilizar nesta uniformização. Na Tabela 4.13, estão as maiores dimensões dos chassis da Família do cliente A e F, bem como dos *trimplates*.

Tabela 4.13 - Uniformização de interiores

		F	A
Medidas de atravancamento chassi (mm)	X	179.1	<u>181.6</u>
	Y	172	<u>186.55</u>
	Z	50.6	<u>52.6</u>
Medidas de atravancamento <i>trimplate</i> (mm)	X	243.2	229.5
	Y	32.45	37.96
	Z	109.1	106.6

Neste caso é inevitável usar a partição do cliente A, visto que possui dimensões maiores de chassi, no entanto, é necessário ter atenção para não criar muita folga na colocação do autorrádio do cliente F e não muito apertado para a colocação do autorrádio do cliente A.

Como referido, o cartão utilizado para os interiores não tem grande papel estrutural para além de separar os autorrádios e prevenir contra o seu contacto. Deste modo, e antes de avançar para uma proposta nova de cartão, decidiu-se estudar qual o cartão que se utiliza agora, ou seja, estudar o dimensionamento de cartão feito no início destes projetos (Tabela 4.14).

Tabela 4.14 - Comparação entre o dimensionamento da partição (cliente F e A)

	Tipo de onda	ECT (kN/m)
A	BC	7.88
F	C	6.49

A embalagem do cliente A está sobredimensionada porque não é necessário utilizar um cartão duplo, por isso optou-se por um cartão tipo C com um bom acolchoamento e boa resistência à compressão com um valor ECT 6.49 kN/m, igual ao cliente F.

No que concerne ao posicionamento da espuma, o problema é maior porque a localização dos conectores é diferente entre os autorrádios. Em primeiro lugar, foi pré-definido que é

necessário a utilização de duas espumas devido ao peso dos autorrádios e também por uma questão de estabilidade quando estes estão sujeitos a vibrações.

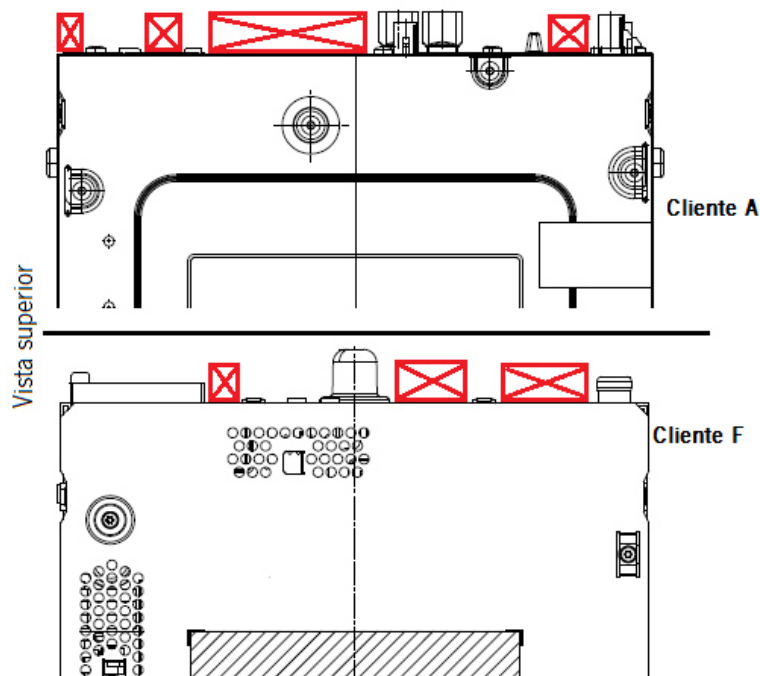


Figura 4.15 - Possíveis posições para a colocação da espuma

Na Figura 4.15, os quadrados a vermelho representam possíveis localizações para as espumas e, como se pode observar, não existem duas posições iguais equidistantes no chassi do cliente A e F para a colocação das espumas e, por isso, teve de optar-se por outra solução.

A única solução para a colocação de duas esponjas equidistantes é a demonstrada na Figura 4.16, onde os quadrados vermelhos representam a localização das espumas e a azul os conectores com que esta entra em contacto.

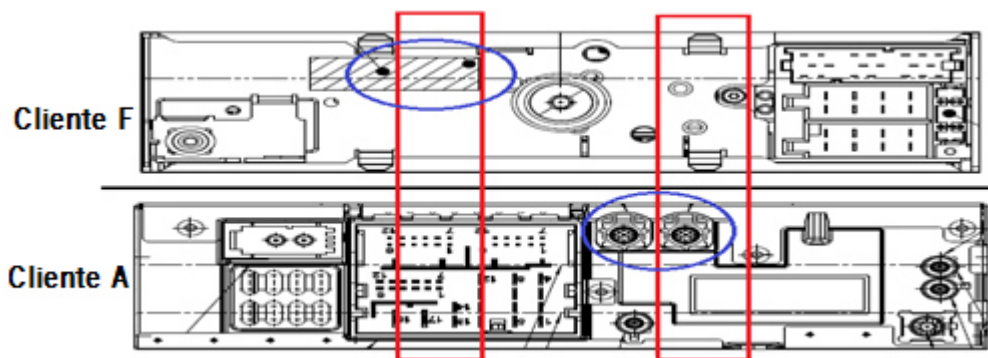


Figura 4.16 – Única posição equidistante das espumas

Este foi um dos grandes problemas para uniformização destas duas marcas. Foi necessário optar por uma espuma, com uma fisionomia diferente das que são utilizadas na empresa.

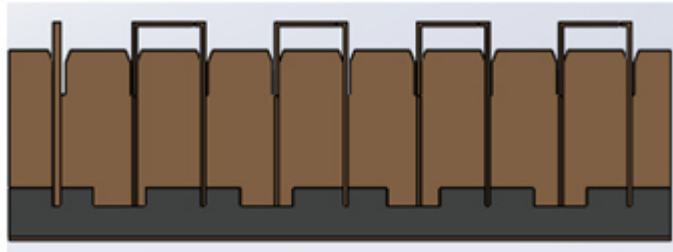


Figura 4.17 – Vista de corte da modelação 3D com espuma

Com a espuma representada na Figura 4.17, os conectores expostos a azul na Figura 4.16 não entram em contacto com a espuma, ficando assim protegidos. Na Figura 4.18, está detalhada a verde a zona de contacto entre as espumas e o chassi do autorrádio do cliente F e A.

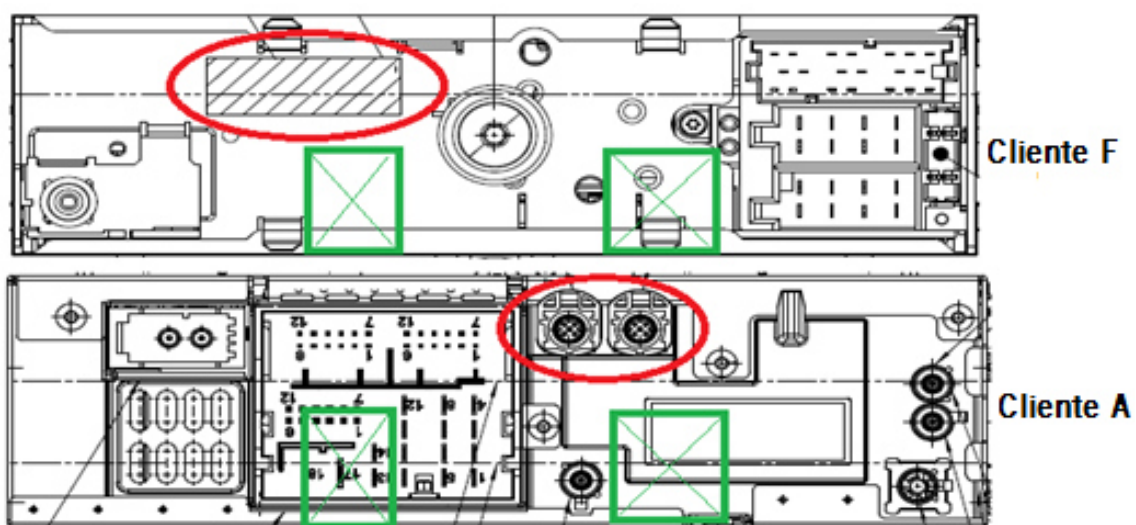


Figura 4.18 – Contacto entre as espumas e os chassis (verde)  
Proteção dos conectores (vermelho)

Importante afirmar que esta espuma foi dimensionada, também, a pensar no trabalho do operador. Não interessa a ordem como a espuma é colocada porque vai sempre proteger os conectores.

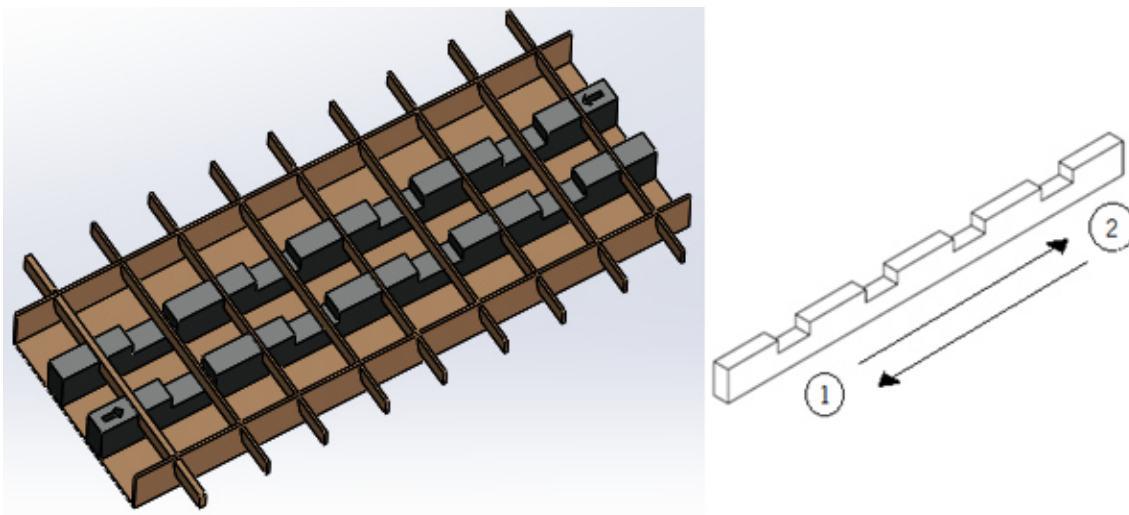


Figura 4.19 - Independência da colocação da ordem da espuma (vista de corte)

A Figura 4.19 demonstra que a mesma espuma protege os autorrádios independentemente da maneira como é montada na embalagem (de 1 para 2 ou de 2 para 1).

Sendo assim, e de modo a perceber e testar melhor a ideia, fez-se um protótipo, com cartão semelhante que havia em *stock* desta uniformização, que está representado na Figura 4.20 e na Figura 4.21.



Figura 4.20 - Proteção dos conectores do cliente F



Figura 4.21 - Proteção dos conectores do cliente A

Uma das alterações realizadas foi o aumento da altura da espuma. A embalagem do cliente A utiliza espumas com 20 mm de altura porque os seus conectores têm apenas 11.5 mm de altura, por outro lado, a embalagem do cliente F utiliza espumas com 40 mm de altura, porque transporta autorrádios mais pesados e os seus conectores têm 16.5 mm, ver Anexo 1 e 2. Forçosamente, para a construção do protótipo, utilizou-se a espuma de 40 mm para proteger tanto os conectoras da família do cliente F como do cliente A. Infelizmente, este aumento de altura de espuma trouxe um problema para o cliente A. Considerando o fundo da partição como referencial e comparando com a antiga embalagem, o aumento de altura da espuma proporciona um aumento de altura do autorrádio. Esta alteração fez com que, ao posicionar-se o autorrádio do cliente A na partição, este sofresse uma pequena oscilação devido ao aumento da altura da espuma, fazendo com que a partição não protegesse o chassi do autorrádio até ao *trimplate*. Para compensar este problema propôs-se reduzir a altura de contacto entre a espuma e o cartão, sem aumentar a área deste, como se pode observar na Figura 4.22 e na Figura 4.23.

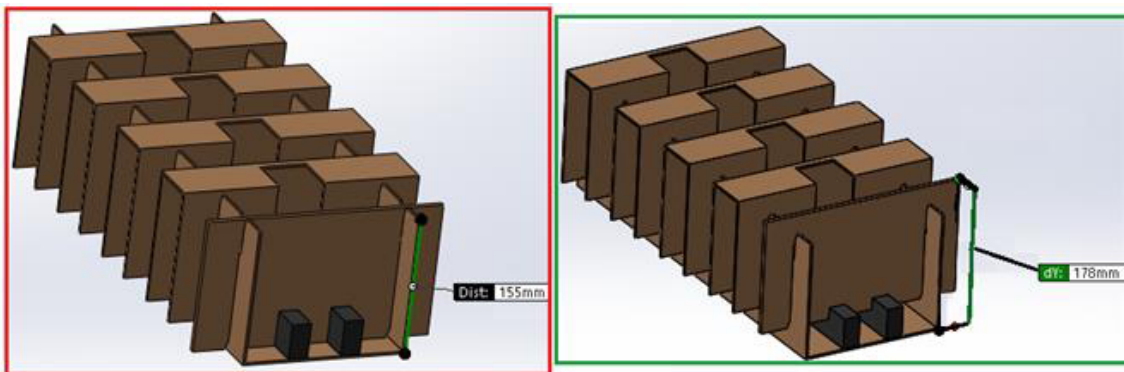


Figura 4.22 - Modelação 3D do problema



Figura 4.23 – Correção do protótipo de uniformização do interior



Com esta proposta aumenta-se a altura da partição (155 mm para 178 mm, sem aumentar a área de cartão) protegendo na totalidade o autorrádio do cliente A fazendo com que haja mais contacto de cartão ao longo do chassi, evitando assim que haja oscilações do autorrádio.

### 4.5.3 Dimensionamento da espuma

No que diz respeito ao dimensionamento da espuma, é necessário ter valores em conta, tais como comprimento, largura, altura, densidade e altura de queda do autorrádio. Ficaram definidas anteriormente as dimensões exatas de comprimento e largura necessários para a proposta de uniformização. No que concerne à altura, existe um valor mínimo de 20 mm (obrigatoriedade de proteção dos conectores do cliente F) de modo a proteger o conector.

Contactou-se o fornecedor para dimensionar corretamente os parâmetros anteriormente definidos. Como primeiro passo, é necessário definir a fragilidade do componente a transportar.

Tabela 4.15 - Fragilidade de materiais (retirado [17])

<b><i>Extremely Fragile</i></b>	<i>Aircraft altimeters, gyroscopes, items with delicate mechanical alignments</i>	15 – 25 g's
<b><i>Very Delicate</i></b>	<i>Medical diagnostic apparatus, X-ray equipment</i>	25 – 40 g's
<b><i>Delicate</i></b>	<i>Display terminals, printers, test instruments, hard disk drives</i>	40 – 60 g's
<b><i>Moderately Delicate</i></b>	<i>Stereos and television receivers, floppy disk drives</i>	60 – 85 g's
<b><i>Moderately Rugged</i></b>	<i>Major appliances, furniture</i>	85 – 115 g's
<b><i>Rugged</i></b>	<i>Table saws sewing machines, machine tools</i>	Over 115 g's

Recorrendo à Tabela 4.15, definiu-se que a fragilidade mínima para transportar um autorrádio é de 60 g's. O fornecedor aconselhou o uso de espuma polietileno para a proteção dos autorrádios devido ao simples facto de terem alta resistência à compressão e à tração e de ser já o material utilizado na empresa. Aconselhou, por questões de segurança, a considerar uma altura de queda do autorrádio de 24 in (609 mm) o que já é, por si só, sobredimensionado devido à altura da embalagem.

Falta então dimensionar a altura e a densidade. Para tal é necessário calcular a carga estática que depende do peso e da área de contacto.

$$StaticLoad = \frac{Peso}{Área} \quad (4.1)$$

Sendo que:

Peso do autorrádio= 4.4 Lb. (2 kg)

Área de contacto entre o autorrádio e a espuma = 3.44 sq. In.

$$StaticLoad = \frac{Peso}{Área} = \frac{4.4}{3.44} = 1.27 PSI$$

Sendo assim, o fornecedor proporcionou duas *cushion curves* (curva de amortecimento) específicos para duas densidades diferentes de polietileno, proporcionando um leque de opções no que diz respeito à altura de espuma.

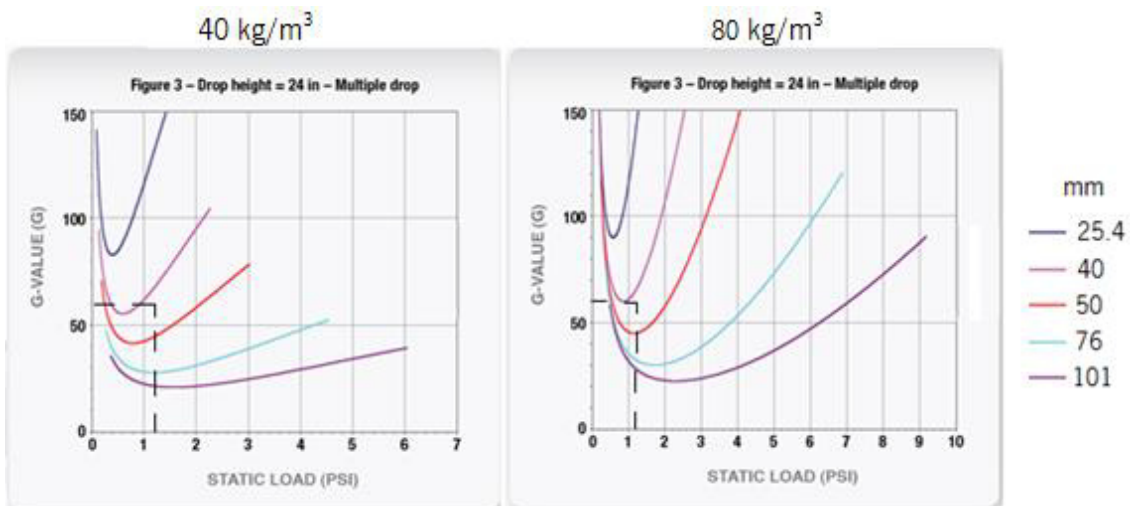


Figura 4.24 - Comparação entre densidade e altura (adaptado de [17])

Recorrendo a dados do fornecedor (Figura 4.24) é necessário entrar com os valores de carga estática, de 1.2 PSI (Pounds square inches) e o valor mínimo de fragilidade de 60 g's. Tendo em conta estes valores mínimos, pode-se optar por todas as alturas de espuma por baixo do retângulo representado a traço interrompido, e sendo assim, seleccionou-se o material de menor densidade (40 kg/m³) e de 40 mm de altura, tornando-se ideal para a proposta de uniformização.

#### 4.5.4 Paletização

Para uma correta utilização de paletes, é necessário que as embalagens tenham certas dimensões mínimas. Como se pode ver na Figura 4.25, as embalagens propostas para esta uniformização estão mal dimensionadas e ao serem colocadas na extremidade da paleta, faz com que a última embalagem, ao ser pousada, só seja apoiada por duas tábuas da paleta e não por três como deve ser, provocando uma diminuição de área de contacto entre a embalagem e a paleta. Este tipo de problema – *pallet deck board* - pode mesmo causar a diminuição da resistência do cartão entre 10 a 25 % [5].



Figura 4.25 - Mau dimensionamento da embalagem



Figura 4.26 - Correção do erro da Figura 4.25

Na Figura 4.26, está representada a solução para o mau dimensionamento da embalagem, ou seja, se o operador colocar a embalagem na esquina da paleta, a embalagem vai ser só apoiada por duas tábuas, em vez de 3, por isso, os operadores são forçados a terem o dobro do cuidado ao colocar a embalagem na paleta, desviando intencionalmente a embalagem 2/3 cm para o interior da mesma de modo a garantir a concentricidade da embalagem na paleta. Se o

operador não deslocar as embalagens, estas não vão provocar problemas com as caixas e palete superior, mas torna-se desnecessário correr este risco.

De modo a corrigir este problema foi proposto aumentar a largura da embalagem, mas a proposta foi recusada, porque iria aumentar a área de cartão utilizada acrescentando custos desnecessários.

#### 4.5.5 Discussão de resultados

Após a apresentação desta proposta aos vários departamentos da empresa foi decidido avançar para a validação tendo em conta o quadro de resultados apresentado na Tabela 4.16.

Tabela 4.16 - Vantagens e desvantagens da quarta uniformização

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução do <i>stock</i> ;</li> <li>• Redução de custos;</li> <li>• Melhoria do trabalho do operador;</li> <li>• Melhor organização do armazém.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problema de paletização já existente na linha de produção;</li> <li>• Investimento adicional no custo de validação da embalagem.</li> </ul>

Por último, pediu-se ao fornecedor três amostras da embalagem uniformizada (desenhos Anexo 3), duas delas foram enviadas para o México *Technical Center* para serem testadas e validadas. O centro de validações de embalagens da empresa é certificado pela ISTA. O resultado final pode ver-se na Figura 4.27, onde estão posicionados 3 autorrádios diferentes do cliente A e um autorrádio do cliente F.



Figura 4.27 - Protótipo com família do cliente F e A, respetivamente

## 4.6 Poupanças associadas

Como anteriormente indicado, a única proposta de uniformização que foi aceite por todos os departamentos foi a terceira proposta, e como tal, antes de partir para a sua validação é necessário saber se esta proposta compensa em termos monetários. Entrou-se em contacto com o fornecedor para saber qual o novo orçamento (Tabela 4.17) para esta uniformização – embalagem exterior e interior.

Tabela 4.17 - Estimativa de poupança anual para a 3ª proposta de uniformização

Descrição	Nrº de encomendas	Custo existente (€)	Custo Futuro (€)	Poupanças (€)
A	23 910	2.13	1.47	15 835.47
F	17 390	1.46	1.47	-264.87

Como se pode observar, a poupança associada para esta proposta é de 15 570.60 €, valor este que se deve ao grande número de encomendas – 41 300.

## 4.7 Validação da proposta

Após a apresentação das propostas de uniformização, apenas a terceira cumpriu os requisitos dos vários departamentos. O passo seguinte, para implementar esta embalagem na linha de produção, é a sua validação. Para validar um protótipo é necessário submetê-lo à norma padrão ASTM D4169 para realizar testes de desempenho de contentores e sistemas de envio a fim de garantir o bom desempenho da embalagem. Para que esta passe no teste de validação é obrigatório ser submetida a 5 testes com a seguinte ordem:

- i. *Manual handling;*
- ii. *Vehicle stacking;*
- iii. *Loose load vibration;*
- iv. *Vehicle vibration;*
- v. *Manual handling.*

Os testes devem ser realizados com o laboratório controlado para 60° C ± 2° e 15% de humidade relativa durante 72 horas, conforme especificado na norma ASTM D4332.

#### 4.7.1 Teste 1 – Manual handling

O objetivo deste teste é determinar o efeito de impacto para pequenas embalagens em ambiente de distribuição [15].

O teste de queda é útil para verificar a capacidade da embalagem para os autorrádios durante impactos de queda livre, tais como, carregamentos e descarregamentos de veículos transportadores, operações de classificação, quedas em empilhamentos, paletização ou qualquer outra situação onde se simula o manuseamento da embalagem. O equipamento de teste de queda permite definir alturas de quedas precisas e reprodutíveis, e também garantir que a embalagem atinja o chão com a orientação que é destinada [15].

Os níveis de severidade do teste (altura e número de quedas) dependem do peso da embalagem com o seu produto, mas como é um teste de desenvolvimento de engenharia são, em média, mais exagerados do que realmente acontece em situações quotidianas [18].

Tabela 4.18 - Especificações de altura de queda (retirada de [18])

<i>Shipping Weight, lb (kg)</i>	<i>Drop Height, in. (mm)</i>		
	<i>Assurance Level</i>		
	I	II	III
0 to 20 (0 to 9.1)	24 (610)	15 (381)	9 (229)
20 to 40 (9.1 to 18.1)	21 (533)	13 (330)	8 (203)
40 to 60 (18.1 to 27.2)	18 (457)	12 (305)	7 (178)
60 to 80 (27.2 to 36.3)	15 (381)	10 (254)	6 (152)
80 to 100 (36.3 to 45.4)	12 (305)	9 (229)	5 (127)
100 to 200 (45.4 to 90.7)	10 (254)	7 (178)	4 (102)

Em primeiro lugar, é essencial definir o *assurance level* ao qual queremos testar a nossa embalagem. Este deve ser pré-determinado com base no valor do produto, o nível desejado de danos antecipados que pode ser tolerado, o número de unidades a ser enviado, o conhecimento do ambiente de transporte ou outros critérios. O *assurance level* I é o que representa o teste de maior severidade e menor probabilidade de acontecer em situações quotidianas. Por outro lado, o *assurance level* III é o que representa o teste de menor severidade mas com maior

probabilidade de acontecer [15][18]. O nível de severidade II encontra-se no meio. Optou-se por escolher o nível mais severo *leve*/I.

A embalagem que estamos a testar, no caso mais extremo, transporta 4 autorrádios com 2 kg cada, somando o peso da embalagem exterior, interior e espumas tem-se um valor de 8.7 kg, por isso vão-se realizar testes de queda a uma altura de 610 mm, como definido na Tabela 4.18. A norma ASTM D4169 inclui um procedimento de 5 testes de queda. O contacto da embalagem com o chão dá-se na seguinte sequência [15]

1. Parte inferior;
2. Borda inferior (direito ou esquerdo);
3. Canto inferior adjacente;
4. Esquina inferior;
5. Esquina inferior adjacente.

Na Figura 4.28, está representada a sequência de realização dos 5 testes de queda realizados pelos engenheiros de embalagens destacados no México.

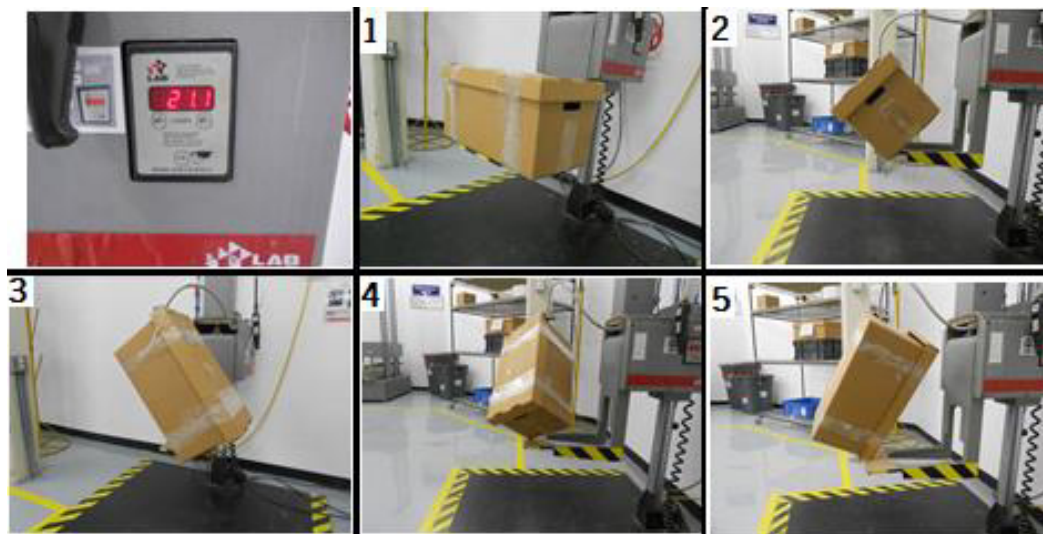


Figura 4.28 - Laboratório México *Technical Center*<sup>4</sup>

É de salientar que a inspeção visual é feita antes e depois do teste para se observar quais as consequências provocadas. A proposta de uniformização da embalagem do cliente F e A passou com sucesso nos testes de queda.

<sup>4</sup> Ocorreu um erro na definição de altura de queda da embalagem. Devia ter sido 24 in, e não 21

#### 4.7.2 Teste 2 - Vehicle stacking

O objetivo é determinar a capacidade para suportar cargas compressivas em armazém e em transporte [15]. O teste de compressão é utilizado para simular as forças de empilhamento encontradas durante o armazenamento na *warehouse* ou no transporte casa-cliente.

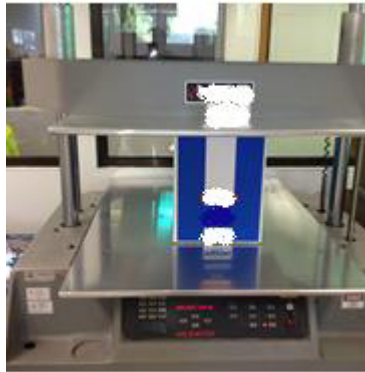


Figura 4.29 – Compressómetro (laboratório de análises da Europac)

Na Figura 4.29, está representado um compressómetro onde é realizado um teste de compressão dinâmica, aplicando uma carga até atingir um valor pré-determinado equação (4.2) [15][18].

$$L = M \times J \times \frac{H - h}{h} \times F \quad (4.2)$$

Sendo que:

L - Carga mínima exigida

M - Peso de uma unidade de transporte ou contentor individual = 8.7 [kg]

J = 9.8 [N/kg]

H - Altura máxima de empilhamento = 2.2 [m]

h - Altura de uma unidade de transporte = 0.28 [m]

F - Fator de segurança para explicar o efeito combinado destes diferentes aspetos descritos acima, ver Tabela 4.19

$$L = 8.7 \times 9.8 \times \frac{2.2 - 0.28}{0.28} \times 10 = 5846.4 N = 5.85 kN$$



Tabela 4.19 - Determinação do fator de segurança (retirado de [18])

<i>Shipping unit construction</i>	<i>Assurance level</i>		
	I	II	III
<i>Corrugated, fiberboard, or plastic container that may or may not have stress-bearing interior packaging using these materials, and where the product does not support any of the load.</i>	10.0	7.0	5.0
<i>Corrugated, fiberboard, or plastic container that has stress-bearing interior packaging with rigid inserts such as wood</i>	6.0	4.5	3.0
<i>Containers constructed of materials other than corrugated, fiberboard, or plastic that are not temperature or humidity sensitive or where the product supports the load directly, for example, compression package</i>	4.0	3.0	2.0

A carga mínima exigida que a embalagem deve suportar no teste de compressão é 5.85 kN, no entanto, no laboratório de validação foi realizado um teste destrutivo à embalagem. O prato móvel continuou a fazer pressão na embalagem até que esta deixasse de fazer resistência, registrando-se um valor máximo de compressão de 6.7 kN (1508 lbf) onde a embalagem deformou 7.9 mm (0.313 in).

Figura 4.30 - Valores registados no compressómetro no México *Technical Center*

#### 4.7.3 Teste 3 - Loose load vibration

O objetivo é simular em laboratório os choques repetitivos que a embalagem sofre em ambiente de transporte [15].



Figura 4.31 – Ensaio de vibração (retirado de [15])

Os níveis de ensaio e o método de teste para este ciclo de distribuição destinam-se a determinar a capacidade da unidade de transporte para suportar choques repetitivos que ocorrem durante o transporte de cargas. Recorreu-se à norma ASTM D 4169 para determinar o tempo de duração deste testes (Tabela 4.20) [15].

Tabela 4.20 - Determinação do tempo de realização do teste de vibração (retirado de [18])

<i>Assurance Level</i>	<i>Dwell Time (min)</i>
I	60
II	40
III	30

O tempo de realização deste ensaio é de 60 minutos. Este tempo é dividido por todas as possíveis posições em que a embalagem é transportada. Durante 30 minutos a embalagem está na posição vertical de transporte e outros 30 minutos na possível horizontal de transporte [15].

O teste é realizado numa plataforma de superfície horizontal de resistência e rigidez suficientes para que as vibrações aplicadas sejam essencialmente uniformes ao longo de toda a superfície de ensaio. A plataforma é suportada por um mecanismo que provoca um movimento de vaivém vertical. Inicialmente, o técnico provoca uma vibração da plataforma a uma frequência de cerca de 2 Hz (120 RPM) e, progressivamente, aumenta a frequência até que o *shim* (chapa metálica) possa ser introduzido entre a embalagem e a mesa vibratória no mínimo 100 mm [19]. Quando o técnico consegue introduzir o *shim* entre a embalagem e a mesa sem que esta sofra contacto por parte da embalagem regista a velocidade de rotação e inicia-se cronómetro de realização do teste durante 30 min.



Figura 4.32 - Valores registados no México Technical Center

Na posição horizontal, a embalagem ficou livre de contacto com a mesa, quando esta atingiu 150 rpm, enquanto que na posição vertical foi necessário atingir 250 rpm (Figura 4.32).

No final do teste é feita uma inspeção visual e a proposta de uniformização não passou no teste de vibração.



Figura 4.33 - Resultado do teste de vibração

A explicação da reprovação neste teste é de fácil compreensão e de possível correção. Como explicado no subcapítulo 4.5.2 fizeram-se várias alterações à partição da embalagem, e numa

das alterações reduziu-se o contacto entre a espuma e o seu interior, como se pode ver na Figura 4.34.

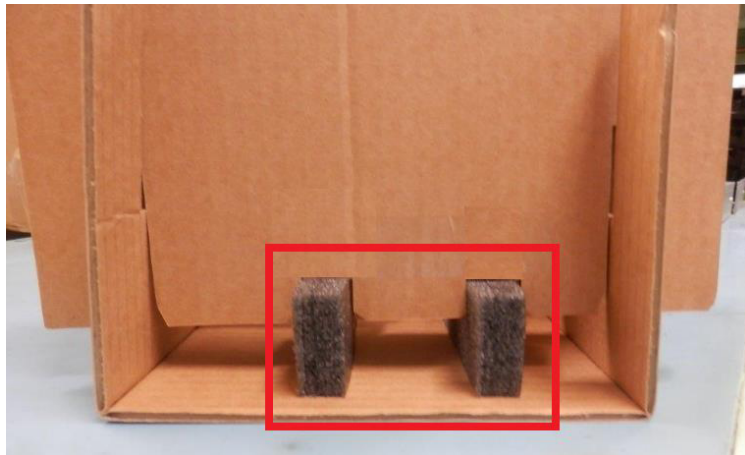


Figura 4.34 - Causa da não-validação

Esta redução de contacto entre a espuma e o interior fez com que a espuma não estivesse presa o suficiente e, quando a embalagem solta foi sujeita a vibrações, provocou a sua movimentação, como se pode ver na Figura 4.33.

Existem duas possíveis soluções para garantir a não-movimentação da espuma quando sujeita a testes de vibrações. A primeira solução, e a menos desejada, é aumentar a área de cartão, garantindo que o problema da oscilação do autorrádio apresentado no subcapítulo 4.5.2 não acontecesse e, ao mesmo tempo, garantir que existe cartão para agarrar a espuma. Por outro lado, o *saving* apresentado no subcapítulo 4.6 vai ser menor.

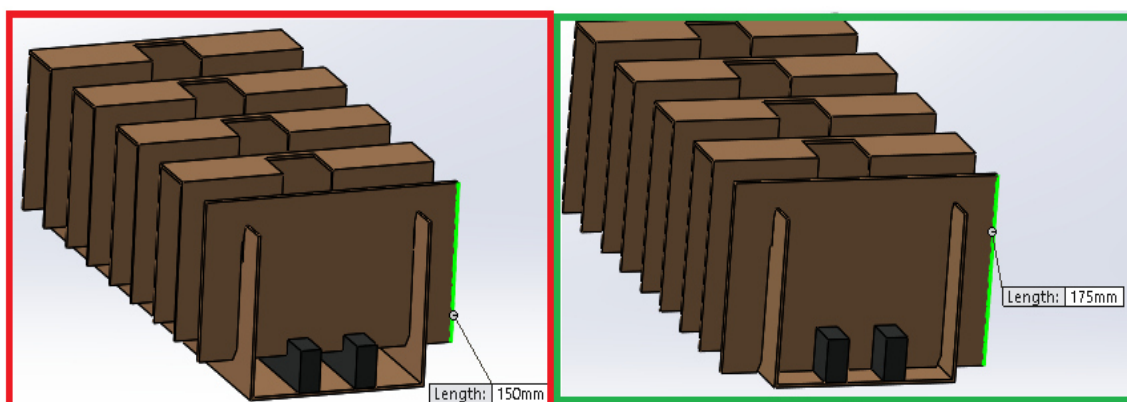


Figura 4.35 - Aumento da área de cartão (proteção contra a oscilação e garantir a não movimentação da espuma) – Modelação 3D

Outra solução é diminuir a abertura da partição destinada à colocação da espuma de 22 mm para 19 mm (Figura 4.36). Isto vai dificultar um pouco o trabalho do operador na montagem da embalagem porque tem de forçar a entrada da espuma, mas por outro lado, vai garantir o não movimento da espuma fazendo com que esta uniformização avance na validação.

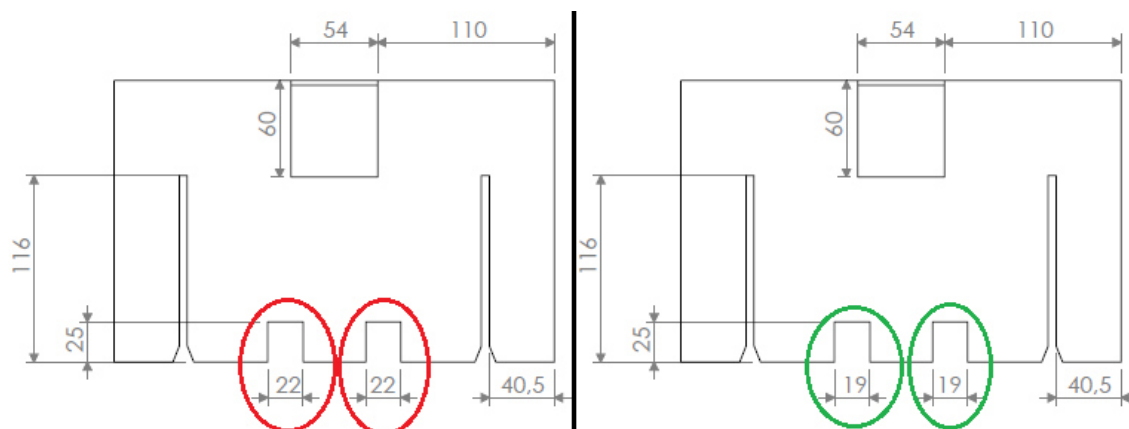


Figura 4.36 - Proposta de diminuição da abertura da partição

Após este percalço na validação da uniformização, ficou decidido que o engenheiro de embalagens do México ia pedir ao seu fornecedor local mais uma amostra (desenho Anexo 4) para corrigir os problemas mencionados em cima e prosseguir com a validação.

Posteriormente e após um novo teste com as novas condições, a embalagem passou com sucesso.

#### 4.7.4 Teste 4 - Vehicle vibration

O objetivo deste teste é simular as vibrações verticais a que a embalagem está sujeita, para tal, utiliza-se um equipamento de vibração hidráulico que pode ser utilizado de duas maneiras:

- i. modo de vibração aleatória (*random vibration test*) para simular condições reais de transporte ferroviário, camião ou vibração do transporte aéreo;
- ii. modo de vibração sinusoidal para procurar ressonância e testar as frequências naturais [15].

Os contentores de transporte estão expostos a complexas tensões dinâmicas no ambiente de distribuição e para testar a embalagem, do modo mais real possível, a empresa realiza o ensaio de vibração aleatória (i) porque é o mais representativo das condições de distribuição do mundo

real [15]. O método de ensaio de vibração aleatória é considerado através da norma ASTM D 4728 que descreve o equipamento de ensaio, instrumentação necessária, o procedimento para a criação e realização do ensaio [15].

Para realizar um teste de vibração aleatório é necessário definir o espectro de vibração a que se quer testar a embalagem, ou seja, definir o PSD – *power spectral density* - expressão da vibração aleatória em termos de aceleração média quadrática por unidade de frequência. Para tal recorreu-se, à Norma ASTM D 4169, para escolher qual o *power spectral density* (PSD) desejado para a realização deste teste. Mais uma vez, optou-se pelo *assurance level* porque é o mais severo e representativo. Sendo, assim, aplicadas vibrações de pequena amplitude a uma alta frequência. A Tabela 4.21 representa o PSD, demonstrando o quão severo a mesa de vibração funciona, mas não dá nenhuma informação direta sobre as forças experimentadas [20].

Tabela 4.21 - Power Spectral Density Level, g<sup>2</sup>/Hz (retirado de [18])

<i>Frequency, Hz</i>	<i>Assurance Level l</i>
1	0.0001
4	0.02
16	0.02
40	0.002
80	0.002
200	0.00002
<i>Overall, g ms</i>	0.73
<i>Duration, min</i>	180

O teste tem a duração de 180 minutos.

No início do teste são colocados acelerómetros na mesa de vibração. Tendo em conta os valores da Tabela 4.21 define-se o perfil de vibração, em que o eixo dos X representa a frequência de vibração e o eixo dos Y o *assurance level*. No gráfico da Figura 4.37, a linha verde representa o perfil ideal de comportamento que a mesa devia sofrer, consequentemente, existem limites – superior e inferior – de vibração, a vermelho caso seja *high-abort* e a amarelo caso seja *high-alarm*. A linha branca (*control*) representa o comportamento da mesa ao longo do teste de 3h. Pode-se observar que a embalagem não passou dos limites de alerta e praticamente acompanhou sempre a linha de profile ideal. Podendo-se concluir que o teste foi

bem executado. Segundo a norma ASTM D 4728, o teste deve ser iniciado num nível abaixo do ensaio completo e incrementa-se em uma ou mais etapas. Isso permite que o sistema de controlo de circuito fechado complete a sua equalização em níveis mais baixos de teste e forneça ao operador uma oportunidade adequada para verificar visualmente que a amostra de teste (embalagem) e dispositivo elétrico recebem um teste realista, antes da exposição completa.

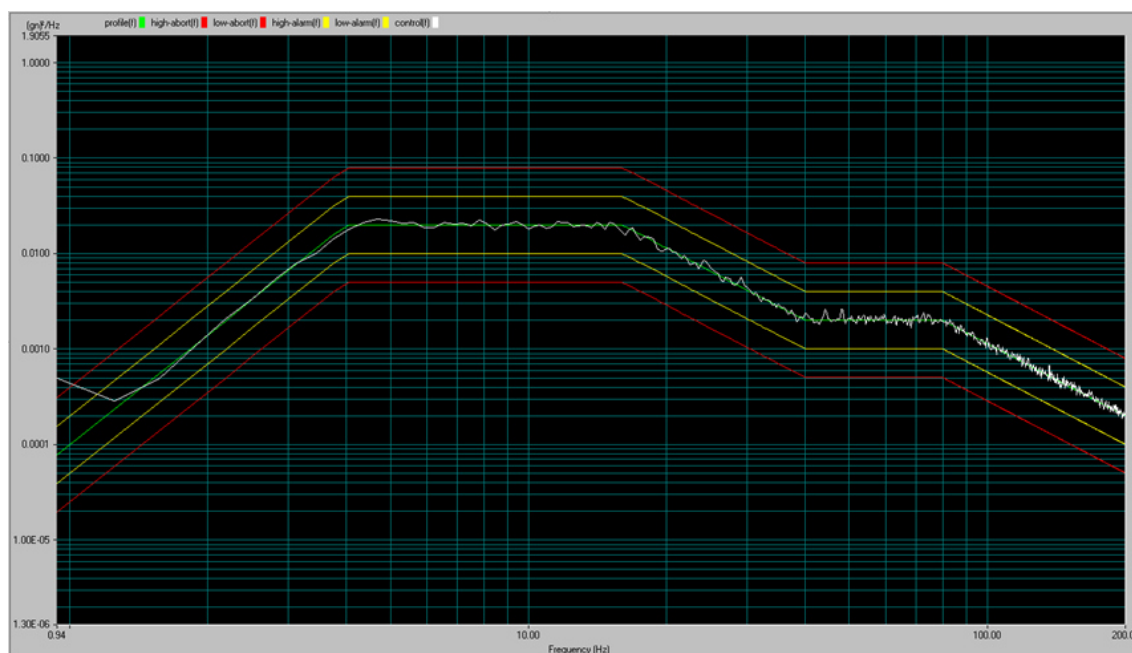


Figura 4.37 - Gráfico de análises do teste de *Vehicle Vibration* (retirado de Anexo 5)

Por último, e no final da realização deste teste, é realizada uma inspeção visual, tanto à embalagem como ao conteúdo por esta transportado. Podendo-se afirmar que a embalagem passou.

#### 4.7.5 Teste 5 - Manual handling

Por último é obrigatório a realização de mais um teste de queda, com o objetivo de simular os perigos ocorridos durante a movimentação manual de embalagens. As condições do teste são exatamente as mesmas do subcapítulo 4.7.1 no que diz respeito à altura de queda, no entanto, em vez de ser o fundo da embalagem a sofrer contacto com o chão é a parte superior [15][18]. Obviamente que todas as embalagens utilizadas na empresa não conseguem passar neste teste

de validação, porque não existe proteção na parte superior do autorrádio, sendo que o único teste de queda que se realiza faz-se com a parte inferior e está detalhado no subcapítulo 4.7.1. É desnecessário realizar este teste porque caso ocorra uma queda de uma embalagem na linha de produção, esta é posta de parte e não é entregue ao cliente.

#### *4.7.6 Considerações finais*

No final da realização de todos os testes de validação (Anexo 5 encontra-se o resultado de todos os testes realizados pela *Delphi-e&s Packaging engineering testing of shipping containers and systems*) e após observação, a embalagem passou, mas deixou algumas marcas na espuma do lado direito, que merecem preocupação.

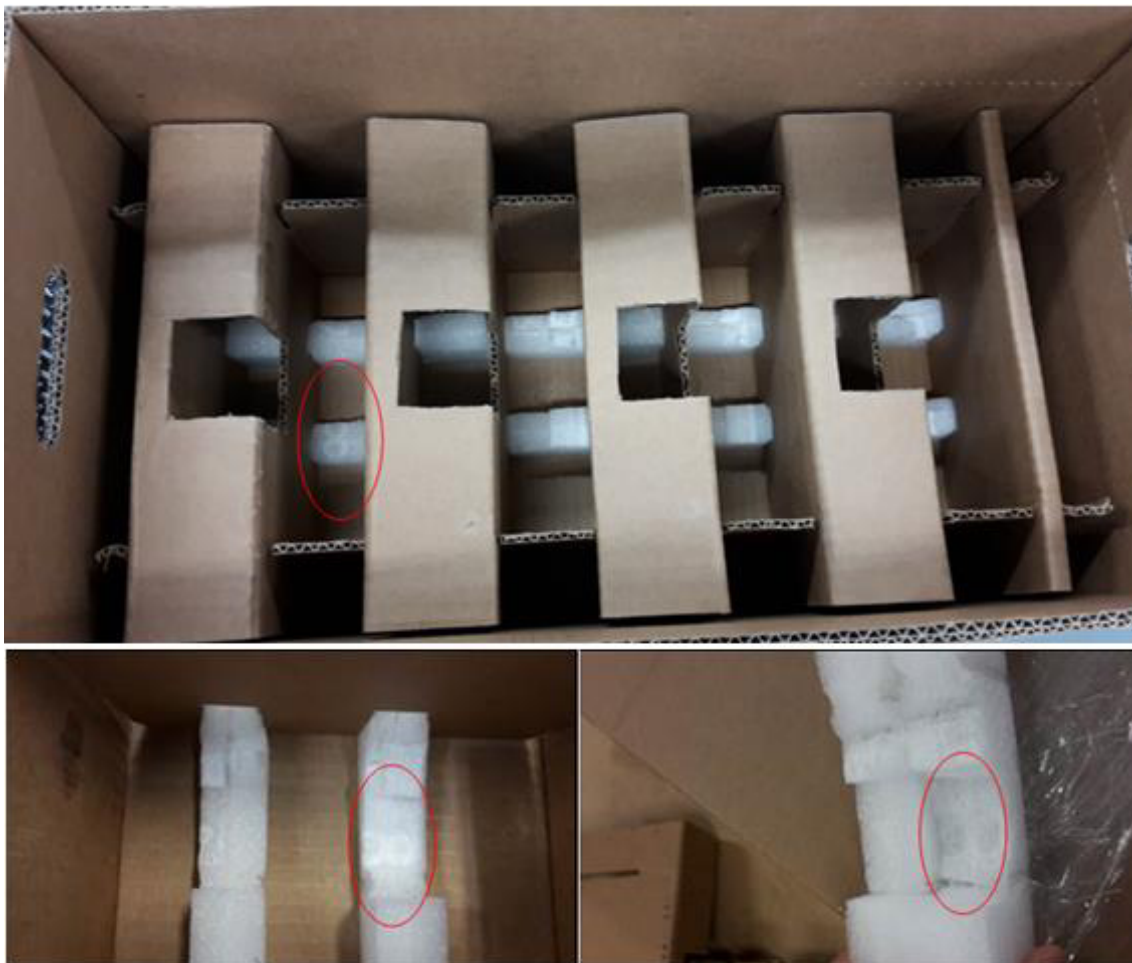


Figura 4.38 - Conjunto de fotografias no final do teste (retirado de Anexo 5)



Estas marcas são provocadas pelo autorrádio do modelo do cliente Ax57 que possui um pequeno conector metálico no chassi (Figura 4.39).

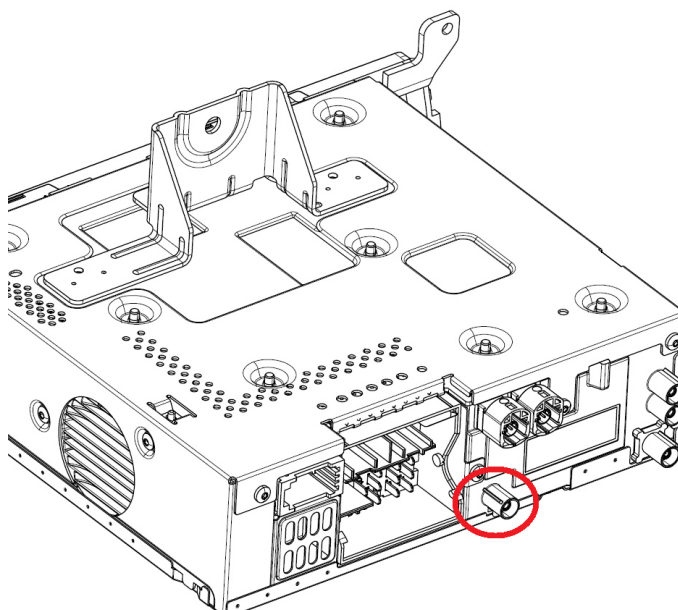


Figura 4.39 – Causa das marcas provocadas na espuma (adaptado de Anexo 5)

Quando foi proposta esta uniformização, e muito antes da validação da mesma, houve reuniões com os engenheiros responsáveis dos clientes F e A, os quais concordaram que todos os conectores estavam protegidos. As marcas deixadas na espuma não são um problema no que diz respeito à qualidade e integridade do autorrádio, mas sim, uma questão visual, porque a empresa não pretende entregar ao cliente embalagens que possam ficar danificadas. Por outro lado, existe a possibilidade de pequenos pedaços de espuma ficarem agarrados aos conectores, obrigando o operador, na fábrica do cliente, a ter o dobro da atenção na colocação do autorrádio no respetivo automóvel. Deste modo, foi proposta outra ideia tendo em vista corrigir as marcas anteriores.

#### 4.7.6.1 Proposta de correção

Com o objetivo de evitar marcas na espuma do lado direito, realizou-se uma nova proposta modificando a fisionomia da mesma.

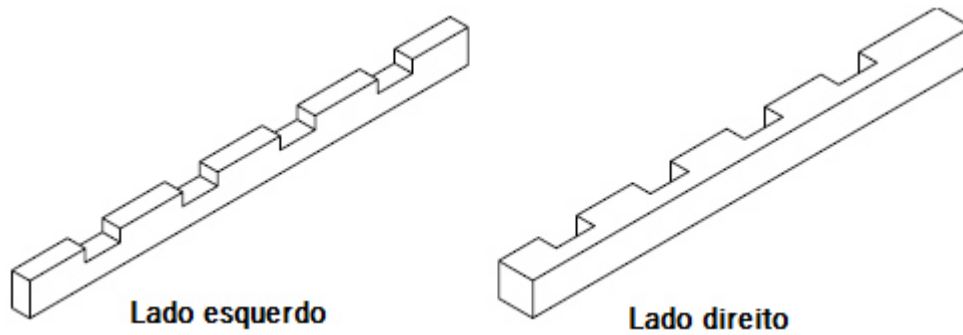


Figura 4.40 - Representação da nova fisionomia de espuma

Para esta nova proposta decidiu-se dimensionar uma espuma nova para o lado direito. Para garantir que não há qualquer contacto entre os conectores e as espumas, foi necessário dimensionar duas espumas diferentes para a mesma embalagem. A localização da espuma é a mesma, o que altera é a sua espessura e fisionomia (Figura 4.40 – lado direito).

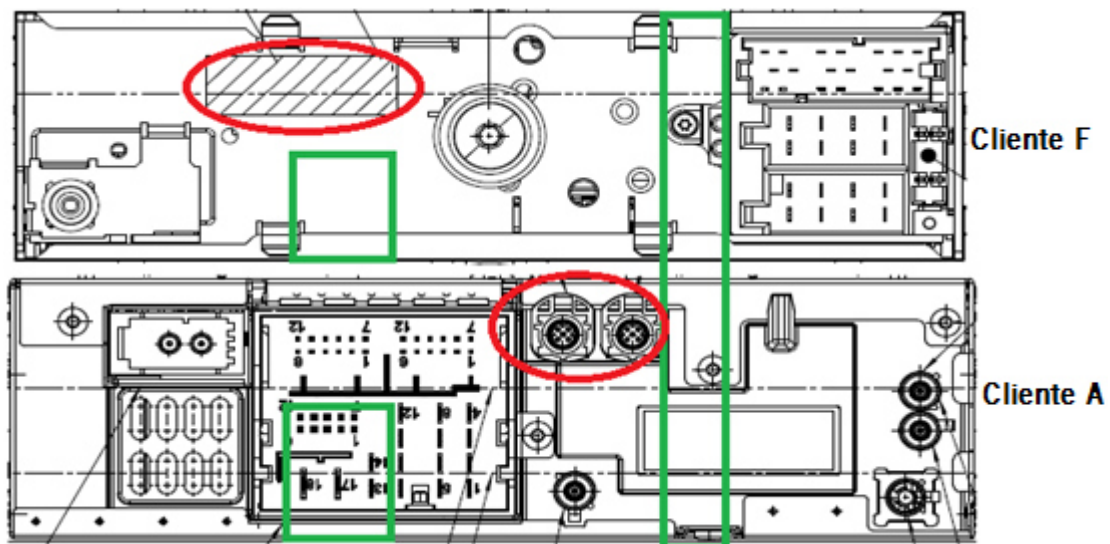


Figura 4.41 - Contacto entre os chassis e o novo dimensionamento da nova espuma

Realizaram-se mais protótipos e pediram-se novas amostras (Anexo 6) para a nova espuma (Figura 4.42 e Figura 4.43).

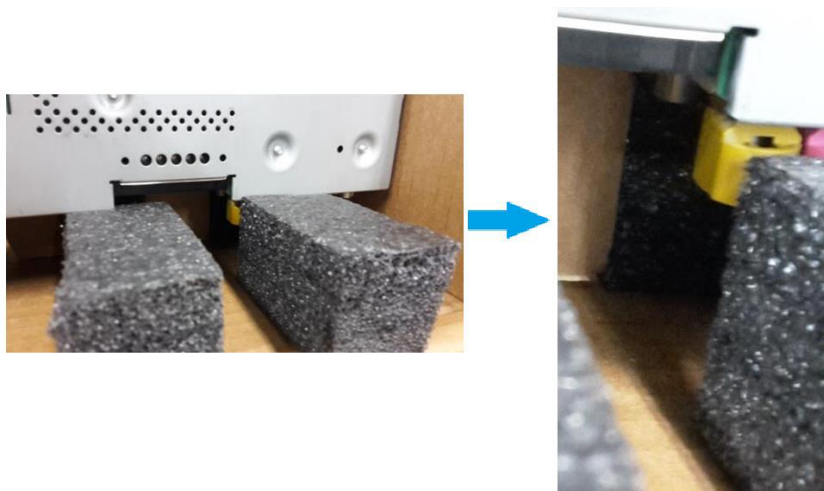


Figura 4.42 - Proteção dos conectores do cliente A

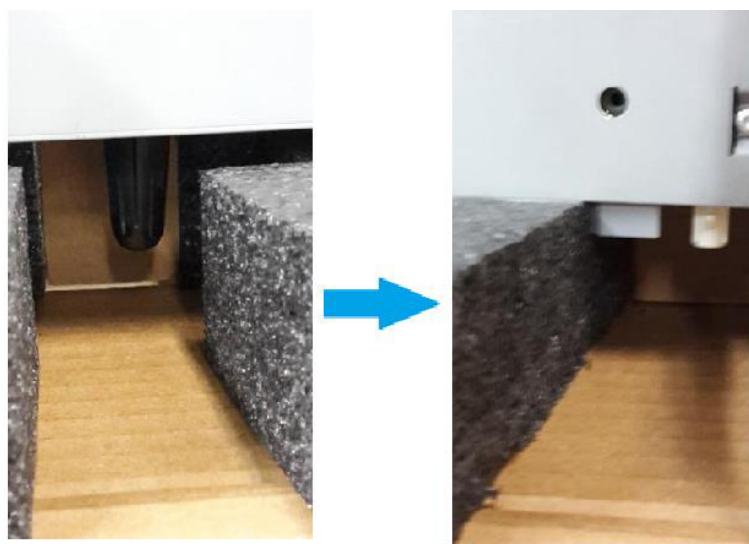


Figura 4.43 - Proteção dos conectores do cliente F

A desvantagem deste protótipo consiste na necessidade de o operador redobrar a sua atenção. Não pode trocar a espuma da direita com a da esquerda, como anteriormente podia, e a espuma da direita tem uma ordem correta de introdução que tem de ser cumprida, como se pode ver na Figura 4.44.

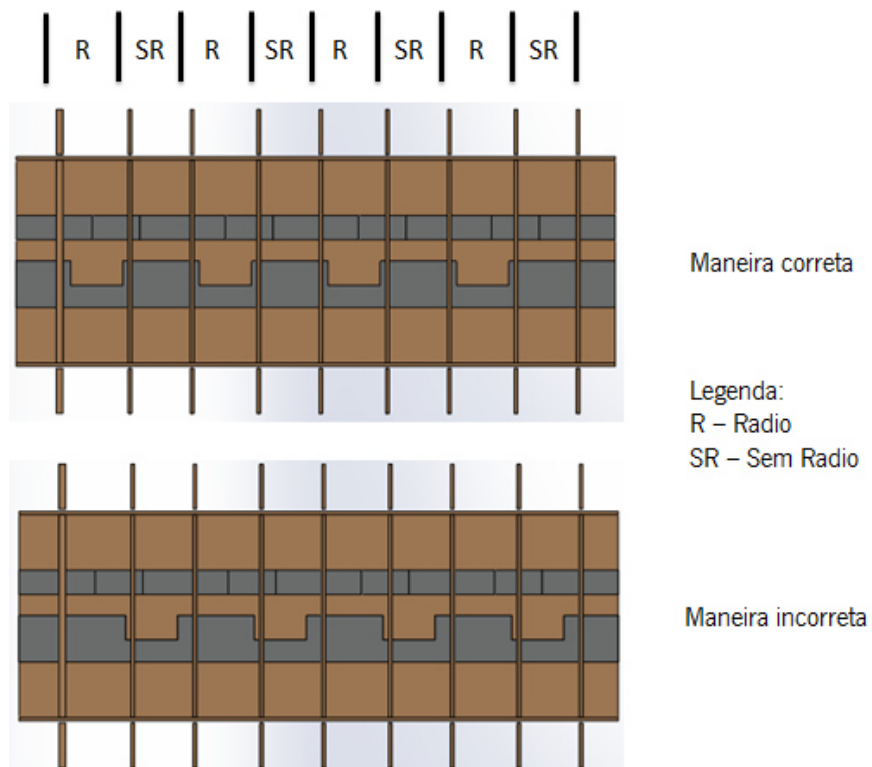


Figura 4.44 - Vista de corte da nova proposta

De novo, e de modo a garantir a entrega dos autorrádios em perfeitas condições, foram feitos novos ensaios de validação. A ordem, as especificações e a agressividade dos ensaios foram exatamente os mesmos, e a proposta de uniformização da embalagem passou com sucesso. Os resultados estão detalhados no Anexo 7.

Posto isto, o passo seguinte, para introduzir esta uniformização na linha de produção, é a aceitação do cliente que já não está ao cargo do engenheiro de embalagens mas sim do departamento de qualidade.

## Capítulo 5

### Conclusão e Desenvolvimentos Futuros

A uniformização apresentada surgiu num processo evolutivo de propostas que, juntamente com vários departamentos, foram continuamente recusadas até se encontrar um projeto suficientemente plausível, de possível execução e de real interesse económico. Esta é uma empresa multinacional com plantas espalhadas em várias partes da Europa e do Mundo, razão pela qual foi necessário um trabalho conjunto para a realização deste projeto com várias equipas de diferentes países o que, de certo modo, dificultou e atrasou o projeto. A principal dificuldade foi a ausência de resposta por parte do fornecedor, pois durante muito tempo o projeto esteve parado por incapacidade deste dar resposta a todos pedidos que foram sendo feitos. Por outro lado, criou-se um ambiente profissional extremamente vantajoso para a integração no mundo empresarial.

Os objetivos previamente estipulados foram cumpridos. De certo modo, a proposta foi aliciante ao ponto de se poder afirmar que, num curto período de tempo, esta embalagem vai circular na linha de produção.

Para todos os projetos iniciados e não concluídos, é necessário um trabalho conjunto entre fornecedores e empresa, com datas fixas para cumprimento de tarefas. Apesar de não concluídos, todos os projetos propostos, serão finalizados a curto prazo, visto que são de real interesse económico para a empresa.

Assim, tornou-se aliciante verificar que as poupanças propostas para a empresa são superiores a 70 000 € anuais, facto que alertou a linha hierárquica da empresa e contribuiu para um avanço célere destes projetos e uma mais-valia em termos pessoais.

## 5.1 Desenvolvimentos Futuros

Em primeiro lugar, o desenvolvimento futuro mais plausível é a conclusão de todos os projetos iniciados (Anexo 8), incluindo um calendário de datas fixas entre fornecedores e empresa para garantir que nenhum atraso aconteça, evitando obter respostas deste género: “excesso de trabalho – impossível dar resposta a todos os vossos pedidos”.

Outro projeto aliciante seria criar uma base de dados para todos os autorrádios. Em todas as empresas, as embalagens de cartão têm um conjunto de dados que as definem como únicas. Estes dados, muitas vezes, dependem de características que o cliente exige ou porque simplesmente o autorrádio que transporta obriga a embalagem a ter certo formato, geometria e resistência. Com esta base de dados, pretende-se implementar um conjunto de informações para todos os autorrádios, de certo modo, um bilhete de identidade individual para cada componente.

Sendo assim, a base de dados tem como *input* as seguintes características:

1. Cliente;
2. Número de autorrádios por embalagem;
3. Número de embalagens por nível de palete;
4. Número de níveis de embalagem por palete;
5. Tipo de palete (industrial ou europeia) a utilizar na entrega ao cliente;
6. Medidas de atravancamento do autorrádio:
  - a. *Chassi*;
  - b. *Trimplate*.
7. Localização dos conectores;
8. Qualidade do Cartão:
  - a. Exterior;
  - b. Interior.

Quando se pretende uniformizar embalagens - criar uma embalagem comum para diferentes autorrádios - é necessário analisar os desenhos técnicos de todos os autorrádios para se encontrar pontos em comum, o que demora bastante tempo, principalmente, para quem não conhece os produtos.

Com esta base de dados consegue-se filtrar a informação relevante muito mais rápido e de uma maneira mais prática, evitando comparações entre embalagens através de desenhos técnicos ou mesmo recorrer constantemente a dados do fornecedor.

Por último, aquando da introdução de um novo produto na linha de produção, esta base de dados informa se existe uma embalagem semelhante que seja possível uniformizar com alguns ajustes ou se é necessário uma embalagem nova para o novo produto. No anexo 9, encontram-se detalhados todos os requisitos necessários para a criação da base de dados.

## Referências

- [1] Delphi – Braga Plant Overview (Documento interno)
- [2] Delphi – Innovation for the real world. Março, 2015 (Documento interno)
- [3] Delphi – Manual de acolhimento. Fevereiro, 2013 (Documento interno)
- [4] Carvalho, Dinis – Cap. VIII Just in Time: Development 1993
- [5] Fibre Box Association. USA 2005
- [6] American Fores & Paper Association
- [7] Silva, Daniela Sofia – Processo Tecnológico de Produção de Cartão
- [8] Europac – Papeles y Cartones. El Carton Ondulado
- [9] Alves, Sónia Alexandra – Controlo Estatístico de Processo na Industria
- [10] “Coardboard machinery” [online] Available:  
<http://cardboardmachinery.com.pt/10-1-Corrugated-Cardboard-Production-Line.html>
- [11] Mendes, F. – Métodos de selecção de caixas de cartão canelado (Portucel)
- [12] (autor desconhecido) Cáp. V – Embalagens de papel, cartão e cartão canelado
- [13] Mendes, F. – Empilhamento e Carga (Portucel)
- [14] Mendes, F – Ensaios sobre embalagens (Portucel)
- [15] Delphi Automotive Systems – Packaging Validation Manua. June, 1999
- [16] *ECT Calculator*, Victory Packaging
- [17] Victory Packaging - Foam packaging training. Agosto, 2013 (Documento interno)
- [18] ASTM D 4169.2005 - Standard Practice for Performance Testing of Shipping Containers and Systems
- [19] Braga Pack Workshop. Julho, 2015 (Documento interno)



[20] John Van Baren, Vibration Research Corporation, Jenison, Michigan

[21] ASTM D999 – Standard Test Methods for Vibrarion Testing of Shipping Containers

[22] ASTM D4728 – Standard Test Methods for Random Vibration Testing of Shpping Containers



# Anexos

Anexo 1 – Desenho Oficial do Cliente F – Fornecido pela empresa



Anexo 2 – Desenho Oficial do Cliente A – Fornecido pela empresa



### Anexo 3 – Primeira proposta de embalagem





## Anexo 4 – Segunda proposta de embalagem



## Anexo 5 – Primeiro Teste de Validação



Anexo 6 – Terceira proposta de embalagem



## Anexo 7 – Segundo Teste de Validação





## Anexo 8 - Projetos complementares

O trabalho de um engenheiro de embalagens não está associado somente ao desenvolvimento de novos projetos, mas também, estar a par da evolução de novas matérias e técnicas, conseguindo assim, reduções de custos internos e melhoria das condições de trabalho.

Tanto a empresa, como os seus fornecedores, têm contratos anuais de redução de custos. Esses valores conseguem-se através da redução de tempos de produção de autorrádios, redução de custos desnecessários em logística, embalagens entre outros. Portanto, é obrigatório ano após ano implementar mudanças economicamente viáveis para ambas as partes. Tendo em conta os fatores anteriormente referidos, tive oportunidade durante o estágio curricular de participar em dois workshops com o intuito de apresentação e discussão de ideias.

Neste anexo, apresentam-se apenas alguns desses projetos. Todas estas iniciativas, foram desenvolvidos por mim, por um engenheiro de embalagens de outra planta da empresa (Polónia) e pelo comprador europeu de material de embalagens.

## Projeto 1

A Figura 1 é uma junção de 3 fotografias da embalagem oficial do cliente AK. A proposta para esta caixa tem como principal objetivo:

- i. Redução de custos:
  - a. Reduzir a área de cartão;
  - b. Diminuir a qualidade do cartão.
- ii. Facilitar o trabalho do operador.



Figura 1 - Embalagem oficial do cliente A2

Como sugestão de redução de área de cartão, foi proposto eliminar os cartões de formato U, como se pode ver na Figura 2 e Figura 3, reduzindo 0.12 m<sup>2</sup> de área de cartão.

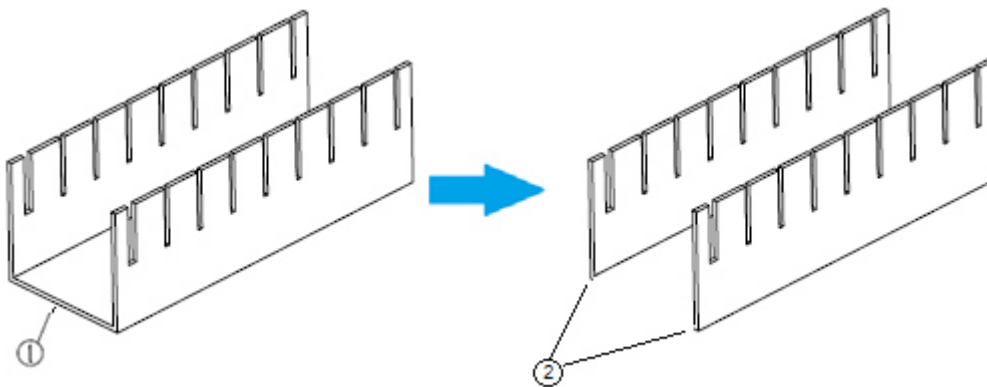


Figura 2 - Novo projeto para redução de área de cartão (retirado Anexo 10)

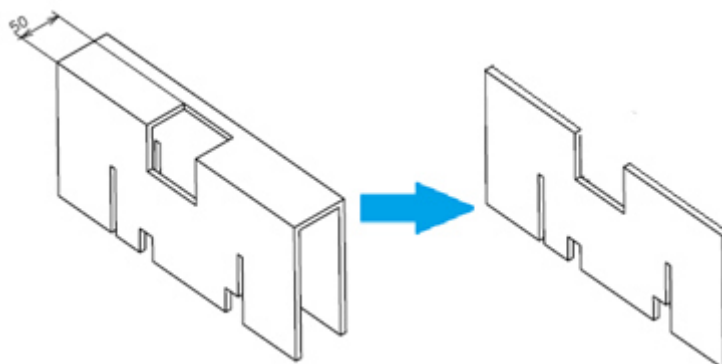


Figura 3 - Novo projeto para redução de área de cartão (retirado de Anexo 10)

Graças às ideias propostas nas duas imagens em cima, é possível pedir ao fornecedor para enviar as embalagens em modo aranhaço<sup>5</sup>, facilitando o trabalho do operador que apenas necessita de 10 segundos para montar a embalagem.

Esta é uma embalagem interior (partição) que não possui qualquer função estrutural na segurança da embalagem exceto para a separação dos autorrádios, como explicado no subcapítulo 4.2.2. Assim, e tendo em conta que esta embalagem transporta os mesmos autorrádios (cliente A) da proposta de uniformização, propôs-se reduzir a qualidade do material, em vez de um cartão BC, será apenas C de valor ECT 6.49 kN/m. De modo a garantir o não movimento da espuma na partição decidiu-se também reduzir a abertura para a colocação das esponjas (ver Figura 4).

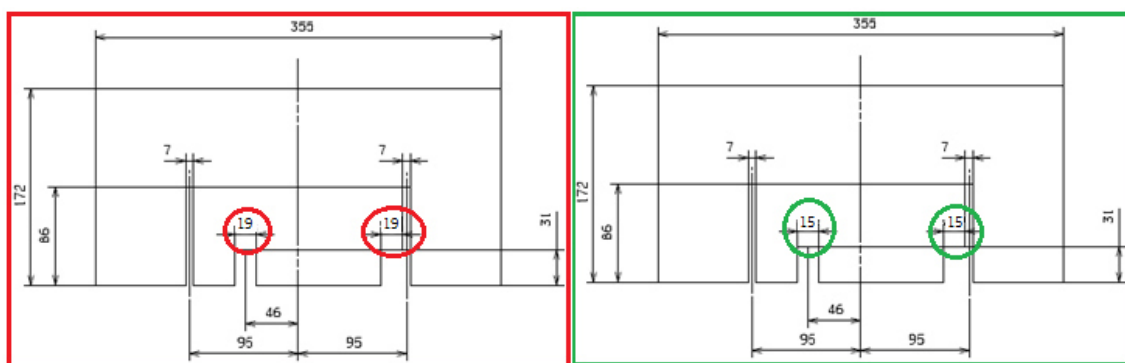


Figura 4 – Redução da abertura de colocação de espuma - recorte de desenho técnico (retirado de Anexo 10)

<sup>5</sup> Modo aranhaço representa embalagens pré montadas na fabrica

Para assegurar o não movimento da espuma, especialmente quando sujeita a vibrações, decidiu-se reduzir a abertura de 19 mm para 15 mm. A desvantagem desta mudança é a obrigatoriedade de forçar a entrada da espuma na partição por parte do operador.

Na Figura 5 está representada uma simulação desta proposta.

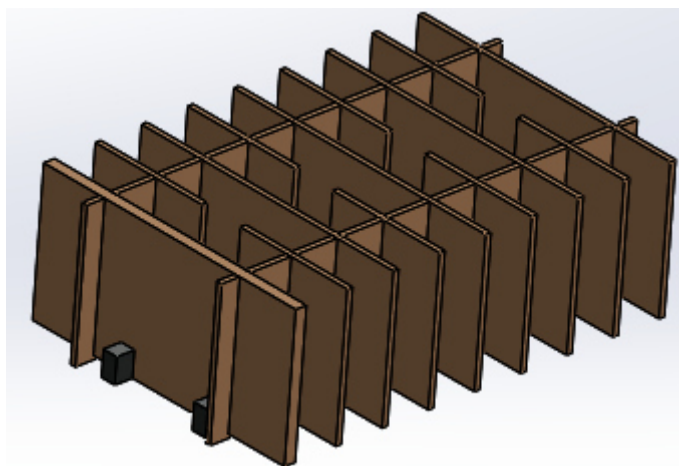


Figura 5 - Simulação da embalagem do cliente A2

Tabela 1 - Estimativa de poupança anual para o projeto 1

Descrição	Nrº de encomendas/ano	Custo existente/unidade (€)	Custo Futuro (€)	Poupanças (€)
Partição	42 400	1.62	1.5	5 024.6 €

Foi pedido ao fornecedor amostras para testar se a partição cumpre com os requisitos, mas o fornecedor não foi capaz de dar vazão aos pedidos feitos. Após a receção das amostras, é necessário testar internamente se a partição cumpre com os requisitos para se poder enviar amostras para o México *Technical Center*. Com este projeto a poupança anual estimada é de cerca 5 024.60 €.

## Projeto 2



Figura 6 - Paletes industrial e europeia, respetivamente

As paletes utilizadas na empresa são demasiado resistentes para a mercadoria transportada, sendo assim, pretende-se reduzir a espessura das tábuas e dos cubos. Para validação desta proposta as paletes têm de ser testadas dinamicamente:

- i. Para a paletes industrial, a máxima carga que se transporta internamente na empresa é cerca de 350 kg (peso da paletes incluída), como no transporte por camião as paletes são sobrepostas, esta tem de ser capaz de suportar uma carga de 700 kg.
- ii. Para a paletes europeia, a máxima carga a que está sujeita é de 280 kg (peso da paletes incluída), tendo em conta que esta paletes também é sobreposta a carga máxima a que é obrigada a suportar é de 560 kg.

Foi pedido ao fornecedor para enviar uma amostra de cada paletes que suportasse as cargas descritas em cima, com o objetivo de enviar estas mesmas amostras para outra planta da empresa na Alemanha ou Polónia com autorrádios obsoletos<sup>6</sup>, com o propósito de testar dinamicamente se estas paletes mais fracas cumprem os requisitos exigidos.

A Tabela 2 representa as poupanças associadas com esta proposta.

---

<sup>6</sup> Obsoletos - Autorrádios em não funcionamento, apenas para realização de testes

Tabela 2 - Estimativa de poupança anual para o projeto 2

Descrição	Nrº de encomendas/ano	Custo existente/unidade (€)	Custo futuro/unidade (€)	Poupança (€)
Paleta industrial	6 176	7.99	7.19	4 934.62
Paleta europeia	47 28	6.20	5.58	2 931.36

Infelizmente não houve qualquer resposta por parte do fornecedor até ao final do estágio, mas, com este projeto, a poupança anual estimada é de cerca 7 865.98 €.

### Projeto 3



Figura 7 - *Woodboard* utilizada no topo de todas as paletes

Quando se completa/finaliza uma paleta é obrigatório, segundo a ordem de trabalhos da empresa, a colocação de uma placa de contraplacado de madeira no topo da paleta, *woodboard*. Como anteriormente indicado, existe uma sobreposição dupla de paletes no transporte de mercadorias, estas placas de madeira têm a função de distribuir o peso da paleta uniformemente por todas as embalagens que estão por baixo e de impedir que haja contacto direto entre as embalagens superiores e a paleta.

Ordem de trabalhos da empresa:

1. Finalização da paleta e colocação da placa de madeira prensada;
2. Transportar a paleta da linha de produção para a zona de expedição;

3. Colocar todas as paletes no camião (ver Figura 8).

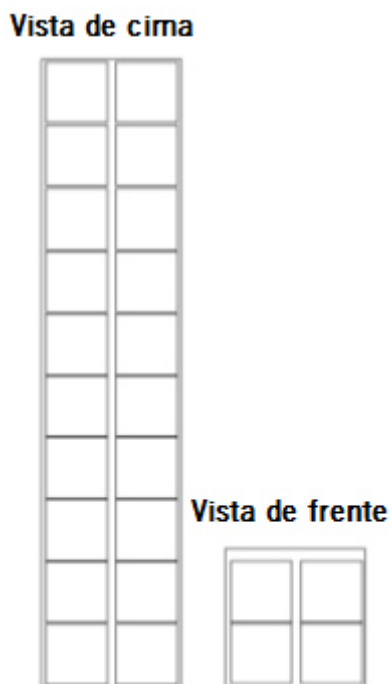


Figura 8 - Esquematização de 40 paletes no camião

As embalagens estão dimensionadas de modo a garantir o suporte de toda a carga que está sobreposto. Sendo assim, a placa de contraplacado de madeira não tem qualquer função estrutural a não ser o de partilhar o peso uniformemente pela camada de embalagens do piso superior da paleta. Mas para distribuir o peso não é necessário placas de contraplacado tão rígidas e tão caras. Foi, então, proposto eliminar todas estas placas de contraplacado e substituir por tampas de cartão canelado com 4 cantoneiras horizontais.



Figura 0.9 - Substituição de *woodboards* por uma tampa de cartão com 4 cantoneiras

Para avançar com esta alteração, e sucessiva alteração do plano de trabalho, é necessário realizar testes adequados e o mais realista possível. Sendo assim, foram preparadas 3 paletes industriais com 3 camadas de embalagens cada uma, no total 81 embalagens, com 405 autorrádios em perfeitas condições. As transportadoras da empresa têm específicas ordens de apenas fazer duplo empilhamento. No entanto, pode acontecer que as transportadoras do cliente façam empilhamento a 3 e, para a realização deste teste, foi preparado um envio especial para empilhar as 3 paletes sem a placa de contraplacado, fazendo num total 2314 km (Porto – Barcelona – Porto).



Figura 10 - Início do teste (Porto)

Obviamente que era esperado que as caixas viessem danificadas, pois foram dimensionadas para suportar o peso de duas paletes e não três. Mas o objetivo é testar o comportamento das tampas e das embalagens da primeira fila de cada palete, porque são estas que entram em contacto com a palete que está por cima. Na Figura 11, é possível verificar que as tampas estão em boas condições e que as fitas de pressão não rebentaram. É, também, possível observar que



algumas cantoneiras saíram do lugar, visto que as caixas, mal dimensionadas, ao não suportarem o peso, criaram folga entre as fitas de pressão e as cantoneiras.



Figura 11 - Resultado final do teste

A Figura 12 representa o objetivo primordial da realização deste teste, o estudo detalhado do comportamento da tampa de cartão canelado. É possível verificar que existem 3 marcas verticais e isso deve-se ao posicionamento da palete superior. O resultado do teste é bastante positivo, apesar das pequenas marcas visíveis.

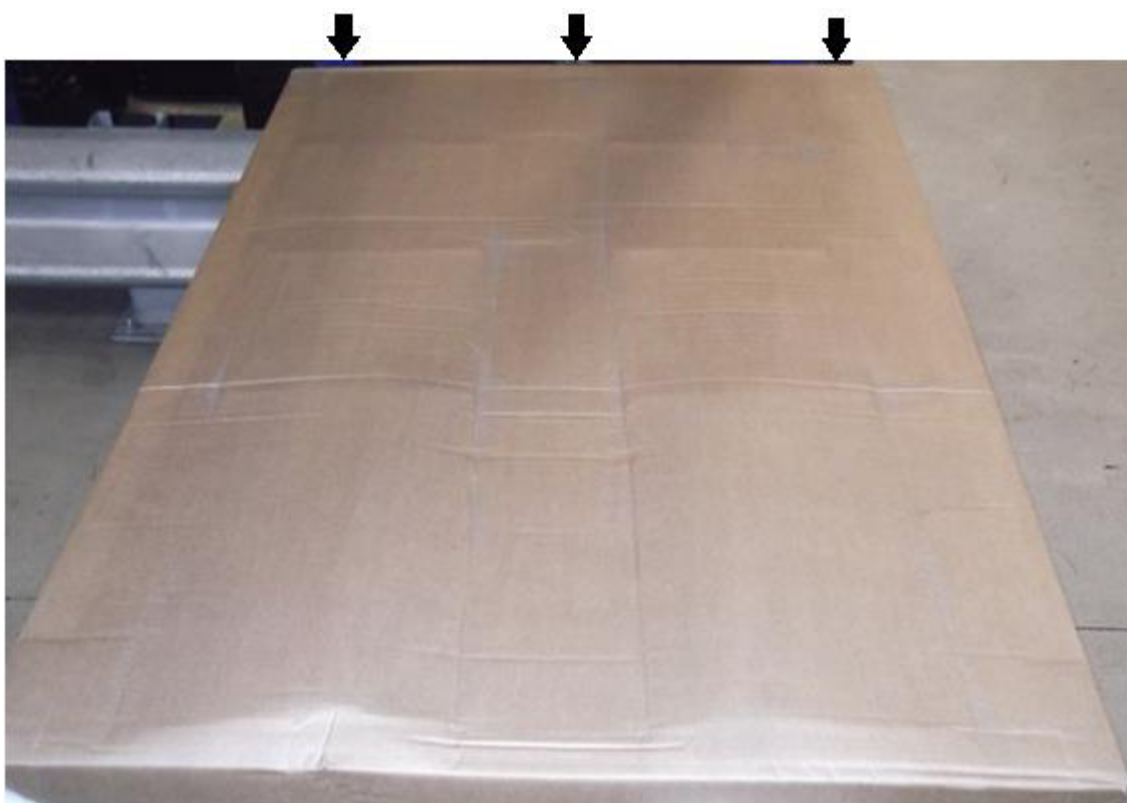


Figura 12 – Objetivo primordial do teste

Após a aceitação desta iniciativa, na Tabela 3, apresenta-se o cálculo de poupanças associadas.

Tabela 3 - Estimativa de poupança anual para o projeto 3

Descrição	Nrº de encomendas/ano	Custo existente/unidade (€)	Custo futuro/unidade (€)	Poupança (€)
Placa para palete industrial	4400	5.18	0	22 776.62
Placa para palete europeia	4200	4.16	0	17 478.3
Tampa de cartão canelado	8600	X	X	X

Com a total eliminação das placas de contraplacado de madeira, a poupança anual estimada é de cerca 40 254.92 €. Este valor não inclui o preço da tampa de cartão canelado, porque

ainda não se recebeu orçamento, mas a poupança associada a esta iniciativa é de cerca de 25 000 €.

#### Projeto 4

Este projeto foi apresentado por operadores na linha de montagem final da zona de montagem final. Os autorrádios produzidos para o cliente F têm como destino várias fábricas, sendo que uma delas é na Índia e como tal o transporte utilizado é o marítimo, obrigando a um cuidado extra, por isso todas as embalagens são cobertas com um saco plástico e por uma embalagem exterior de grandes dimensões (1140x890x910 mm), como se pode ver na Figura 13.



Figura 13 - Produção de uma palete para o cliente F Índia

O problema apresentado pelo operador é explícito na imagem e diz respeito à abertura da embalagem. O trabalhador é forçado a entrar dentro da caixa para colocar as embalagens individuais dos autorrádios e foi pedido por vários operadores uma solução que melhorasse a abertura da embalagem.

Como primeira solução, e a mais prática, seria diminuir o tamanho da abertura da caixa garantindo que esta não faça uma abertura triangular com o chão.

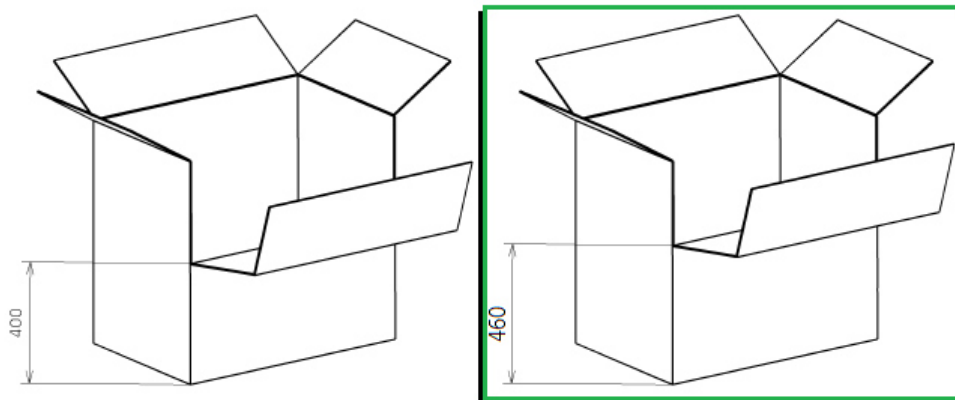


Figura 14 - 1ª proposta de correção

Por outro lado, e como já se estava a alterar a embalagem, seria necessário um novo cortante, decidiu-se melhorar ainda mais a abertura da embalagem e por ventura propor uma redução da qualidade de cartão com o objetivo de induzir mais poupanças. A paletização é dupla e isto quer dizer que esta embalagem, de certo modo, também suporta o peso da paleta que está por cima, por isso para propor uma redução de qualidade é necessário aumentar o número de suportes de carga. Propôs-se uma abertura diferente da porta, de modo a aumentar o número de suportes, como se pode ver na Figura 15.



Figura 15 – 2ª proposta de correção

A embalagem do lado esquerdo possui 4 suportes, quando a embalagem está fechada, mas não possui a mesma resistência da embalagem do lado direito e a razão é óbvia, porque não existe um corte a separar as paredes laterais. Sendo assim, é possível propor uma redução de

qualidade de cartão, mantendo na mesma uma parede dupla BC mas reduzindo o valor de ECT de 12.54 para 10.93 kN/m.

Antes de avançar com esta proposta, foi apresentada esta ideia aos operadores que concordaram de imediato.

Relacionado também com este projeto existe um desperdício de material no saco protetor de humidade. O operador, já habituado a trabalhar com este produto, corta antecipadamente 50 cm de saco porque este foi mal dimensionado e ocupa muito espaço no fecho da embalagem. Tendo em conta que o saco paga-se ao peso, foi proposto ao fornecedor corrigir este problema evitando ser o operador a cortar o saco.

Na Tabela 4 estão apresentadas as poupanças referentes a este projeto.

Tabela 4 - Estimativa de poupanças para a projeto 4

Descrição	Nr°	de	Custo	Custo	Poupanças
	encomendas/ano		existente/unidade	futuro/unidade	
Embalagem	F	734	6.10	6.08	14.68
Índia					
Saco		1558	4.30	4.10	311.6

Com este projeto a poupança anual estimada é de cerca 326.28 €. Felizmente, o fornecedor conseguiu enviar amostras (Figura 16) da embalagem de cartão.

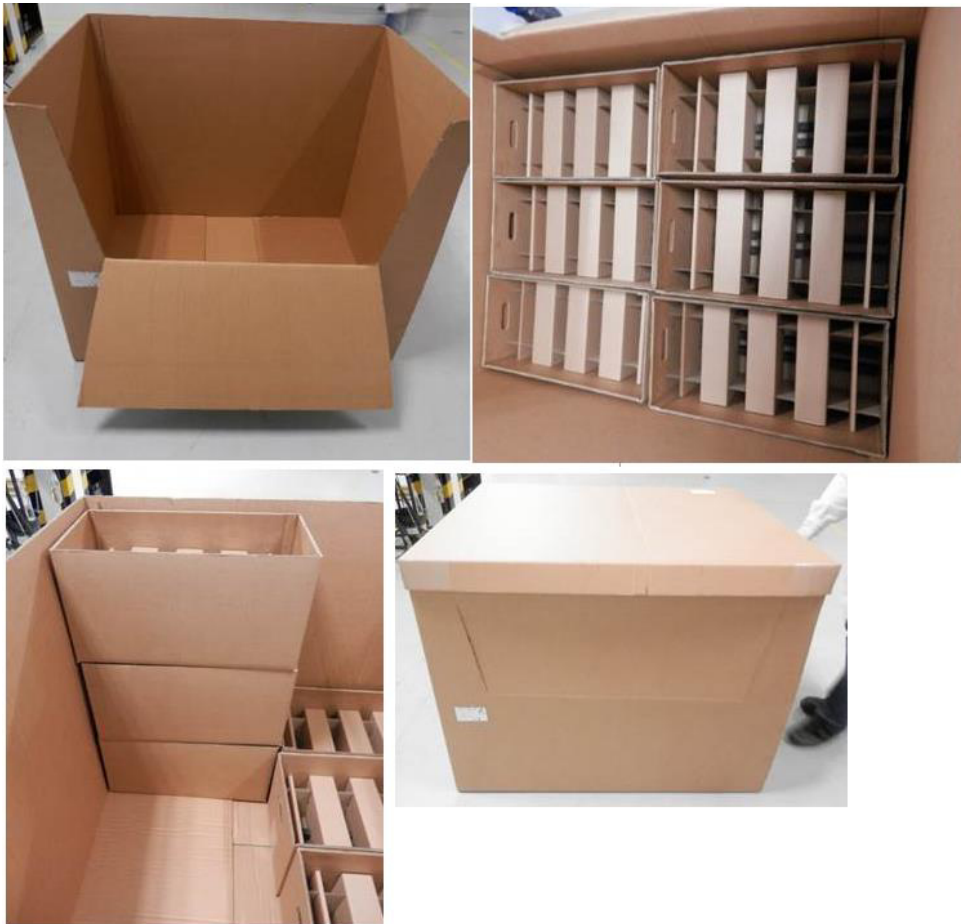


Figura 16 - Amostra da proposta 4 (Anexo 11)

Para introduzir esta embalagem na linha de produção não é necessário realizar testes de validação, mas sim concluir procedimentos internos (CR<sup>7</sup>). Apesar do valor monetário ser pequeno, este projeto tem como principal vantagem facilitar o trabalho dos operadores.

### Projeto 5

As tampas utilizadas na empresa são fechadas através de agrafos pneumáticos o que, mais uma vez, é um trabalho monótono e pesado, provocando problemas nos pulsos de alguns operadores. Sendo assim propôs-se tampas automontáveis evitando o uso dos agrafos, reduzindo o tempo do operador de montagem de uma tampa, como se pode ver na Figura 17.

---

<sup>7</sup> CR – Change Request

Para esta alteração é também necessário um cortante novo para a realização desta tampa em série na linha de produção e aproveitou-se para reduzir 1 nível de qualidade do cartão, passando assim de 7.88 para 5.76 kN/m valor de ECT.



Figura 17 - Comparação entre tampa com agrafos e tampa automontável (retirado de Anexo 12)

Na Tabela 5 apresenta-se uma estimativa de poupanças anuais.

Tabela 5 - Estimativa de poupanças anuais para o projeto 5

Descrição	Nrº de encomendas/ano	Custo existente/unidade (€)	Custo futuro/unidade (€)	Poupanças (€)
Tampa do cliente A	23 568	0.24	0.19	1 051.252

Para esta alteração não é necessário testes internos nem validações, porque apesar da redução da qualidade do cartão nada irá influenciar o seu bom desempenho. Com este projeto a poupança anual estimada é de cerca 1 051.252 €.

### Projeto 6

Esta proposta consiste numa alteração muito simples, mas lucrativa a longo prazo. Praticamente todas as embalagens utilizam esponjas para proteger os conectores, tal como está explicado detalhadamente no subcapítulo 4.2.3, que podem possuir diferentes cores e o preço varia.

Durante este estágio houve a oportunidade de reunir algumas vezes com o fornecedor de espumas, pelo que foram várias as conversas sobre possíveis reduções de custo. Uma das

alterações propostas e a mais simples de implementar é a mudança da cor da espuma de preta/cinza para branca. A alteração da cor não interfere em nada a densidade da mesma, nem outras características mecânicas que estas possuem. Por isso, é uma alteração muito simples que se tem vindo a implementar na linha de produção gradualmente, mas que para o clientes W/R, F, P e S ainda não está implementado. Na Tabela 6, está representada uma estimativa de poupança para esta alteração.

Tabela 6 - Estimativa de poupanças para a Projeto 6

Descrição	Nrº de encomendas/ano	Custo existente/Unidade (€)	Custo futuro/Unidade (€)	Poupanças (€)
W/R	38518	0.28	0.26	770.24
F	30464	0.28	0.26	609.28
P	2828	0.76	0.74	56.56
S	7820	0.72	0.70	156.4

Não é necessário qualquer tipo de validação ou teste porque, segundo o fornecedor, não existe nenhuma alteração nas propriedades mecânicas. Com este projeto a poupança anual estimada é de cerca 1 592.48 €.

### Conclusão sobre os resultados

Ao longo deste capítulo, foram apresentadas algumas das várias ideias desenvolvidas nesta dissertação. É importante realçar que a grande maioria destas alterações visa reduzir a qualidade do material utilizado na expedição, mas todas estas foram ou vão ser testadas antes de serem implementadas na linha de produção, nunca comprometendo a qualidade da entrega do produto.

Tabela 7 - Total de poupanças anuais

	Poupança (€)
Projeto 1	5 024.60
Projeto 2	7 865.98
Projeto 3	25 000



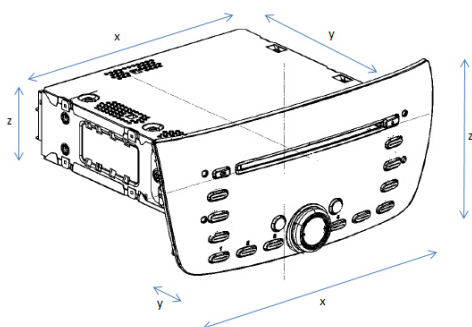
	<b>Poupança (€)</b>
Projeto 4	326.28
Projeto 5	1 051.25
Projeto 6	1 592.48
Uniformização embalagem F/A	16 621.85
<b>Total</b>	<b>57 482,44</b>

Neste capítulo foram apresentadas ideias que visam reduzir cerca de 57 482.44€ anualmente. No total, e ao longo deste trabalho, foram desenvolvidos outros projetos, de menor importância, razão pela qual não são aqui destacados, mas que proporcionam poupanças na ordem dos 70 000 €. Estima-se, porque todos os valores dados nas tabelas acima como “custo futuro/unidade” foram sempre atribuídos para o limite mínimo de possível poupança. Com isto pretende-se afirmar que o valor de poupança definido neste capítulo nunca será inferior ao que foi dito, mas sim superior, caso haja negociações com o fornecedor.



## Anexo 9 – Base de dados

Dados recolhidos, até ao momento, de todos os autorrádios que ainda têm algum tempo de vida na empresa.



Cliente	F	A	V/R	WS	G/S	D	WM	
Nº de rádios/embalagem	4	4	6	3	6	8	5	
Nº de embalagens/palete	18	18	32	15	18	24	24	
Medidas de atravancamento <i>chassi</i>	x	179.1	181.6	184.7	179	180	159.8	187.6
	y	172	186.55	187.4	169.1	166.9	115.05	187.35
	Z	50.6	52.6	50	109.4	59	65.5	52.45
Medidas de atravancamento <i>trimpla</i>	X	243.2	229.5	188.1	241	X	X	188.8
	y	32.45	37.96	15.1	34.9	x	X	9.51
	Z	109.1	106.6	59	129.4	x	X	52.45



## Anexo 10 – Proposta de embalagem do Cliente A2



**Anexo 11 – Proposta de embalagem Cliente F Índia - Facultada pelo fornecedor**





**Anexo 12 – Tampa - Facultada pelo fornecedor**



