

Desenvolvimento de sistemas de embalagem industrial

NEFAB RA, Produtos de Embalagem SA

Joana Maria Alves Cunha Vieira

Relatório do Projecto Final

Orientador na *NEFAB RA, Produtos de Embalagem SA*: Engenheiro Francisco Santos

Orientador na FEUP: Professor Joaquim Fonseca



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Fevereiro 2009

Resumo

Para dar resposta à indústria, que necessita de satisfazer os seus clientes para os seus produtos, há que desenvolver sistemas de embalagens adequados; que salvaguardem a integridade dos produtos concebidos, que garantam as condições de segurança exigidas por fabricantes e transportadores, que assegurem as questões logísticas e que respeitem as práticas do transporte de mercadorias.

Com o objectivo de responder às solicitações da indústria para os sistemas de embalagem, desenvolveu-se este projecto em parceria com a empresa *NEFAB RA, Produtos de Embalagem SA*, que dispõe de tecnologia e *software* especialmente concebidos para criar embalagens industriais.

O *software* disponibilizado pela empresa, *IRONCAD*, permite a modelação tridimensional de soluções de sistemas de embalagem. Com o auxílio de catálogos existentes na ferramenta de trabalho, procurou-se otimizar a concepção de embalagens, a gestão dos recursos existentes e o seu método de produção.

Além da utilização do software da *NEFAB RA*, foram frequentados cursos *online* no *Web Academy* que possibilitaram uma melhor compreensão dos requisitos e dos mecanismos de concepção, produção e fabrico de sistemas de embalagem.

De forma a testar as soluções desenvolvidas, e verificar a sua exequibilidade, foram construídos protótipos. Estes foram produzidos numa *plotter*, máquina utilizada para cortar materiais tão diferentes como espuma e cartão.

Este projecto abrangeu ainda a utilização do programa de cálculo por elementos finitos *ANSYS*, para a realização de uma análise sobre um modelo de um contentor que se encontra na fase de desenvolvimento.

É essencial desenvolver estudos mais exaustivos, sobre o comportamento de diferentes sistemas de embalagem, na procura não só de responder aos requisitos necessários mas essenciais a uma indústria cada vez mais competitiva, procurando a sustentabilidade e a minimização do impacto ambiental.

Development of solutions of industrial packing

Abstract

To answer the industries solicitations, that need to satisfy its customers for its products, it's imperative to develop adequate systems of packaging; that safeguard the integrity of the conceived products, that guaranty the security conditions required by manufacturers and transporters, that assure the logistic questions and that respect the practices of the merchandises transportations.

Aiming to answer the requests of the industry for the packaging's systems, this project was developed in cooperation with the *NEFAB RA, Produtos de Embalagem SA* company, who makes use of technology and software especially conceived to create industrial packaging's.

The software offered by the company, *IRONCAD*, allows the three-dimensional modelation of solutions for packaging's systems. With the existing catalogue in the work tool, it had been trying to optimize the conception of packagings, the management of the existing resources and its production method.

Aside from the use of the software of *NEFAB RA*, online courses had been enrolled in the Web Academy that made possible one better understanding of the requirements and the mechanisms of conception, production and manufacture of packaging's systems.

To test the solutions developed and to verify its feasibility, prototypes had been constructed. These had been produced in a plotter, machine use to cut different materials as foam and card.

This project still included the use of a finite elements calculation program, *ANSYS*, with the intention of analyzing a model of a container that it is in the development phase.

It is essential to develop more exhausting studies, on the behaviour of different systems of packaging, in search, not only to answer the necessary but the essential's requirements of an industry that it is more competitive each time, looking for the sustainability and the minimization of the ambient impact.

Agradecimentos

Os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador da FEUP, o professor Joaquim Fonseca, pela disponibilidade demonstrada ao longo da elaboração deste projecto.

Por último, um especial agradecimento ao meu orientador na empresa, engenheiro Francisco Santos, bem como a todos os colaboradores da empresa *NEFAB RA, Produtos de Embalagem SA*, que contribuíram e disponibilizaram-se sempre, para qualquer esclarecimento e apoio na recolha da informação necessária à realização deste projecto.

Índice

<i>Resumo</i>	i
<i>Abstract</i>	ii
<i>Agradecimentos</i>	iii
<i>Lista de figuras</i>	v
<i>Lista de Tabelas</i>	vii
<i>Nomenclatura</i>	viii
1. Introdução	1
1.1. Apresentação da empresa NEFAB RA, Produtos de embalagem SA	1
1.2. O projecto na empresa NEFAB RA, Produtos de Embalagem SA	1
1.3. Temas Abordados	2
2. <i>IRONCAD</i>	3
2.1. Modelação em <i>IRONCAD</i>	3
3. Modelação das embalagens exteriores para transporte.....	8
3.1. FEFCO, Federação Europeia de Fabricantes de Cartão Ondulado	8
3.2. <i>Software</i> FEFCO para construção das embalagens	9
4. <i>Web Academy</i>	13
4.1. Cursos Frequentados no <i>Web Academy</i>	13
4.1.1. <i>Blocking & Filling-Basic Level</i>	13
4.1.2. <i>Shock and Vibration</i>	14
4.1.3. <i>Corrugated Board</i>	15
4.1.4. <i>Testing Standards</i>	17
4.2. Propriedades dos materiais usados nas embalagens	24
5. Desenvolvimento de sistemas de embalagem	26
5.1. Metodologia para o desenvolvimento de sistemas de embalagem.....	26
5.2. Execução dos protótipos reais	26
5.2.1. Sistema de funcionamento da <i>plotter</i>	27
5.3. Sistemas de embalagens desenvolvidos	28
5.3.1. Peça de ligação de componentes electrónicos	28
5.3.2. Quadro EASAL, modelo “ <i>White Board</i> ”	31
5.3.3. Quadro <i>Be – smart</i>	36
6. Análise por elementos finitos	45
6.1. Apresentação do modelo para a análise por elementos finitos.....	45
6.1.2. Análise por elementos finitos do modelo	46
6.1.3. Conclusão da análise por elementos finitos.....	48
7. Trabalhos Futuros	49
8. Referências e Bibliografia	50
ANEXO A:	51

Lista de figuras

Figura 1: <i>Ambiente de trabalho do software IRONCAD</i>	3
Figura 2: <i>Ambiente de trabalho do IRONCAD e respectivo catálogo</i>	4
Figura 3: <i>Exemplos de catálogos disponíveis no software</i>	5
Figura 4: <i>Exemplo da descrição de um tipo de tubo</i>	6
Figura 5: <i>Exemplo da introdução de valores no menu</i>	7
Figura 6: <i>Peças dos exercícios de aprendizagem de modelação</i>	7
Figura 7: <i>Códigos FEFCO e respectivos modelos de caixa.</i>	8
Figura 8: <i>FEFCO 0330 escolhido para as embalagens do projecto</i>	9
Figura 9: <i>Escolha do modelo correcto da caixa</i>	9
Figura 10: <i>Escolha do tipo de cartão</i>	10
Figura 11: <i>Introdução das medidas internas</i>	10
Figura 12: <i>Detalhes relativos ao estilo de caixa</i>	11
Figura 13: <i>Detalhes relativos ao corte das abas da caixa</i>	11
Figura 14: <i>Caixa planificada e pronta ser produzida</i>	12
Figura 15: <i>Exemplos dos materiais abordados no curso</i>	13
Figura 16: <i>Exemplos de algumas espumas aplicadas às embalagens</i>	14
Figura 17: <i>Cartão de parede simples</i>	15
Figura 18: <i>Cartão de parede dupla</i>	15
Figura 19: <i>Cartão de parede tripla</i>	16
Figura 20: <i>Tipos de canelura</i>	16
Figura 21: <i>Teste de queda</i>	18
Figura 22: <i>Máquina de testes de compressão</i>	19
Figura 23: <i>Teste horizontal</i>	20
Figura 24: <i>Embalagens da gama Repak em madeira</i>	21
Figura 25: <i>Embalagem da gama LogPak colapsável</i>	22
Figura 26: <i>Exemplos de contentores metálicos</i>	22
Figura 27: <i>Exemplo de contentor plástico</i>	23
Figura 28: <i>Exemplo de contentor plástico com palete</i>	23
Figura 29: <i>Tabuleiro termoformado</i>	24
Figura 30: <i>Plotter para corte de alguns materiais</i>	27
Figura 31: <i>Plotter e computador respectivo</i>	28
Figura 32: <i>Componente electrónico a embalar</i>	28

Figura 33: <i>Componente electrónico a embalar – peça modelada</i>	29
Figura 34: <i>Sistema de embalagem em espuma</i>	29
Figura 35: <i>Zona problemática do protótipo de espuma</i>	30
Figura 36: <i>Nova forma do sistema de embalagem em espuma</i>	30
Figura 37: <i>Conjunto final da solução de embalagem</i>	31
Figura 38: <i>Quadro modelado, parte frontal</i>	32
Figura 39: <i>Quadro modelado, parte traseira</i>	32
Figura 40: <i>Solução actual para a parte superior do quadro</i>	32
Figura 41: <i>Solução actual para a parte inferior do quadro</i>	33
Figura 42: <i>Solução proposta para a parte superior</i>	33
Figura 43: <i>Solução parte superior com corte</i>	34
Figura 44: <i>Aspecto final da solução para a parte superior</i>	34
Figura 45: <i>Solução para a parte inferior do quadro</i>	35
Figura 46: <i>Montagem da solução para a parte inferior do quadro.</i>	35
Figura 47: <i>Solução final para quadro com tripé</i>	36
Figura 48: <i>Quadro Be – smart modelado</i>	37
Figura 49: <i>Favo de abelha colocado no quadro</i>	38
Figura 50: <i>Solução para a parte direita do quadro</i>	38
Figura 51: <i>Solução favo de abelha e cartão</i>	39
Figura 52: <i>Protótipo real para a zona do sensor</i>	39
Figura 53: <i>Protótipo real para a base de suporte da caneta</i>	40
Figura 54: <i>Protótipo real para a parte direita do quadro</i>	40
Figura 55: <i>Nova solução desenvolvida com o prolongamento do cartão</i>	41
Figura 56: <i>Protótipo real para o quadro Be-smart</i>	41
Figura 57: <i>Nova solução desenvolvida para a parte esquerda do quadro</i>	42
Figura 58: <i>Solução final modelada</i>	42
Figura 59: <i>Protecção lateral modelada</i>	43
Figura 60: <i>Montagem da solução final</i>	43
Figura 61: <i>Protótipo real</i>	44
Figura 62: <i>Contentor modelado</i>	45
Figura 63: <i>Pontos de aplicação das cargas</i>	46
Figura 64: <i>Análise dos deslocamentos</i>	47
Figura 65: <i>Análise da tensão</i>	47

Lista de Tabelas

Tabela 1: *Comparação dos diferentes materiais* **25**

Tabela 2: *Propriedades dos materiais* **26**

Nomenclatura

<i>AISI</i>	<i>American Iron and Steel Institute</i>
<i>CPS</i>	<i>Complete Packaging Solutions</i>
<i>EPE</i>	<i>Polietileno moldado</i>
<i>EPP</i>	<i>Polipropileno moldado</i>
<i>EPS</i>	<i>Poliestireno moldado</i>
<i>ESD</i>	<i>Electric Static Discharge</i>
<i>FEFCO</i>	<i>Federação Europeia de Fabricantes de Cartão Ondulado</i>
<i>PDC</i>	<i>Packaging Development Center</i>
<i>PE</i>	<i>Polietileno</i>
<i>PP</i>	<i>Polipropileno</i>

1. Introdução

1.1. Apresentação da empresa NEFAB RA, Produtos de embalagem SA

A empresa *NEFAB RA, Produtos de Embalagem SA*, é uma das muitas filiais espalhadas um pouco por todo o mundo da empresa multinacional sueca *NEFAB*.

Trata-se de uma empresa dedicada ao fornecimento e desenvolvimento de soluções completas para embalagem e focada em satisfazer as necessidades específicas do mercado. Sendo esta uma empresa global fornece soluções de embalagem na Europa, América e Ásia a companhias multinacionais bem como a mercados globais.

O desenvolvimento de soluções de embalagem é realizado através da rede de engenharia de embalagem existente na empresa, que tem o seu início em centros específicos, intitulados por *PDC – Packaging Development Center*, até ao fornecimento dos produtos ao cliente através de serviços específicos de logística.

Os segmentos de mercado para a empresa NEFAB são bastante abrangentes, os mais significativos para esta empresa são a indústria automóvel e as telecomunicações. Seguidamente os mercados mais substanciais para esta empresa são a indústria de maquinaria e a indústria electrónica.

Entre muitas competências desta empresa destaca-se o conceito *CPS – Complete Packaging Solutions*. Esta competência parte dos requisitos impostos pelo cliente, tais como: matéria de imagem, protecção do produto, manuseamento, armazenamento, transporte e ambiente, acabando no desenvolvimento da solução completa e global da embalagem.

A empresa *NEFAB* apresenta um extenso portfolio de produtos de embalagem, bem como anos de experiência que possibilita providenciar soluções de embalagem para cada necessidade, classificando os seus produtos em cinco áreas:

- Embalagem exterior: caixas de contraplacado marítimo, caixas de cartão, paletes;
- Embalagens reutilizáveis: *racks* em aço, contentores e módulos em contraplacado, embalagens em plástico;
- Embalagem de longa duração: caixas de aglomerado, alumínio, caixas anti-humidade, caixas e tabuleiros em plástico;
- Embalagem interior: aço, *honeycomb* (favo de abelha), PP canelado, espuma, *ESD – Electro Static Discharge*, madeira;
- Acessórios: filme extensível, indicadores, *dunnage bags*.

1.2. O projecto na empresa NEFAB RA, Produtos de Embalagem SA

O projecto fim de curso foi realizado com o intuito de proporcionar conhecimentos técnicos de forma a ser benéfico e útil para ambos. Assim sendo, este projecto foi desenvolvido numa área específica da engenharia de embalagem dentro da empresa, que tem por nome *PDC – Packaging Development Center*, Centro de Desenvolvimento de Embalagens.

Nesta área o objectivo é criar soluções inovadoras de sistemas de embalagem. Para este objectivo ser cumprido na perfeição e com profissionalismo, o centro de desenvolvimento de embalagens tem como ferramenta de trabalho um *software* próprio designado por *IRONCAD*.

O *software IRONCAD* foi a base essencial para o desenvolvimento deste projecto, tanto na parte de modelação das peças a embalar bem como na criação das soluções de sistemas de embalagem para essas mesmas peças.

1.3. Temas Abordados

Na fase inicial do projecto foram abordados temas acerca do conhecimento da tecnologia e aprendizagem da ferramenta de trabalho, o *software IRONCAD*, e também das formas das embalagens que a empresa produz, materiais utilizados na produção destas, bem como, os variados testes que podem ser feitos para verificação das embalagens. Este estudo foi realizado em grande parte através do *Web Academy*.

Decorrida a primeira fase, será abordado o tema principal deste projecto, o desenvolvimento, propriamente dito, de soluções de embalagem a nível industrial. Estas soluções foram desenvolvidas ao longo da aprendizagem do *software*, em conjunto, com o conhecimento gradual dos materiais e embalagem adequados para cada tipo de situação.

Serão apresentadas resumidamente, as soluções de sistemas de embalagem que foram desenvolvidas e os seus protótipos reais.

Os protótipos reais foram produzidos numa máquina adquirida pela empresa recentemente, que é designada por *plotter*, uma vez que utiliza uma lâmina que funciona como a caneta num traçador convencional de desenho em papel.

Na parte final será apresentada uma pequena análise por elementos finitos, realizada no *software ANSYS*. Esta análise foi feita para o estudo da deformação e resistência de um contentor específico desenvolvido na empresa.

2. IRONCAD

O *software IRONCAD* foi a ferramenta de trabalho crucial para todo o desenvolvimento dos sistemas de embalagens que serão apresentadas neste projecto.

Um dos objectivos do uso deste *software*, é reduzir ao máximo o tempo de desenvolvimento, por isso este *software* de modelação é dirigido às tecnologias utilizadas.

Permite criar qualquer tipo de modelos tridimensionais, bem como produzir imagens realísticas destes mesmos modelos, para uma posterior apresentação e também, se necessário uma, reprodução bidimensional dos modelos (desenhos 2D).

2.1. Modelação em IRONCAD

A introdução à modelação foi realizada através de um tutorial, disponível no *software*, que continha a informação básica para a criação de modelos de uma forma simples e rápida, utilizando as diversas ferramentas disponíveis.

Por último foram feitos vários exercícios de modelação contidos neste mesmo tutorial.

Apresenta-se na figura 1, um desses exercícios de modelação e o ambiente de trabalho do *software IRONCAD*.

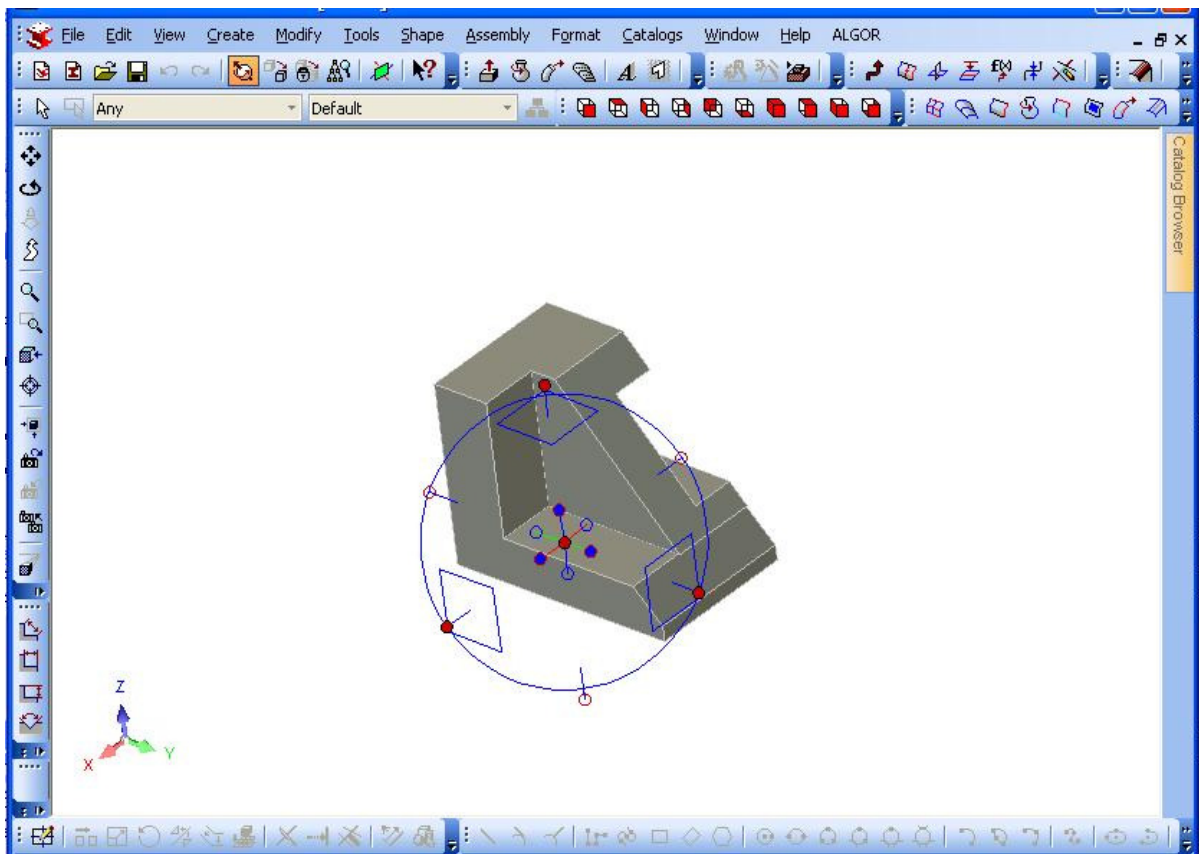


Figura 1: Ambiente de trabalho do *software IRONCAD*

Na figura 2 está apresentado o ambiente de trabalho e um dos catálogos básicos, das formas disponíveis no *software*.

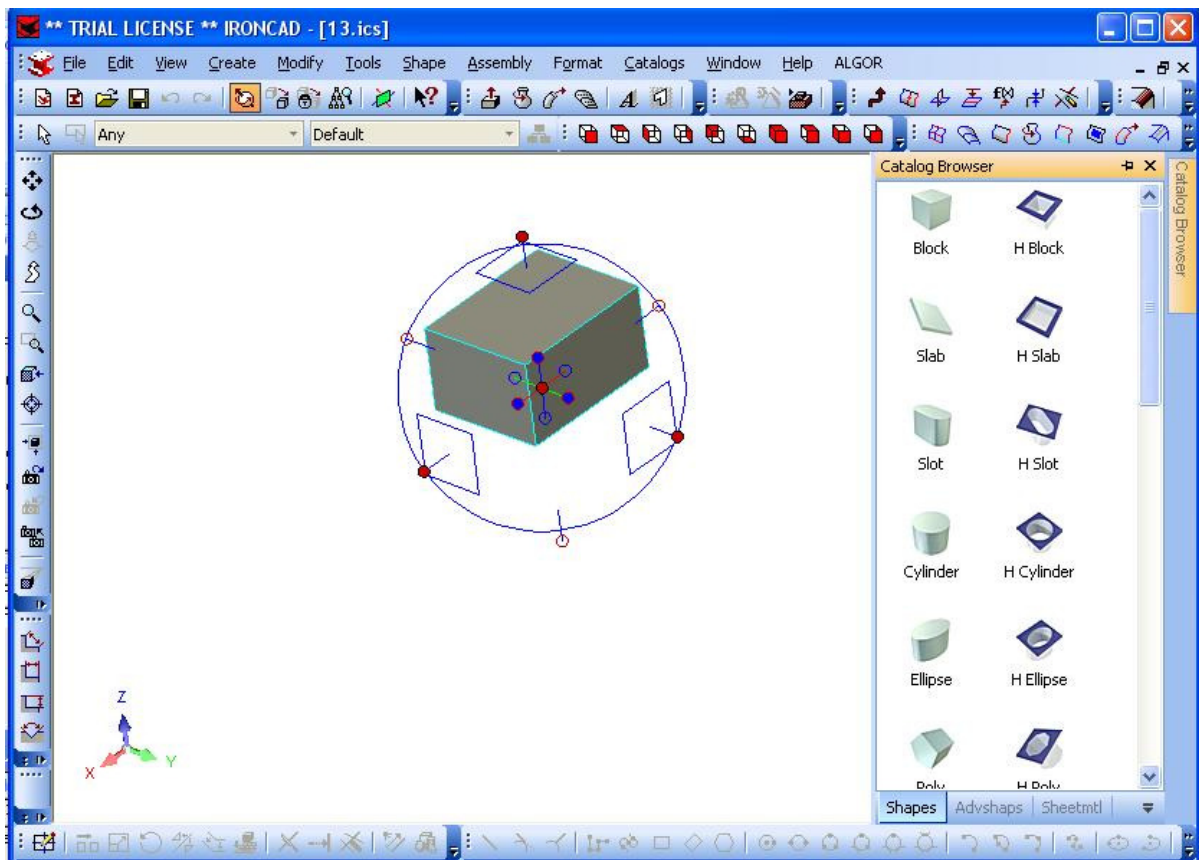


Figura 2: Ambiente de trabalho do IRONCAD e respectivo catálogo

Neste *software*, existem vários tipos de catálogos disponíveis, em que, funcionam como ferramenta de auxílio para qualquer tipo de modelação.

As formas que estão disponíveis nos catálogos variam desde, simples cubos até aos perfis usados na construção de um contentor, bem como, parafusos e vedantes.

Na figura 3, apresenta-se dois tipos de catálogos existentes neste *software*.

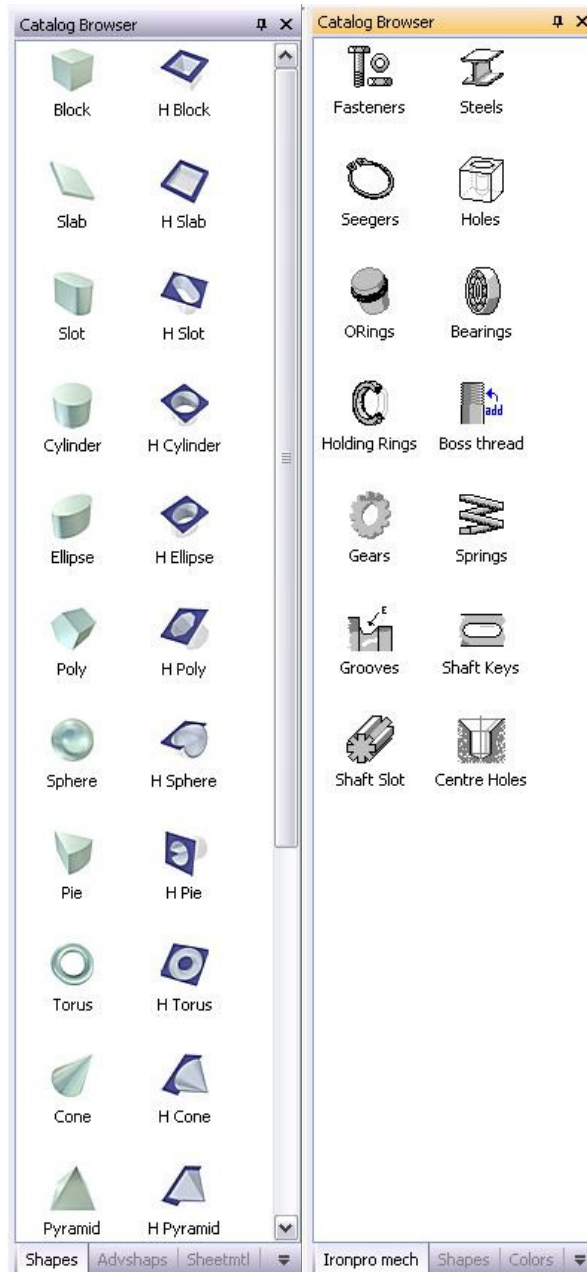


Figura 3: Exemplos de catálogos disponíveis no software

Neste software existe a particularidade das formas escolhidas estarem parametrizadas, e de ser possível fazer a sua caracterização facilmente.

Na figura 4, apresenta um exemplo da descrição de um tubo escolhido do catálogo.

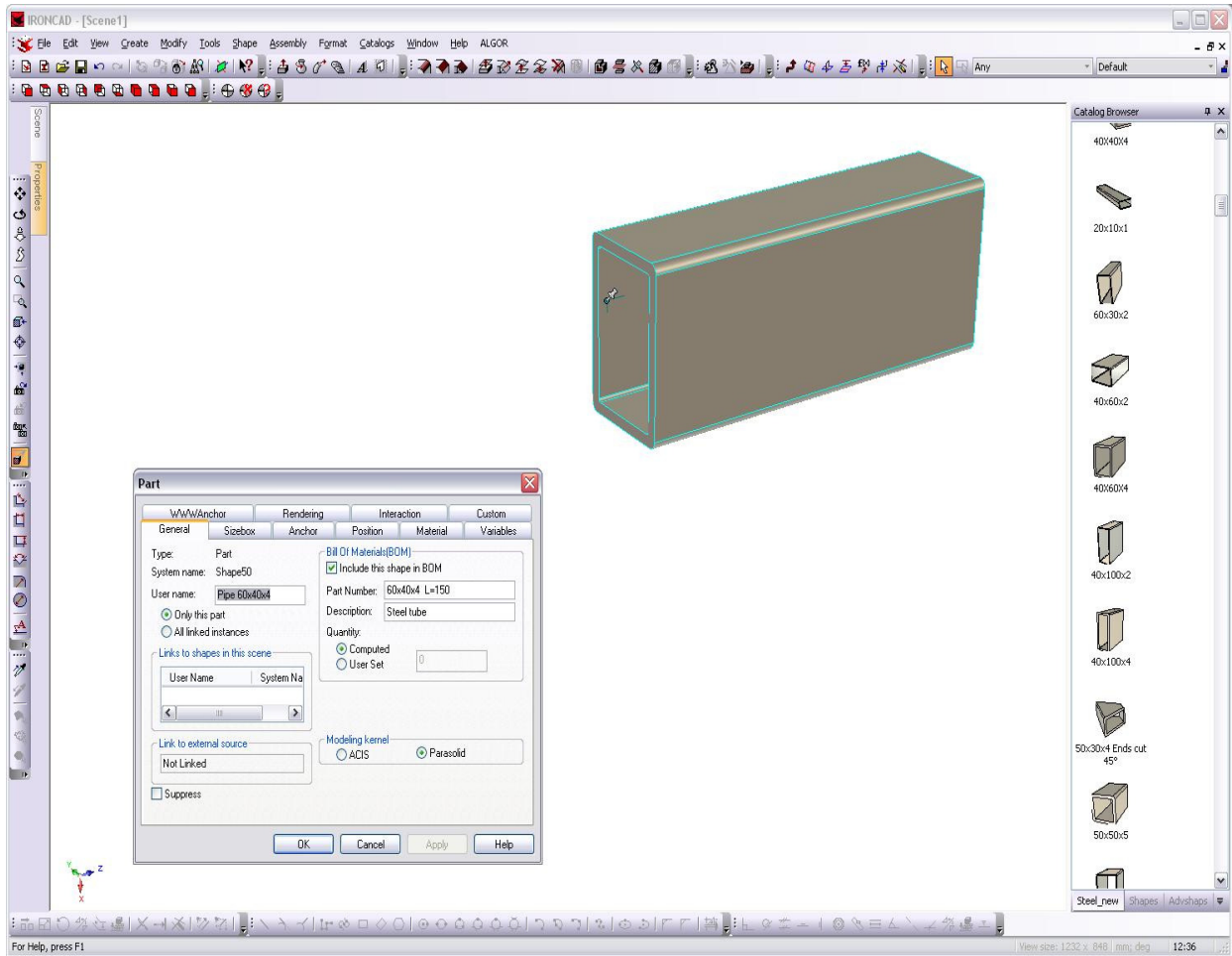


Figura 4: Exemplo da descrição de um tipo de tubo

Sempre que se pretende uma das formas contidas no catálogo, basta clicar na figura e aparece um menu, para que sejam introduzidos os valores das dimensões para a forma pretendida.

Na figura 5, apresenta-se o exemplo de um cubo para a da introdução dos valores de parametrização.

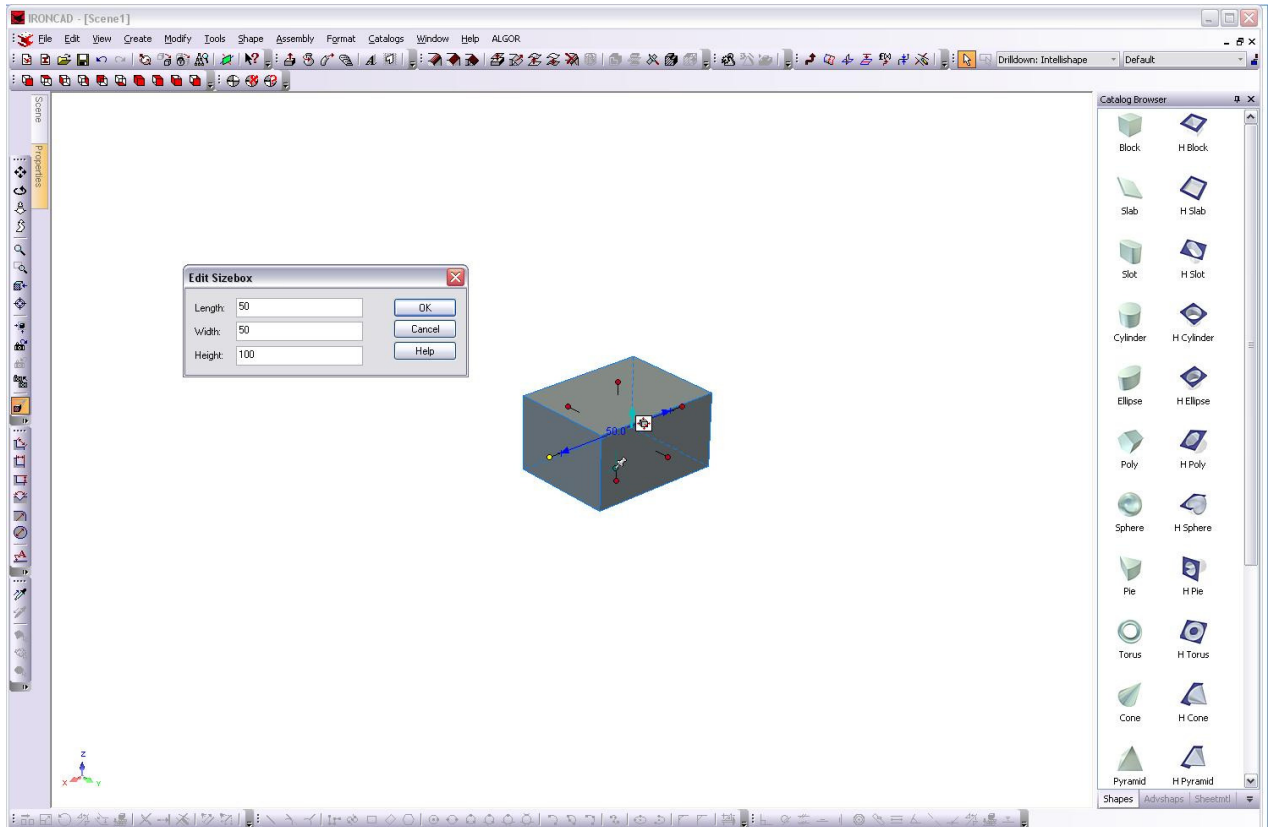


Figura 5: Exemplo da introdução de valores no menu

Apresentam-se na figura 6, as primeiras peças modeladas, incluídas nos exercícios de modelação do tutorial do software.

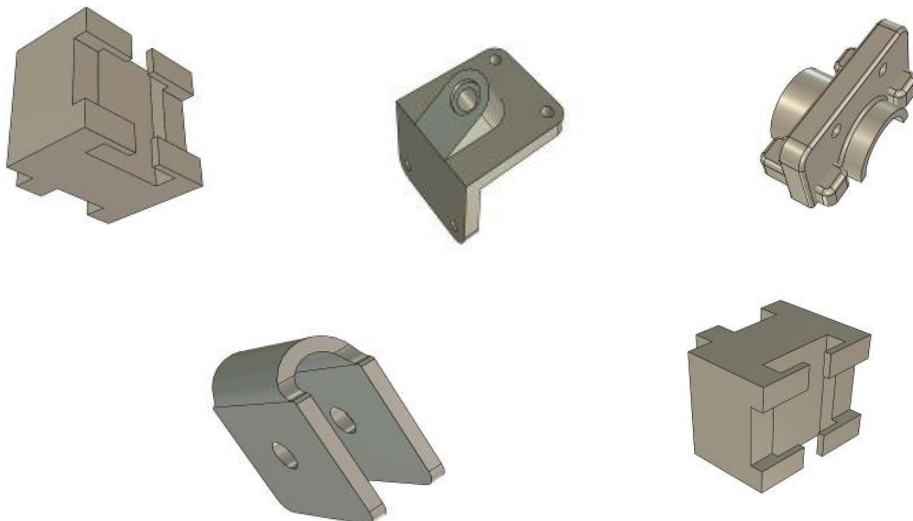


Figura 6: Peças dos exercícios de aprendizagem de modelação

3. Modelação das embalagens exteriores para transporte

Todas as embalagens exteriores, para o transporte de todas as soluções desenvolvidas no projecto, são produzidas em cartão, em concordância com um sistema de código europeu, chamado FEFCO (Federação Europeia de Fabricantes de Cartão Ondulado).

3.1. FEFCO, Federação Europeia de Fabricantes de Cartão Ondulado

Um dos objectivos desta federação foi, desenvolver um código que funcionasse como um sistema oficial, para substituir descrições verbais, longas e complicadas, da caixa que se quer produzir, e que fossem facilmente compreendidos internacionalmente.

O código FEFCO, apresenta uma classificação dos modelos principais de caixas de cartão e acessórios. A nomenclatura adoptada, tem a designação XX YY, que quer dizer:

- XX – estilo básico
- YY – variantes

Os estilos básicos têm a seguinte numeração:

- 02 Caixas com abas
- 03 Caixas telescópicas
- 04 Caixas envelope
- 05 Caixas tipo dupla volta
- 06 Caixas tipo rígido
- 07 Caixas coladas

Na figura 7, apresentam-se exemplos dos códigos FEFCO e respectivos modelos de caixa.

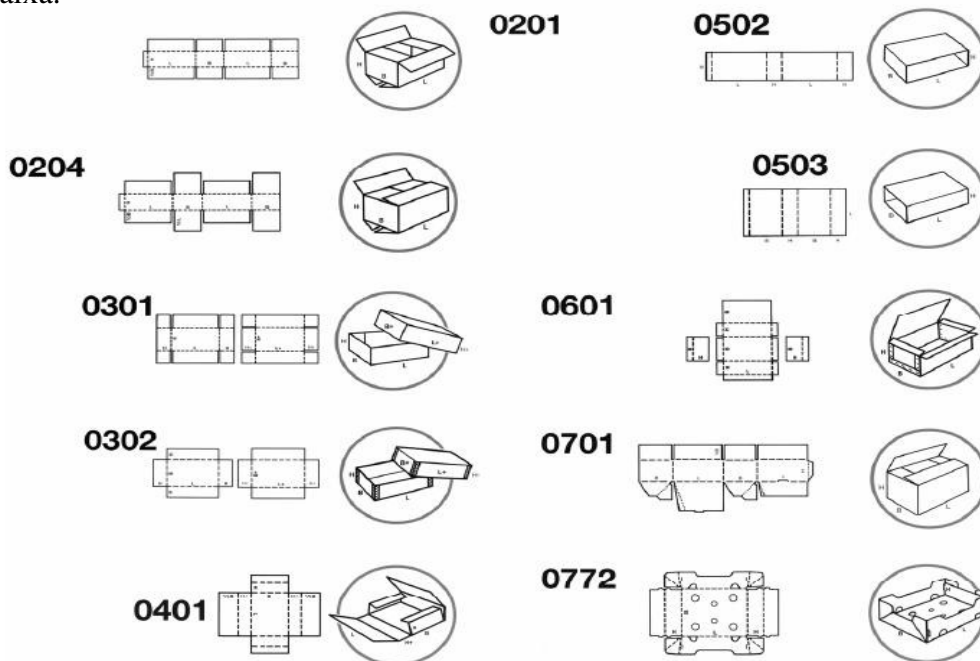


Figura 7: Códigos FEFCO e respectivos modelos de caixa.

De seguida, escolhe-se um tipo de cartão existente na base de dados criada pela empresa, onde já se encontra especificado o tipo de parede e canelura (figura 10).

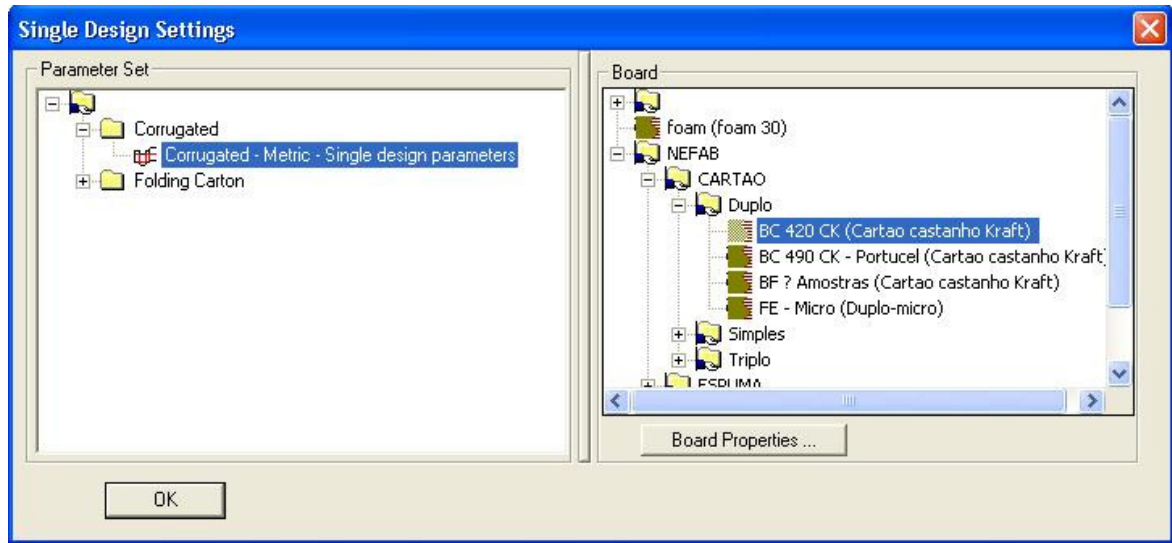


Figura 10: Escolha do tipo de cartão

Após a escolha do tipo de cartão, segue-se a introdução das dimensões internas pretendidas (figura 11).

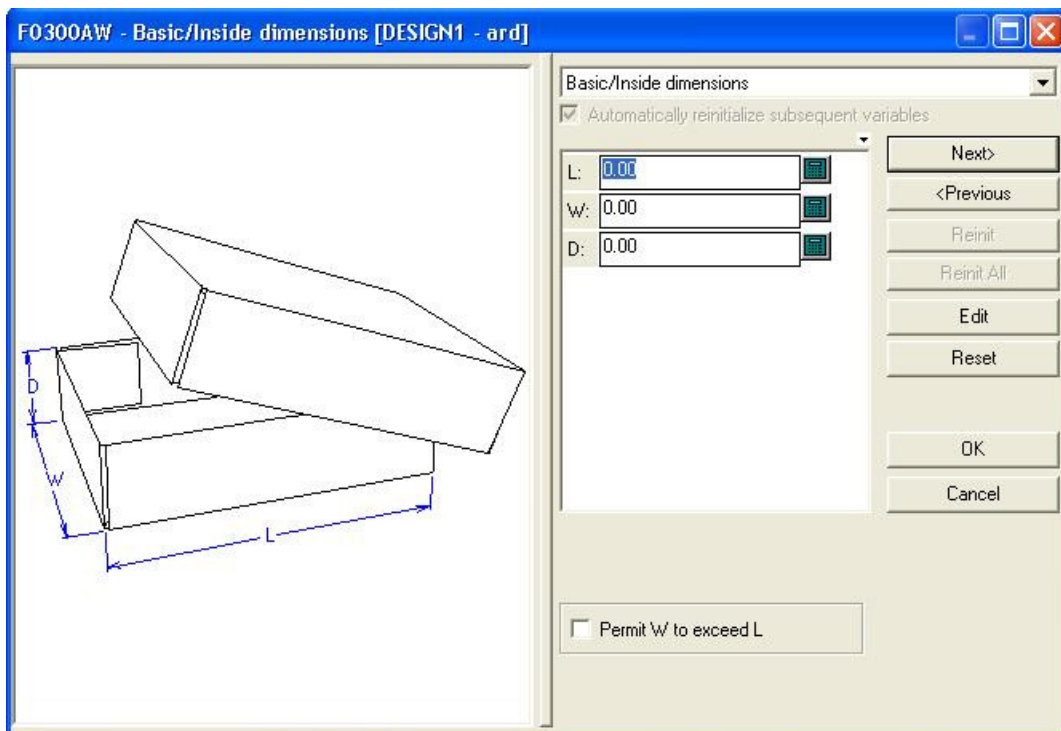


Figura 11: Introdução das medidas internas

Apresentam-se os menus, de detalhes relativos ao estilo da caixa e de corte nas abas (figura 12 e 13).

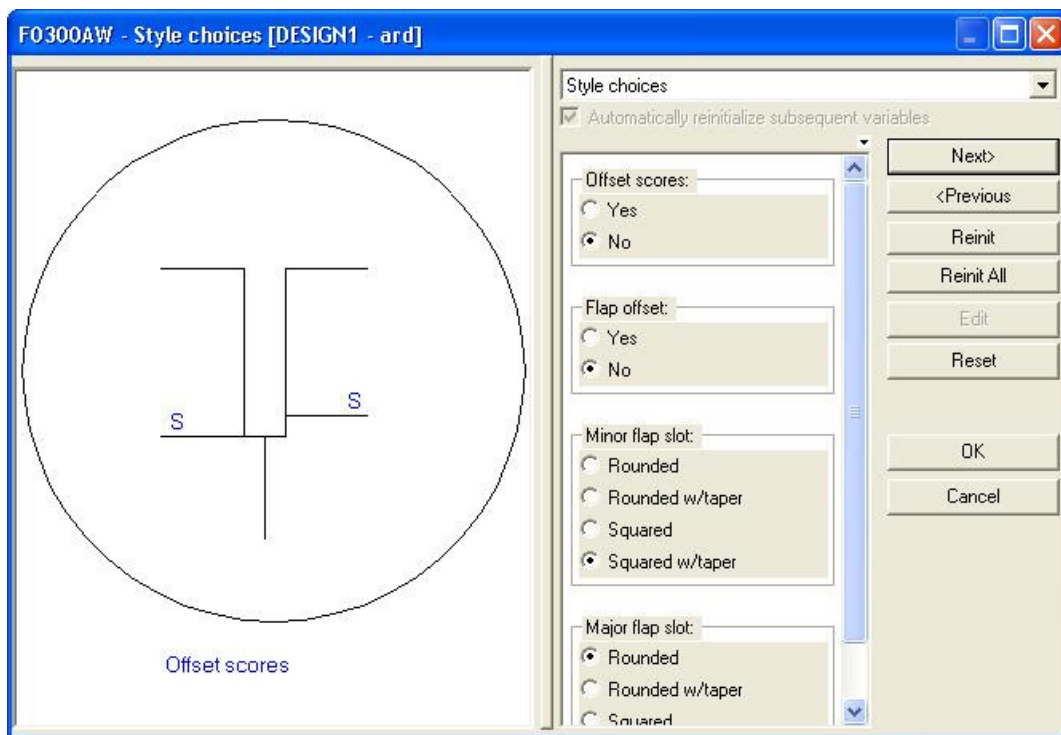


Figura 12: Detalhes relativos ao estilo de caixa

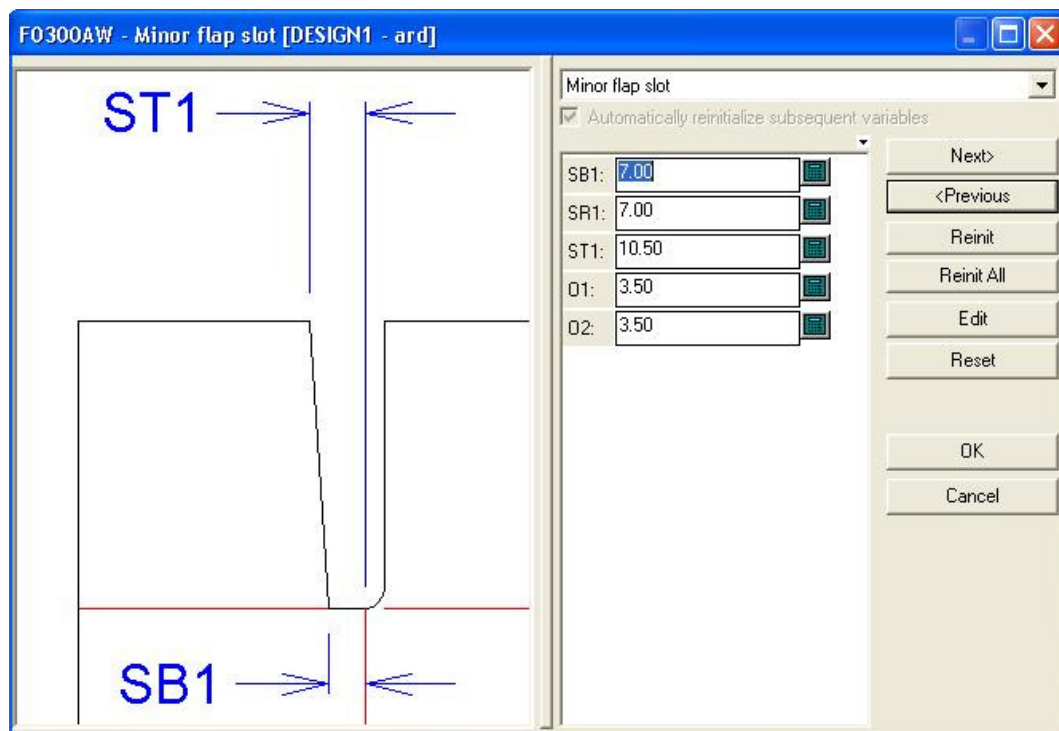


Figura 13: Detalhes relativos ao corte das abas da caixa

E assim, fica concluída a construção da caixa no *software*.

Apresenta-se na figura 14, o aspecto final de uma caixa planificada e pronta a ser produzida.

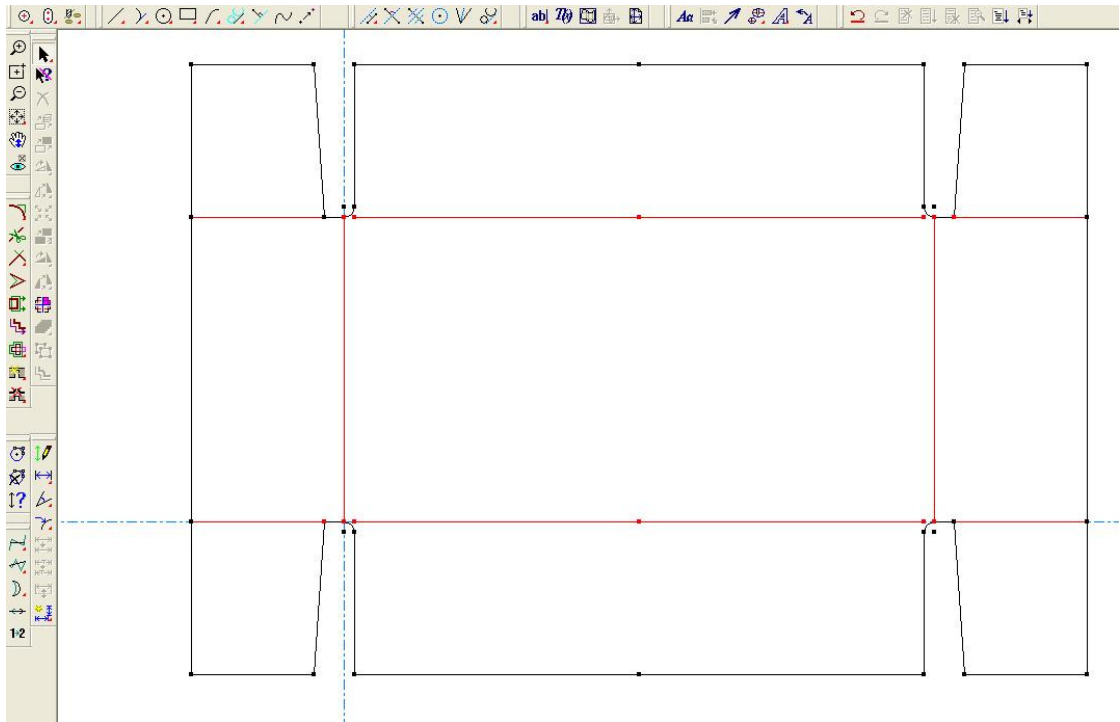


Figura 14: Caixa planificada e pronta ser produzida

4. Web Academy

O *Web Academy* é uma escola de formação dentro da empresa, onde estão disponíveis cursos para todos os colaboradores da empresa. Estes cursos variam desde o conhecimento geral sobre a empresa, até tipos de embalagens produzidas, materiais utilizados, logística de transporte das embalagens produzidas, vendas e tipo de testes feitos às embalagens.

4.1. Cursos Frequentados no *Web Academy*

Entre os variados cursos que estão disponíveis, apresentam-se, de seguida apenas os cursos com maior relevância para a realização deste projecto.

4.1.1. *Blocking & Filling-Basic Level*

Este curso de nível básico teve como finalidade, a descrição dos materiais mais usados nos sistemas de embalagem em termos de bloqueamento e preenchimento dos espaços vazios no seu interior.

Este curso apresenta directrizes a respeito de qual o material a usar para diferentes aplicações e as vantagens do diferentes materiais devido ao efeito do bloqueamento e preenchimento de embalagens.

Os materiais abordados neste curso são bastante variados e, de seguida, apresentam-se alguns exemplos (figura 15).



Figura 15: Exemplos dos materiais abordados no curso

4.1.2. *Shock and Vibration*

Neste curso são abordados dois factores importantes quando estamos a falar de transporte e/ou armazenamento de embalagens, que são o choque e a vibração sobre o produto embalado.

Para que o produto não sofra alterações quer no transporte e/ou armazenamento é necessário pensar na melhor solução possível para o proteger, solução esta que inclui um material adequado para resolvermos o problema em causa. Um dos materiais mais utilizados para este efeito são as espumas.

Para além do problema da escolha da melhor solução e do seu material, teremos que saber informações quanto à fragilidade do produto a embalar. Para nos ajudar na resolução deste último problema temos um factor importante, chamado *G – factor*.

Este factor indica-nos a carga máxima que o produto poderá suportar sem ser danificado. O *G – factor*, varia mediante a fragilidade do produto, isto é, quanto mais frágil for um produto, mais baixo será o *G – factor*.

Como já foi referido em cima, as espumas são um dos melhores materiais para proteger o produto quer do choque quer da vibração.

As espumas que foram referenciadas neste curso são variadas, e que de seguida se lista:

- PP – Polipropileno
- PE – Polietileno
- EPS – Poliestireno moldado
- EPP – Polipropileno moldado
- *Ethafoam* – EPE reciclável
- *Plastazote* – PE *crosslinked*

Na figura 16 apresenta-se alguns desses materiais aplicados às embalagens.



Figura 16: *Exemplos de algumas espumas aplicadas às embalagens*

4.1.3. *Corrugated Board*

Este curso tem como objecto de estudo o material mais usado na indústria de embalagem, o cartão.

O cartão oferece variadas vantagens, das quais se destacam as seguintes: económico, versátil, resistente e reciclável. Esta última vantagem tem bastante importância na indústria nos dias que correm.

Neste curso pretende-se adquirir uma total compreensão dos processos de manufactura do cartão bem como os tipos de construção do cartão mais utilizados pela empresa.

Cada placa de cartão pode ter um tipo de construção diferente. A construção do cartão conjuga espessuras diferentes com tipos de canelura.

De seguida passa-se a descrever e a apresentar resumidamente os tipos de construção do cartão a nível de espessura.

- **Cartão de parede simples**

É um dos tipos de cartão mais conhecido e utilizado na indústria da embalagem. Trata-se de um cartão utilizado para embalar produtos de baixo peso e fragilidade.

Na figura 17 apresenta-se um exemplo deste cartão.

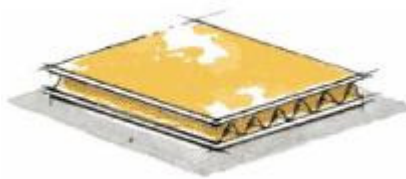


Figura 17: *Cartão de parede simples*

- **Cartão de parede dupla**

Deverá ser usado quando queremos um sistema de embalagem mais resistente e em que haja necessidade de um revestimento extra.

É excelente para empilhar produtos pesados.

Na figura 18 apresenta-se um exemplo deste cartão.



Figura 18: *Cartão de parede dupla*

- Cartão de parede tripla

Quando se procura uma solução que seja resistente ao esmagamento durante o armazenamento e/ou transporte. O cartão de parede tripla é uma ótima aposta para este tipo de soluções.

É utilizado para aplicações pesadas e quando é exigido a proteção total do produto.

Na figura 19 apresenta-se um exemplo deste cartão.



Figura 19: *Cartão de parede tripla*

Todos os tipos de paredes que foram descritos são construídos com um tipo de canelura. A canelura de cada placa de cartão tem um sentido, vertical ou horizontal. E o sentido da canelura é que irá determinar a resistência da embalagem.

Os tipos de canelura que existem têm a seguinte designação: canelura A, B, C, E e F. As três primeiras; A, B, C são as mais utilizadas e as duas últimas; E e F são conhecidas como canelura de tipo micro, devido a sua baixa espessura.

Na figura 20 estão representadas estes cinco tipos de canelura.

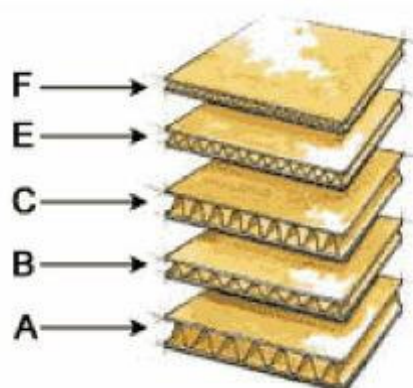


Figura 20: *Tipos de canelura*

4.1.4. *Testing Standards*

Este curso tem como objectivo a aprendizagem e a compreensão das forças que actuam durante o transporte das embalagens, bem como os testes que se podem efectuar nas embalagens para estudar o seu comportamento devido às solicitações a que estas são sujeitas.

O transporte de embalagens e do seu respectivo conteúdo, são influenciados pelos métodos de transporte e pelas solicitações a ficam sujeitos.

As solicitações que actuam no transporte de embalagens são, na sua maioria, de origem mecânica mas também podem ter influência climática.

As forças mecânicas tais como, peso, gravidade e velocidade podem ocorrer devido ao empilhamento, choques, vibração e quedas das embalagens.

A nível climático devemos ter em conta, por exemplo, a humidade relativa que enfraquece os materiais orgânicos, como o cartão. Outro dos problemas é a condensação no interior da embalagem, pois esta condensação pode causar corrosão especialmente no transporte marítimo. As temperaturas elevadas são outro aspecto climático importante, principalmente quando estamos a lidar com materiais plásticos pois, estes podem perder a sua resistência estrutural quando sujeitos a elevadas temperaturas.

Os testes efectuados nas embalagens têm um propósito que é, a avaliação da embalagem num determinado transporte específico e ainda testar o desenvolvimento para novos materiais e produtos.

Seguidamente descreve-se alguns dos testes normalmente realizados nas embalagens.

- Teste de queda

O objectivo deste teste é conhecer o comportamento da embalagem quando esta sofre uma queda.

Este teste simula os choques que podem ocorrer quando existe a queda da embalagem e verificar também qual a parte da embalagem que apresenta fragilidades.

O teste é realizado largando livremente a embalagem de uma determinada altura contra uma superfície plana.

A embalagem poderá ser largada de modo a embater nesta superfície com um determinado ângulo, face, canto ou aresta.

Na figura seguinte poderá observar-se um exemplo deste tipo de teste (figura 21).



Figura 21: *Teste de queda*

- **Teste de compressão**

Este teste é utilizado para testar o ponto máximo de resistência de compressão da embalagem e ainda saber, nestas condições, como proteger os bens que tem no seu interior. Poderá servir também para testar o comportamento de embalagem no empilhamento.

O teste é realizado da seguinte forma; a embalagem é colocada numa máquina de compressão entre as duas placas horizontais e de seguida aplica-se uma determinada carga de fecho destas placas.

Esta carga é aplicada e aumentada enquanto a embalagem não sofre rotura ou, em outras situações, até valores pré-determinados.

Quando se quer testar o nível de empilhamento, o valor da carga é pré-determinada e é aplicada durante um curto intervalo de tempo. Existem casos, em que, o teste termina quando a embalagem é destruída.

A figura 22 apresenta uma foto da máquina utilizada para o teste de compressão.



Figura 22: *Máquina de testes de compressão*

- Teste de vibração

Existem variadas formas de simular a vibração provocada pelos vários métodos de transporte. Este teste de simulação é feito num laboratório.

Neste laboratório é realizada a vibração e o balanço da embalagem em qualquer direcção, amplitude e frequência, isto para que, a simulação do meio transporte seja o mais próximo da realidade.

- Teste de impacto horizontal

Como o próprio nome indica, este simula os choques horizontais aplicados com uma velocidade horizontal. A velocidade de impacto pode ser pré-determinada.

O maior impacto horizontal que uma embalagem pode sofrer é, principalmente, durante o transporte por comboio; este teste serve para simular este tipo de transporte.

Existem três diferentes tipos de impacto disponíveis, tais como: teste de plano inclinado, horizontal e pêndulo.

Na figura 23 está apresentada uma foto que serve de exemplo para o teste horizontal.



Figura 23: *Teste horizontal*

4.1.5. Returnable packaging

Este curso tem como objectivo, dar a conhecer as embalagens reutilizáveis produzidas na empresa, focando a parte técnica de construção destas mesmas embalagens.

A *NEFAB* produz embalagens reutilizáveis desde a década de 70, e eram produzidas, nesta altura, em madeira.

Nos dias de hoje, já não só utiliza a madeira, como outros materiais reutilizáveis.

Exemplos de embalagens reutilizáveis produzidas:

- *Repak*: gama de embalagens reutilizáveis e colapsáveis que podem ser produzidas em madeira e plástico. Podem ser reutilizadas entre 5 a 100 ciclos de utilização.
- *Plypak*: gama de embalagens reutilizáveis mas não colapsáveis. São construídas em madeira e o seu tempo de utilização está estimado em anos, por exemplo a mais antiga *Plypak* ainda está em uso desde a década de 70.
- *Logpak*: São colares de madeira colapsáveis que tem uma altura de 200mm. O seu tempo de vida útil é de 3 a 5 anos.
- *Outras embalagens*: são todas as embalagens produzidas em aço ou plástico, tais como: contentores metálicos ou plásticos.

As embalagens reutilizáveis têm um enorme interesse e vantagens devido aos seguintes factores:

- Redução total dos custos
- Maior protecção do produto a embalar
- Maior segurança para os trabalhadores
- Maior espaço livre para o armazenamento
- Redução do impacto ambiental

Apresenta como desvantagens gerais o grande investimento inicial, bem como, os elevados gastos de transporte, pois são geralmente mais pesadas.

De seguida apresentam-se algumas das embalagens reutilizáveis de madeira produzidas na NEFAB (figura 24 e 25).



Figura 24: Embalagens da gama Repak em madeira



Figura 25: Embalagem da gama LogPak colapsável

Apresenta-se uma descrição das embalagens reutilizáveis, que são construídas à base de aço e de plástico.

As embalagens reutilizáveis de aço são flexíveis em termos de design e podem ser adaptadas a variados usos, por exemplo, no sector automóvel, é dominante este tipo de embalagens.

Quando estamos a definir aspectos de construção deste tipo de embalagens devemos ter em consideração o tipo de tratamento superficial que iremos dar, tipo de aço, modelo de tubos e perfis para a sua construção, qualidade e tolerâncias dimensionais.

Nas figuras seguintes apresentam-se alguns tipos de embalagens metálicas, conhecidos por contentores metálicos, (figura 26).



Figura 26: Exemplos de contentores metálicos

Por último, as embalagens reutilizáveis produzidas em material plástico.

Neste tipo de embalagens devemos ter algumas considerações, no que se refere a:

- Tipo de material plástico que escolhemos; e,
- Qualidade e processo de produção destas embalagens.

Os exemplos destas embalagens são: contentores plásticos, paletes, tabuleiros termoformados, etc.

Apresentam-se algumas imagens de embalagens reutilizáveis plásticas (figuras 27, 28 e 29).



Figura 27: *Exemplo de contentor plástico*



Figura 28: *Exemplo de contentor plástico com paleta*



Figura 29: *Tabuleiro termoformado*

4.2. Propriedades dos materiais usados nas embalagens

A escolha do material, para desenvolver um sistema de embalagem, é um factor importante a considerar. Daí o conhecimento das propriedades, de maior relevância dos materiais disponíveis, ter um papel importante.

Um dos factores decisivos, para a escolha do material, é sem dúvida, o preço. Os requisitos relacionados com, o impacto ambiental e a resistência do material, também devem ser considerados como importantes.

Apresenta-se na tabela 1, uma breve comparação entre os diferentes materiais, que foram abordados no *Web Academy*, a nível de preço, transporte, impacto ambiental e manuseamento.

<i>Embalagens de</i>	<i>Espuma</i>	<i>Cartão</i>	<i>Madeira</i>	<i>Aço</i>	<i>Favo de Abelha</i>
Preço do material	O preço da espuma depende essencialmente da sua densidade	Baixo	Baixo	Elevado	Médio
Transporte	Médio	Baixo	Médio	Elevado	Baixo custo
Impacto Ambiental	Reutilizável	100% Reciclável	100% Reutilizável, Reciclável	100% Reutilizável	100% Reciclável
Manuseamento	Fácil de usar	Fácil manuseamento	Fácil manuseamento		Fácil de usar

Tabela 2: *Comparação dos diferentes materiais*

Na tabela 2 apresenta-se, a comparação entre as propriedades dos materiais, tais como, densidade e resistência.

<i>Embalagens de</i>	<i>Espuma</i>	<i>Cartão</i>	<i>Madeira</i>	<i>Aço</i>	<i>Favo de Abelha</i>
Densidades/Espessuras Comuns	18 kg/m ³				15 mm
	23 kg/m ³				30 mm
	32 kg/m ³	3,5 mm	6,8 mm	Espessuras	50 mm
	40 kg/m ³	7mm	12 mm	variadas	60 mm
	45 kg/m ³	12 mm			70 mm
	50 kg/m ³				
Resistência	Elevada resistência a impactos e vibrações, ambientes corrosivos, e à humidade	Boa resistência ao choque e à pressão	Elevada durabilidade	Elevada resistência	Elevada resistência à compressão
Outras características	Possibilidade de escolha de cor, Protecção <i>ESD</i>	Leve e melhor visibilidade do produto	Longevidade	Longevidade, Costumáveis	Design flexível, boa capacidade de isolamento

Tabela 3: *Propriedades dos materiais*

5. Desenvolvimento de sistemas de embalagem

Como o próprio nome indica, este é o capítulo em que será apresentado, de uma forma mais exaustiva, o tema central do projecto de fim de curso.

A ordem de apresentação das soluções é baseada no sentido de desenvolver a resposta, perante o produto apresentado, para uma melhor solução de embalagem.

5.1. Metodologia para o desenvolvimento de sistemas de embalagem

Para desenvolver um sistema de embalagem não basta só a modelação, apesar de esta ser uma parte importante, mas há muitos outros aspectos para que o desenvolvimento seja satisfatório. Existem dois desses aspectos importantes que devem ser mencionados, a simplicidade do sistema de embalagem e outro, claro, está o preço deste mesmo sistema de embalagem.

Para que o desenvolvimento seja feito são necessárias informações essenciais, tais como:

- Dimensões do produto que vamos embalar;
- Material a usar no sistema de embalagem: poderá ser sugerido ou não pelo cliente;
- Optimização do sistema de embalagem de forma que haja aproveitamento total do material que vamos utilizar na sua fabricação;
- Optimização do sistema de embalagem para a logística de transporte, sabendo as medidas externas da embalagem final conseguimos calcular o número máximo de embalagens que serão transportadas.

5.2. Execução dos protótipos reais

Sempre que possível são produzidos protótipos reais dos sistemas de embalagem desenvolvidos. Estes protótipos foram executados numa *plotter* que recentemente instalaram na empresa.

A *plotter* é uma máquina constituída por uma mesa com dimensões 3000 x 1700 mm² onde são cortados os materiais (cartão, espuma, etc.).

A esta mesa está associada uma parte móvel onde está implementada a cabeça de corte, adequada para cada tipo de material com que a empresa trabalha.

A mesa de corte da *plotter* tem como plano de trabalho os eixos X e Y, e o eixo Z está associado à espessura do material (conceito up down) em que iremos realizar o protótipo.

A figura 30 apresenta uma imagem da *plotter*.



Figura 30: *Plotter para corte de alguns materiais*

Esta máquina dispõe de um software próprio para receber os ficheiros exportados do sistema de modelação, para posteriormente serem realizados esses mesmos protótipos.

5.2.1. Sistema de funcionamento da *plotter*

A metodologia de preparação e funcionamento desta máquina é o seguinte: finalizada a modelação do sistema de embalagem tridimensional no software *IRONCAD*, escolhemos a representação bidimensional e planificada do sistema de embalagem desenvolvido.

Esta representação bidimensional terá que estar à escala real, isto é de 1:1. Seguidamente exportamos esta representação no formato DXF e enviamos este ficheiro para o *software da plotter*.

Após este passo, no software da *plotter* teremos que definir:

- O tipo de material que iremos cortar;
- Definir a velocidade, a aceleração e a penetração da lâmina de corte, de acordo com cada tipo de material que se vai trabalhar;
- Definir o ponto de início de trabalho, o conhecido zero peça.

Finalmente, após colocação do material na mesa de trabalho e da lâmina de corte adequada, está tudo pronto para a execução do protótipo pretendido.

Na figura 31 pode-se observar a imagem do dispositivo completo, *plotter* e computador onde está o software que faz a ligação *IRONCAD – plotter*.



Figura 31: *Plotter e computador respectivo*

5.3. Sistemas de embalagens desenvolvidos

5.3.1. Peça de ligação de componentes electrónicos

O primeiro sistema de embalagem proposto foi para uma peça de componentes electrónicos.

Esta peça é bastante sensível ao choque e à vibração, daí a escolha do material para protecção da peça ter sido a espuma e, para a da embalagem exterior, ter sido o cartão de parede simples de canelura B.

A peça foi modelada tridimensionalmente, no software, a partir de um desenho bidimensional com as suas dimensões básicas e uma foto da peça real (figura 32).

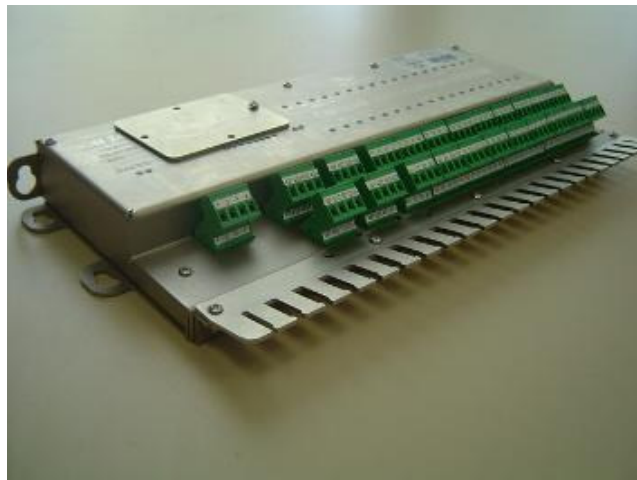


Figura 32: *Componente electrónico a embalar*

Recolhidas as informações sobre a peça, passou-se à sua modelação tridimensional, em que o aspecto final desta modelação é apresentado na figura 33.

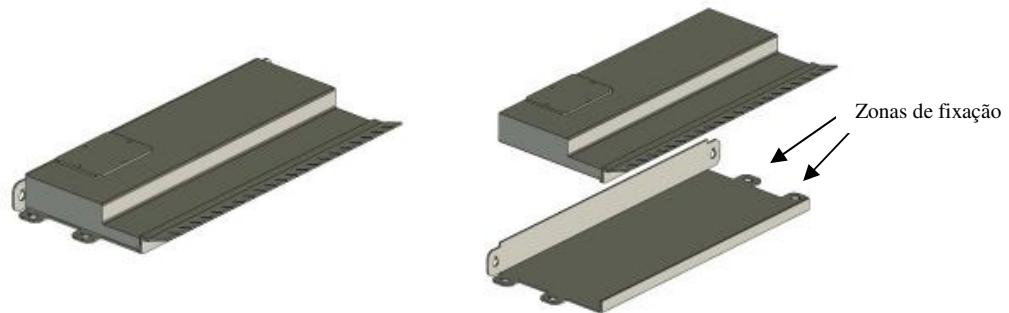


Figura 33: *Componente electrónico a embalar – peça modelada*

De seguida foi necessário idealizar o melhor sistema de embalagem para proteger a peça no interior da embalagem e que estivesse de acordo com alguns aspectos, tais como:

- Solução simples e de fácil montagem;
- Número de reutilização do sistema de protecção (5 ciclos); e,
- Custo do material; utilizar o mínimo material possível e de baixo custo.

Com base nestes aspectos e, por observação de anteriores soluções em espuma já desenvolvidas na empresa, modelou-se o seguinte sistema de embalagem representado na figura 34.

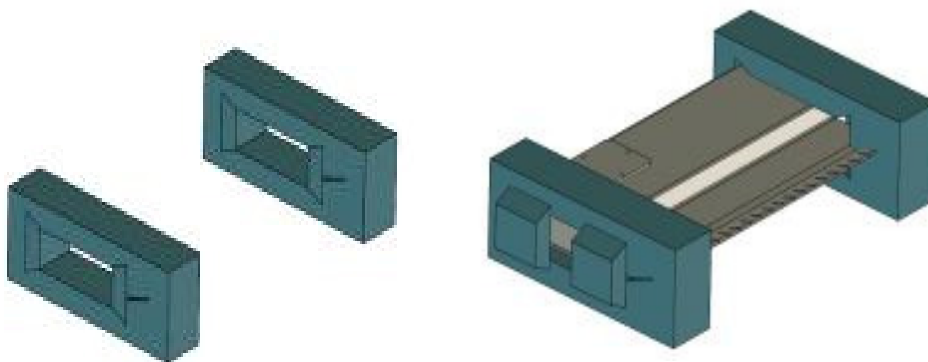


Figura 34: *Sistema de embalagem em espuma*

Foi realizado um protótipo desta solução, mas esta apresentou problemas a nível de encaixe da peça na espuma.

Um outro problema verificado, foi de que a espuma, que tem como finalidade bloquear a peça dentro da embalagem, não tem a resistência suficiente para o fazer.

Verificou-se, também, que a peça tem uma espécie de “patas” de fixação que estavam a interferir com a espuma. Na figura 35, apresenta-se uma imagem onde está assinalada a zona onde ocorre este problema.

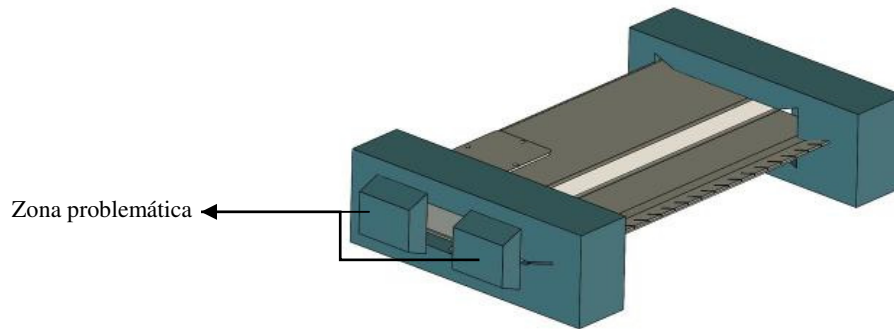


Figura 35: Zona problemática do protótipo de espuma

Perante estes problemas, foi necessário mudar a forma da espuma que iria bloquear a peça para uma forma que acompanhasse melhor a parte lateral da peça.

Então, após estudo, a nova forma lateral da espuma ficaria com o aspecto de paralelepípedo, como se pode ver na figura 36.

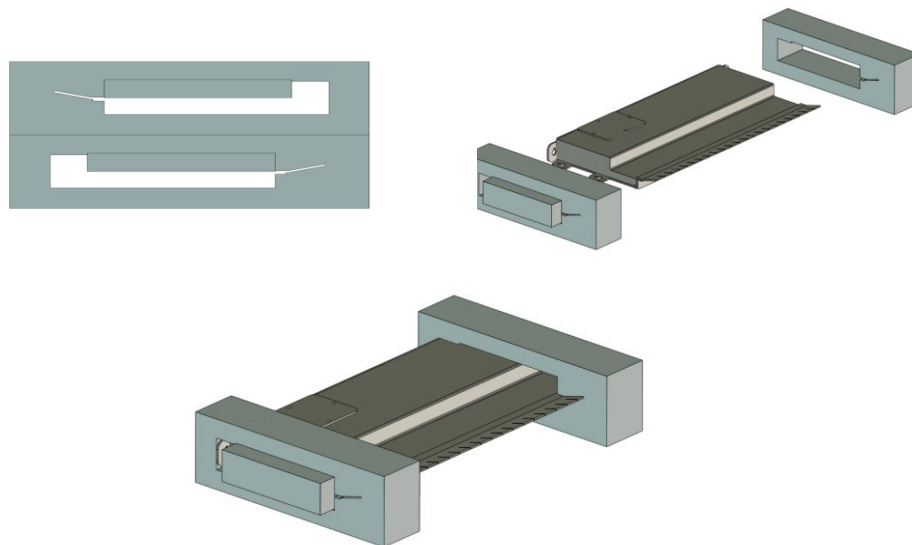


Figura 36: Nova forma do sistema de embalagem em espuma

Executado o protótipo, desta nova solução, verificou-se que os problemas anteriores foram resolvidos, a nível de protecção da peça e a nível da resistência da espuma.

Apenas como ajuste final, aumentou-se a espessura da espuma lateral.

O sistema de embalagem final, é constituído por:

- Espuma de protecção da peça que foi modelada; e,
- Caixa de cartão de parede simples e canelura B, modelada no software FEFCO, código 03330.

O aspecto final, de toda a embalagem, é apresentado na figura 37.



Figura 37: *Conjunto final da solução de embalagem*

5.3.2. Quadro EASAL, modelo “White Board”

Este produto é um quadro do tipo “White Board”, em que a sua designação comercial é *EASAL*.

É um quadro comum, com a particularidade de que na parte de trás do quadro está implementado um sistema de tripé.

Para este produto, foi pedida uma melhoria do sistema de embalagem já existente.

Foi fornecido um exemplar, à escala, de todo o sistema de embalagem que estava a ser utilizado anteriormente, bem como, o respectivo quadro, para que fosse possível observar os problemas do sistema de embalagem e assim desenvolver o protótipo para a nova solução.

Como se trata de uma melhoria, os materiais já estavam definidos pela antiga solução, em que toda ela era construída em cartão de parede dupla.

O problema que se destacava na solução que acompanhava o produto era que o sistema de tripé, que existe na parte traseira do quadro, danificava a embalagem exterior.

Tal como no caso anterior, foi necessário modelar o produto tridimensionalmente.

Uma imagem com o resultado final da modelação é apresentada na figura 38.



Figura 38: *Quadro modelado, parte frontal*

De seguida, é mostrada uma imagem da parte traseira do quadro, em que estão assinaladas as partes que danificavam o sistema de embalagem, figura 39.



Figura 39: *Quadro modelado, parte traseira*

O sistema de embalagem que vinha a acompanhar o quadro era composta por duas soluções, isto é, uma solução para a parte superior do quadro e outra para a parte inferior. Esta solução é apresentada nas figuras 40 e 41.



Figura 40: *Solução actual para a parte superior do quadro*



Figura 41: *Solução actual para a parte inferior do quadro*

Após observação destas soluções, analisaram-se onde se podiam desenvolver as melhorias.

Primeiramente, apresenta-se a melhoria proposta para a parte superior do quadro, e de seguida relativa à parte inferior.

A primeira solução desenvolvida para a parte superior está representada na figura 42.

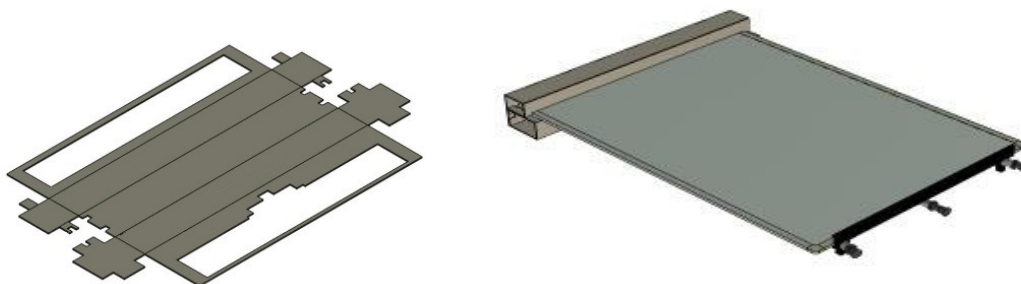


Figura 42: *Solução proposta para a parte superior*

Como é possível observar, esta solução apresentou problemas ao nível de gasto de material, pelo que não se chegou a realizar o protótipo real desta solução.

Partindo do início, observou-se novamente a solução anterior e, aproveitando um ou outro aspecto, elaborou-se a solução que se passa a explicar.

Na solução actual que acompanhava o quadro, a zona de apoio do quadro danificava o cartão; então foi realizado um corte com a forma da parte traseira do quadro. Assim o quadro apoiaria nesse local e não originaria danos na estrutura de cartão.

Na figura 43 apresenta-se a modelação desta solução.

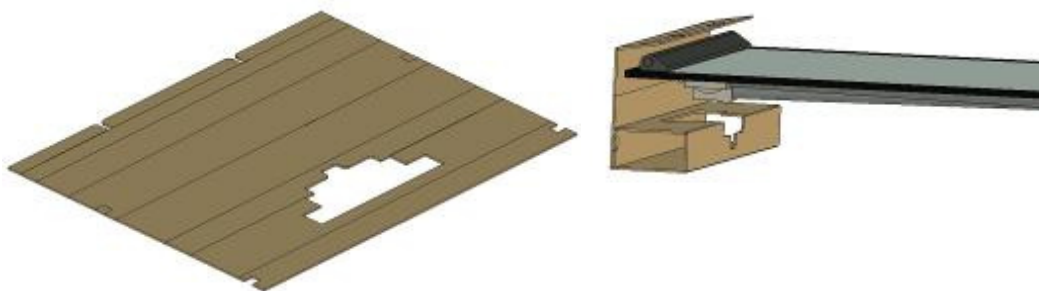


Figura 43: Solução parte superior com corte

A figura 44 serve para apresentar o aspecto final desta solução para a parte superior, e montagem final.

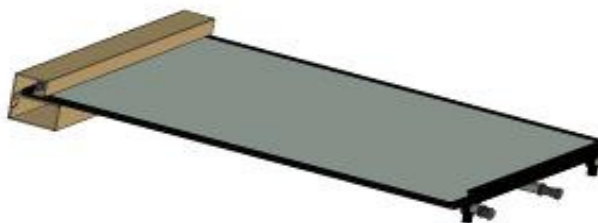


Figura 44: Aspecto final da solução para a parte superior

Realizados os protótipos desta solução e efectuada a sua montagem, ficou definida como solução final para a parte superior do quadro.

Assim conseguiu-se, que o quadro ficasse bloqueado na direcção horizontal e vertical, e que não provocasse danos na solução desenvolvida.

Prosseguiu-se o estudo, mas agora para a parte inferior do quadro.

Partindo da observação da solução já existente, modelou-se a parte inferior da seguinte forma: na mesma posição dos rasgos da solução existente, modelaram-se furos com o diâmetro dos tubos do tripé do quadro.

Os rasgos da primeira solução ficavam danificados, devido à forma como os tubos ficavam apoiados nesses furos e, com esta nova forma, os tubos encaixam perfeitamente e não chegam a forçar a estrutura do cartão.

A figura 45 apresenta esta solução modelada.

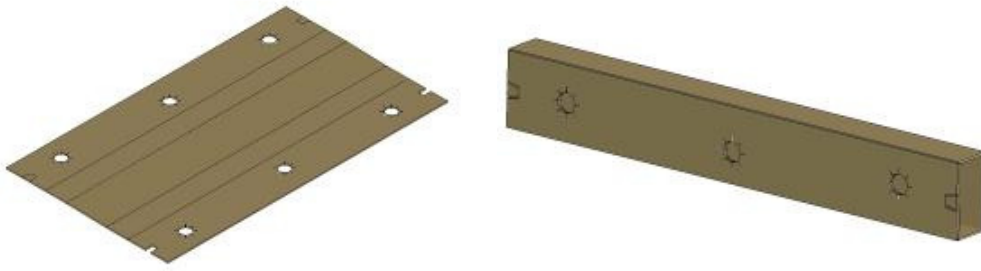


Figura 45: *Solução para a parte inferior do quadro*

Para uma melhor compreensão deste sistema de montagem da parte inferior, apresenta-se na figura 46 o processo de encaixe dos pés.

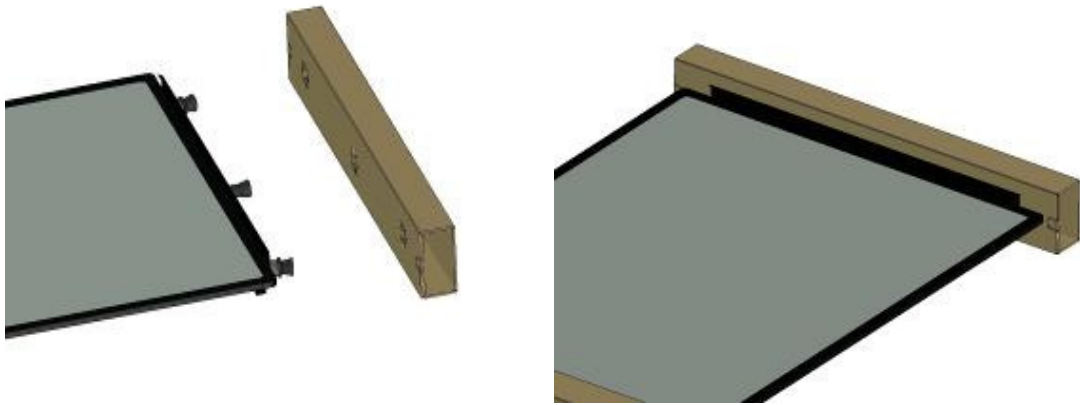


Figura 46: *Montagem da solução para a parte inferior do quadro.*

Realizado o protótipo desta solução e da sua montagem no quadro, foi necessário aumentar o diâmetro dos furos. Executada esta alteração, foi dado como completo o desenvolvimento desta solução para a parte inferior do quadro.

Apresenta-se o sistema de embalagem completo para este quadro (figura 47), constituído por:

- Caixa exterior, produzida em cartão de parede dupla e modelada no software FEFCO, com o respectivo código 0330; e,
- Soluções desenvolvidas, para a parte superior e inferior do quadro.



Figura 47: Solução final para quadro com tripé

5.3.3. Quadro *Be – smart*

Vamos agora analisar o género de produto que me foi entregue para o desenvolvimento de um novo sistema de embalagem.

O produto é um quadro interactivo que tem por nome comercial *Be – smart*.

Este quadro tem a particularidade de ter dois locais bastantes sensíveis ao choque e compressão, locais estes que se encontram no:

- Lado superior esquerdo; neste local o quadro tem um sensor que recebe a informação do computador e projecta esta mesma informação no quadro;
- Lado inferior esquerdo; neste local existe um suporte de uma caneta própria, que tem a função de fazer a ponte de ligação entre o quadro e as imagens e/ou texto que está projectado no quadro.

As dimensões do produto são $1800 \times 1200 \text{ mm}^2$ e o seu peso é bastante elevado. Este quadro tem 20 mm de espessura, mas como o sensor e a base da caneta estão acoplados no quadro, a espessura a considerar para o desenvolvimento do sistema de embalagem é de 65 mm.

Foi fornecido um exemplar à escala de 1:1, onde foi possível retirar toda a informação necessária para modelar tridimensionalmente este produto no *software IRONCAD*.

Na figura 48 está uma imagem do quadro modelado no *software*.

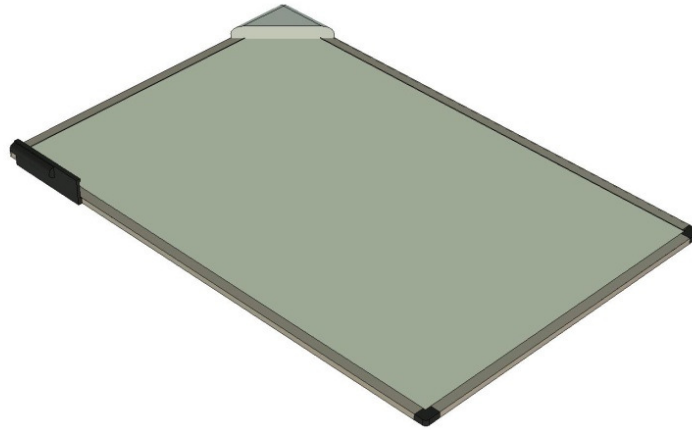


Figura 48: *Quadro Be – smart modelado*

Deu-se início ao desenvolvimento do sistema de embalagem para o quadro, analisando primeiro em que material se iria fazer esse desenvolvimento.

O material a ser escolhido deveria ser:

- Resistente à compressão; e,
- Que ajudasse a proteger, da melhor maneira, o sensor do quadro e a base de suporte para a caneta.

Atendendo a estas características o material escolhido foi *honeycomb*, por tradução, favo de abelha. Este material tem como principal característica a excelente resistência à compressão.

O favo de abelha é produzido em diversas espessuras standard, como pode ser observado na tabela 2.

Para este caso a espessura escolhida foi de 70 mm, atendendo que a espessura considerada para o quadro seria 65 mm e assim obtinha-se alguma folga.

Como o lado esquerdo do quadro, quer superior ou inferior, correspondiam a zonas sensíveis deste produto, deveria ser protegido da melhor maneira. Atendendo a este facto, modelaram-se:

- Uma forma de encaixe para o sensor; e,
- Uma outra para a base de suporte da caneta.

Posteriormente, esta modelação iria ser cortada em favo de abelha, e assim, colocado nestes locais, para que protegesse por completo estas zonas.

Apresenta-se uma imagem com a respectiva modelação destas formas cortadas no favo de abelha e colocadas no quadro (figura 49).

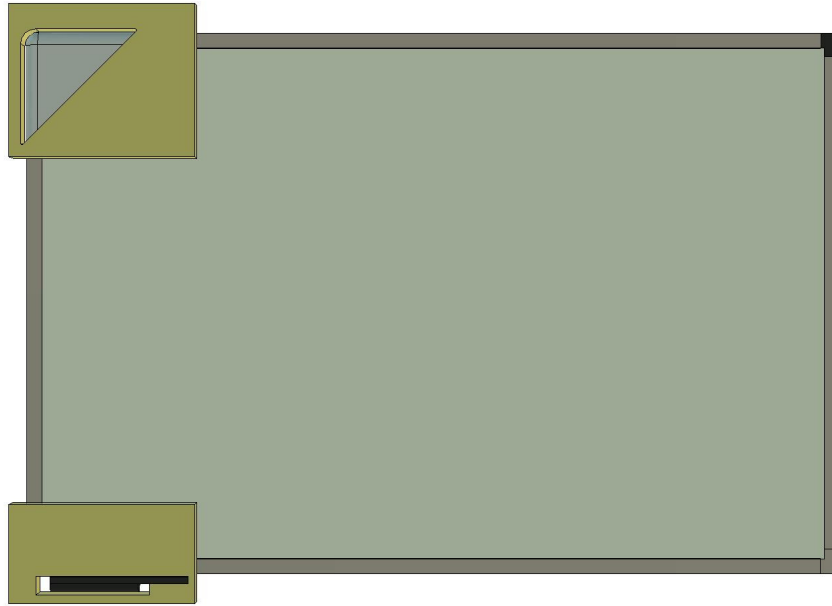


Figura 49: *Favo de abelha colocado no quadro*

Para a parte direita do quadro, onde não havia qualquer zona de fragilidade, modelou-se uma solução bastante simples. Solução esta, que protegesse e envolvesse o quadro ao longo da sua altura.

A solução está apresentada na figura 50.

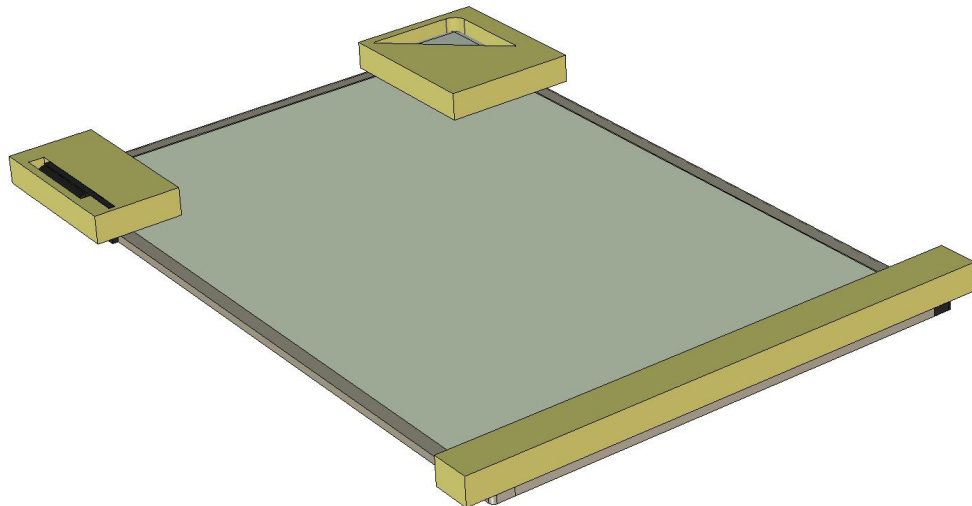


Figura 50: *Solução para a parte direita do quadro*

A parte mais importante que era proteger as zonas frágeis, ficara assim definida. A fase seguinte foi envolver o favo de abelha num material, que protegesse as aberturas existentes no favo. O material escolhido foi cartão simples de canelura B.

Um aspecto a salientar, o favo de abelha depois de cortado na plotter seria colado ao cartão e posteriormente colocado no quadro.

O aspecto final está apresentado na figura 51.

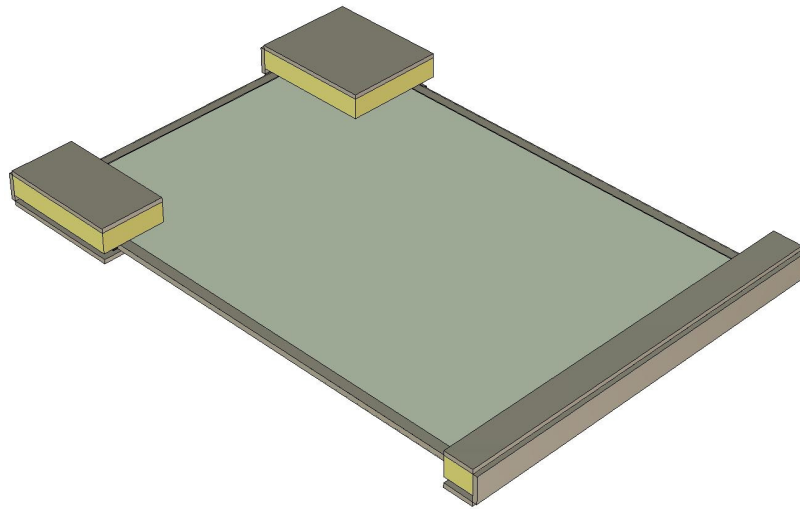


Figura 51: *Solução favo de abelha e cartão*

De seguida apresentam-se imagens dos protótipos reais desta solução de favo de abelha e cartão (figuras 52, 53 e 54).



Figura 52: *Protótipo real para a zona do sensor*

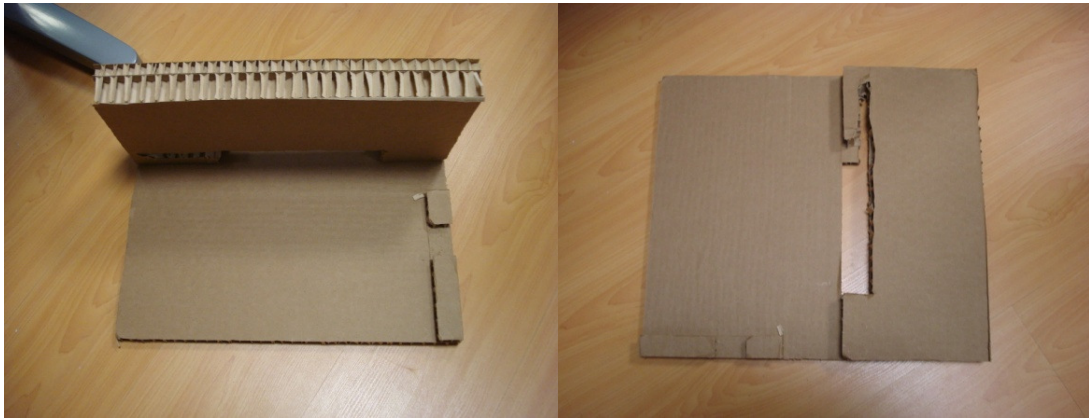


Figura 53: *Protótipo real para a base de suporte da caneta*



Figura 54: *Protótipo real para a parte direita do quadro*

Após a observação desta solução, decidiu-se que no lado esquerdo o cartão deveria prolongar-se por toda a altura para que ficasse semelhante ao do lado direito.

Esta solução terá assim o aspecto de um livro, isto é conseguido através do prolongamento do cartão que envolve o favo de abelha até a parte de trás do quadro, de maneira a que esta fique pousada em duas paredes de cartão que estão dobradas uma sobre a outra.

Esta dobragem irá ajudar a parte traseira do quadro, a não ficar pousada directamente na embalagem exterior, em posterior transporte.

O resultado final é o apresentado na figura 55.

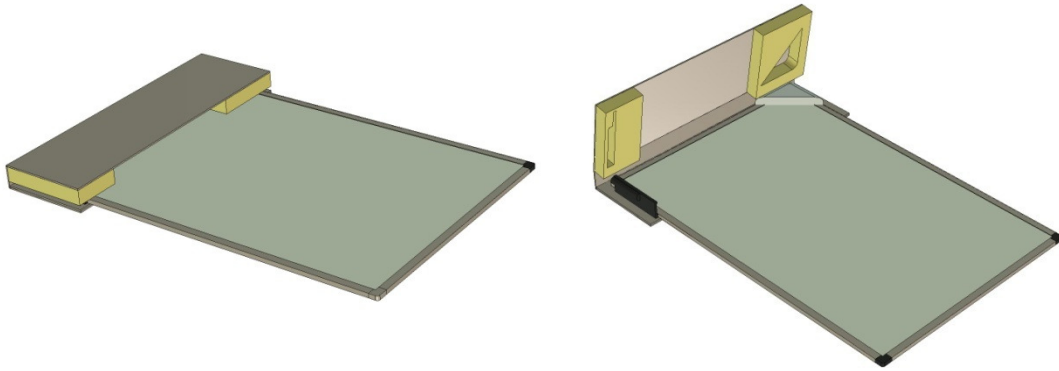


Figura 55: Nova solução desenvolvida com o prolongamento do cartão

Seguidamente foi produzido o protótipo real e o resultado poderá ser observado na figura 56.



Figura 56: Protótipo real para o quadro Be-smart

Observando o protótipo real foi constatado os seguintes problemas:

- A parede dupla de cartão onde o quadro ficava pousado, não era suficiente para que o transporte do quadro fosse assegurado; e,
- O favo de abelha que protegia o sensor e a base de suporte não poderia ir pousado directamente no quadro.

Para o primeiro ponto foi feito o seguinte; a parede dupla de cartão onde o quadro ficava pousado, passaria para uma só parede e nesta, seria colado favo de abelha com 30mm de espessura.

Esta colagem do favo de abelha na parede de cartão foi efectuada para ambos os lados do quadro, obviamente.

No segundo ponto, para que o favo de abelha não tocasse no quadro, foram realizados os cortes das formas do sensor e da base da caneta no cartão e assim o favo de abelha seria colado nessas posições.

Apresenta-se uma imagem com o aspecto da modelação realizada, na figura 57.

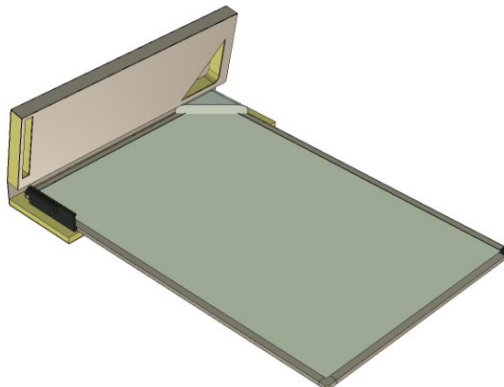


Figura 57: Nova solução desenvolvida para a parte esquerda do quadro

Na parte direita, apenas foi colado o favo de abelha de 30 mm, para que o quadro ficasse pousado uniformemente ao longo desse lado.

Uma imagem do aspecto geral desta solução é apresentada na figura 58.

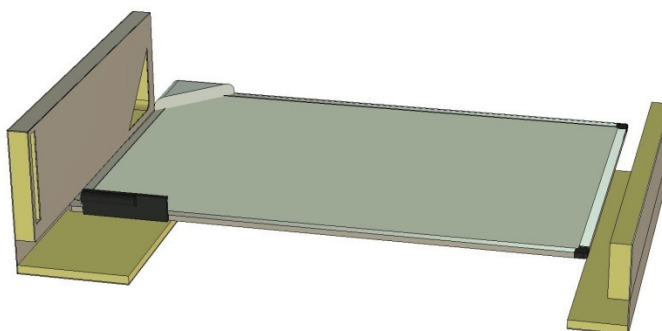


Figura 58: Solução final modelada

Este sistema de embalagem protege o quadro na sua totalidade, a nível da compressão e a nível de empilhamento, quando houver a necessidade de ser transportado.

Quanto ao transporte deste quadro levantou-se a seguinte questão; estaria o quadro preparado para ser transportado na vertical?

A resposta a esta questão foi rápida e simples, este quadro com a solução presente não poderia ser transportado na vertical, já que não há qualquer espécie de travamento neste sentido.

Então para a resolução desta questão, foram modeladas tiras de favo de abelha com espessura de 70 mm para serem colocadas nas laterais do quadro para travar o quadro.

Em cada uma das tiras foi feito um corte de dimensões 70 x 70 mm, para posteriormente ser colocada uma última tira de favo de abelha, que protegerá o centro do quadro.

Seguidamente apresenta-se imagens desta modelação, figura 59 e 60.

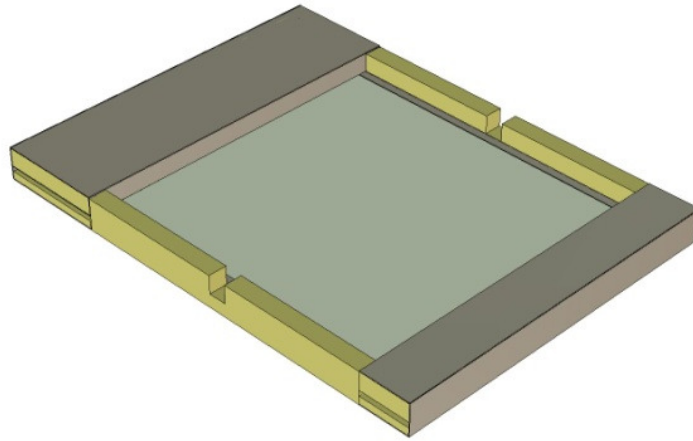


Figura 59: Protecção lateral modelada

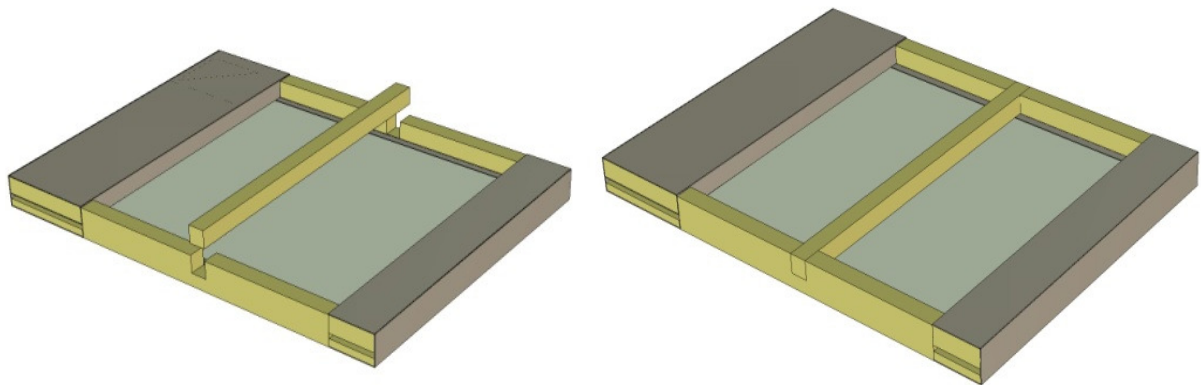


Figura 60: Montagem da solução final

O sistema de embalagem final, para esta solução é o seguinte:

- Parte direita e esquerda do quadro: soluções produzidas em favo de 70 mm e cartão de parede simples, canelura B;
- Parte central do quadro: tiras de favo de 70 mm; e,
- Embalagem exterior, modelada no software FEFCO com o código 0330 em cartão de parede dupla.

O protótipo real foi produzido e após a sua montagem na embalagem exterior o aspecto final da solução é o apresentado na figura 61.



Figura 61: *Protótipo real*

6. Análise por elementos finitos

O objectivo desta análise por elementos finitos é o estudo do comportamento estático de um tipo de contentor desenvolvido pela empresa.

A análise foi realizada com a ajuda de colaboradores do *PDC* – Hungria e *PDC* – Canadá.

6.1. Apresentação do modelo para a análise por elementos finitos

O modelo utilizado na análise de elementos finitos trata-se de um contentor metálico com as seguintes dimensões 1200 x 800 x 600 mm.

Este contentor foi modelado de acordo com os seguintes requisitos:

- Construção em tubos de dimensões 30 x 30 x 2 mm, excepto para os patins que terão de espessura 6 mm;
- Ser capaz de aguentar o empilhamento de pelo menos dois contentores idênticos;
- Peso máximo de transporte será de uma tonelada (≈ 10000 N); e,
- As características do aço que vai ser utilizado na análise correspondem ao aço de norma AISI 1015 (anexo A).

Após a definição do modelo do contentor, realizou-se a sua modelação no *software IRONCAD* e o seu aspecto final é o apresentado na figura 62.

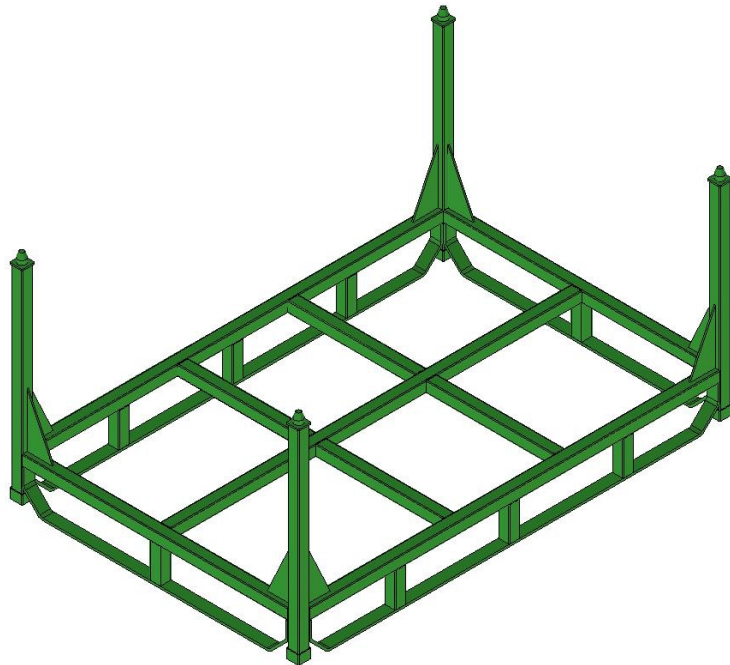


Figura 62: *Contentor modelado*

6.1.2. Análise por elementos finitos do modelo

A análise por elementos finitos foi realizada com recurso ao *software ANSYS*.

Para esta análise foram aplicadas cargas em pontos específicos do contentor, como: aos braços do contentor onde é feito o empilhamento e a base onde é apoiada a carga a transportar.

Para uma melhor compreensão dos pontos de aplicação das cargas veja-se a figura 63.

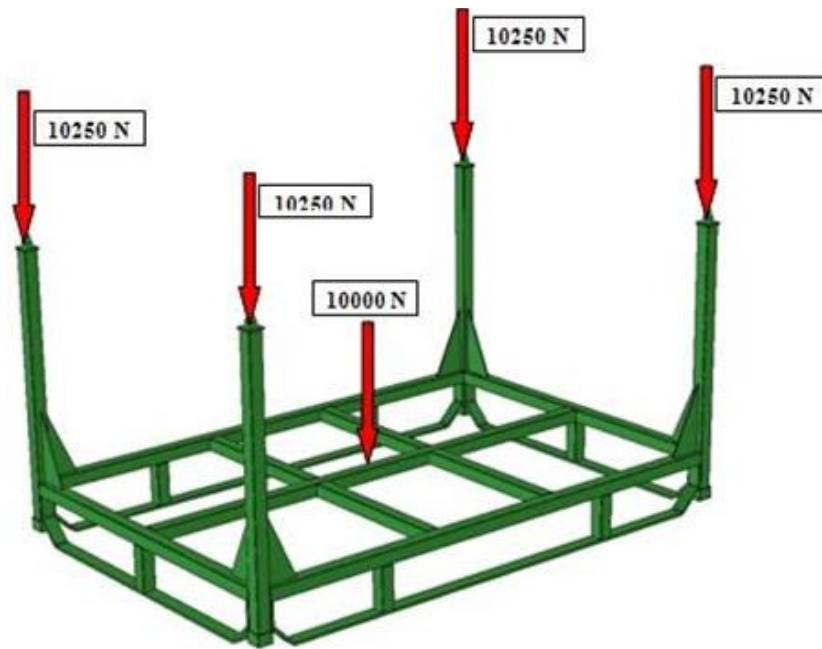


Figura 63: Pontos de aplicação das cargas

Introduzindo os valores necessários no *software ANSYS* para a devida análise do contentor, obtivemos o valor e o local onde ocorre o deslocamento máximo, sendo o valor do coeficiente de segurança utilizado, para esta análise, de 1,5.

Este deslocamento máximo ocorre na base do contentor e tem o valor de 2,82 mm aproximadamente.

Já era esperado um elevado deslocamento neste local, pois este é o local onde a carga é colocada para o devido transporte.

Outros pontos, de deslocamentos consideráveis, são nos patins do contentor, junto dos braços de empilhamento.

Na figura 64, pode-se observar o resultado desta análise, através da apresentação por código de cores da deformação.

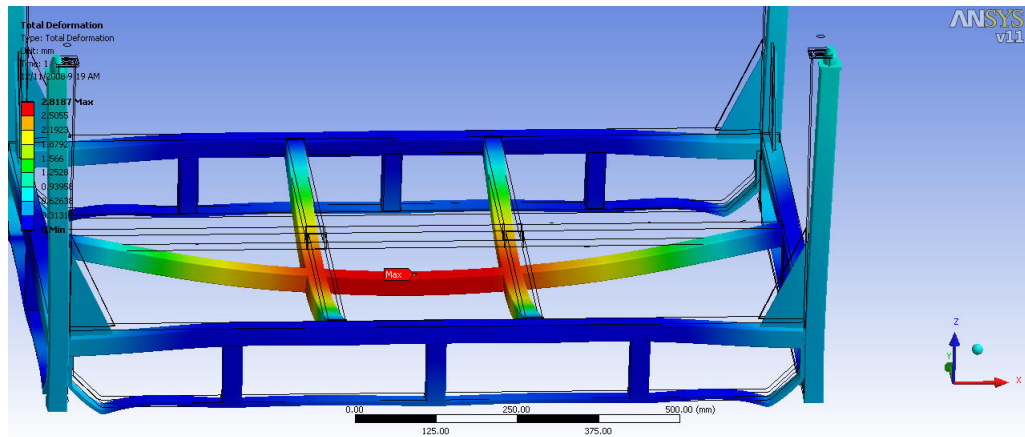


Figura 64: *Análise dos deslocamentos*

Para além do deslocamento, analisámos a informação sobre a tensão de Von-Mises equivalente.

O valor máximo da tensão, é atingido na união entre os tubos da base do contentor com os tubos laterais. No entanto, numa situação real, a união é feita através de soldadura, pelo que existe um reforço da estrutura nesta zona.

O valor máximo atingido por esta tensão é de 441,9 MPa.

Na figura 65, poderá observar-se a análise da distribuição das tensões por códigos de cores.

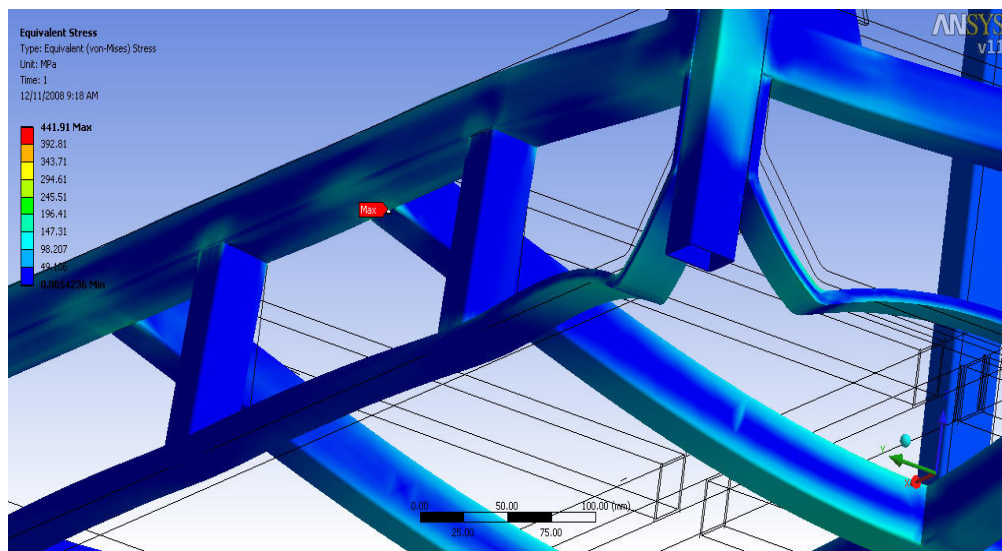


Figura 65: *Análise da tensão*

6.1.3. Conclusão da análise por elementos finitos

Através da comparação entre o valor da tensão obtido na análise, 441,9 MPa e o valor da tensão de rotura deste material, 284,4 MPa (anexo A), concluiu-se que o aço sofre rotura na zona onde ocorre a união entre os tubos horizontais da base e os tubos que limitam o perímetro do contentor.

O valor máximo para a deformação é experimentado na base do contentor.

Poderá assim supor-se que a rotura que ocorre no modelo, tem a sua origem numa definição pouco precisa dos nós de ligação entre os elementos estruturais do modelo que o *software* analisa. Em termos práticos, as ligações entre os tubos do contentor são reforçadas pela soldadura.

7. Trabalhos Futuros

Sugere-se que em futuras análises, se considere a remodelação do contentor com o intuito de diminuir a sua deformação na base. As alterações sugeridas deverão contemplar o alinhamento dos tubos verticais que estão nos patins com os tubos horizontais da base do contentor e, ainda, a observação do comportamento do material na rotura.

Propõem-se que seja desenvolvido um estudo de pormenorização relativamente à aplicação de cargas durante o empilhamento e o transporte dos sistemas de embalagens.

Na sequência do projecto desenvolvido foi proposto o desenvolvimento de uma nova solução de sistema de embalagem para o quadro *Be-smart*. Este, terá como objectivo a redução de custos de produção, elegendo novos materiais constituintes, tal como o cartão que poderá ser uma opção alternativa válida.

8. Referências e Bibliografia

<http://www.efunda.com>

Tutorial *IRONCAD v11*

Web Academy, in *NEFAB RA Produtos de embalagem SA*

ANEXO A:

Mechanical Properties

Properties		Conditions	
		T (°C)	Treatment
Density ($\times 1000 \text{ kg/m}^3$)	7.7-8.03	25	
Poisson's Ratio	0.27-0.30	25	
Elastic Modulus (GPa)	190-210	25	
Tensile Strength (Mpa)	386.1	25	annealed at 870°C more
Yield Strength (Mpa)	284.4		
Elongation (%)	37.0		
Reduction in Area (%)	69.7		
Hardness (HB)	111	25	annealed at 870°C more
Impact Strength (J) (Izod)	115	25	annealed at 870°C more