

# **Estudo, desenvolvimento, conceção, otimização e fabricação de produtos à base de cortiça**

Relatório de Estágio para a obtenção do grau de Mestre em Equipamentos e  
Sistemas Mecânicos

**Autor**

**Pedro Miguel Sequeira Gonçalves**

**Orientador**

**Professor Doutor Pedro Jorge Borges Fontes Negrão Beirão**

Professor Adjunto

**Coimbra, dezembro, 2014**



*“A inteligência de uma pessoa pode ser medida pela quantidade de incerteza que consegue gerir”*

**Immanuel Kant**



## AGRADECIMENTOS

Para o desenvolvimento do presente trabalho, contribuíram diversas pessoas, a quem gostaria de expressar o meu sincero agradecimento:

- Ao Professor Doutor Pedro Beirão (ISEC), meu orientador de estágio, pela oportunidade proporcionada, pela sua amável disponibilidade na elaboração do presente trabalho e pela confiança depositada na minha pessoa ao longo deste percurso;
- Aos Professores Doutores Fernando Simões e Luís Roseiro, (ISEC) pelas ajudas prestadas na realização de alguns trabalhos e ensaios;
- Aos meus pais, exemplos de perseverança, sinto-me grato pela presença, incentivo, apoio e por todo o investimento académico que tiveram comigo. O amor incondicional que nos une tornou a realização deste trabalho mais forte;
- Aos meus avós pela compreensão nos momentos em que a dedicação aos estudos foi exclusiva, pelo carinho e pelas palavras de esperança e preocupação;
- À minha namorada Joana, por todo o tempo que passamos juntos, pelo carinho e dedicação, paciência, amizade e incentivo. Nunca me deixou de apoiar em circunstância alguma, acreditando sempre nas minhas capacidades. A ti, Joana, te devo grande parte da pessoa que hoje sou;
- Aos meus colegas de curso, Henrique, Paulo, Mário, Mário Pimentel, Rafael, por termos convivido durante todos estes e pela ajuda prestada na elaboração deste trabalho.
- Ao Marco e a todos os meus amigos do “china”, pelas boas conversas e espírito de amizade incondicional que temos. A eles um forte abraço;
- Ao Tiago Santos, pela ajuda prestada ao longo do estágio. Foi um prazer ter trabalho ao teu lado;
- Ao meu treinador Miguel Alfaiate e amigos do remo pelas vitórias em que triunfámos, pelas derrotas com que soubemos lidar e todos aqueles momentos únicos que vivemos;
- A todos os meus amigos e familiares que me acompanharam durante a minha caminhada. A todos esses que fizeram parte do meu crescimento enquanto pessoa e àqueles que mesmo distantes torceram por mim, um muito obrigado.

Dedico especialmente este trabalho à minha Avó Oflia, a quem eu deixo imensas saudades.



## RESUMO

O presente estágio teve como objetivo o aprofundamento da formação do estagiário em contexto de trabalho, no âmbito do Mestrado em Equipamentos e Sistemas Mecânicos, lecionado no Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, através da integração do estagiário nas atividades da empresa de acolhimento, em particular no desenvolvimento, implementação e otimização da linha de produção de produtos à base de granulado de cortiça.

A empresa de acolhimento, à data do estágio, sediada na zona industrial de Febres, concelho de Cantanhede, iniciou funções no ano de 2011 e tem como missão criar e desenvolver produtos com base na utilização de matérias-primas recicladas e produtos inovadores de valor acrescentado perante os demais existentes no mercado.

Com vista ao crescimento económico, a empresa produz os produtos em catálogo, bem como para outras empresas. Deste modo foi estabelecido um protocolo entre a empresa de acolhimento e a empresa cliente (por motivos de sigilo profissional não é revelada no presente relatório).

A empresa cliente segue a linha de criação de produtos em cortiça com um *design* bastante apelativo e contemporâneo. Dentro dos diversos produtos em catálogo, a empresa é responsável pelo desenvolvimento e produção das peças em granulado de cortiça prensado.

As peças de cortiça são peças modulares inspiradas em formas naturais cuja sua aplicação realça o nível estético das paredes internas, aliando um suave relevo e profundidade às características únicas de isolamento acústico e térmico próprio da cortiça.

As cinco geometrias das peças que compõem esta linha são produzidas em granulado de cortiça, previamente pigmentado e resinado, posteriormente prensadas em moldes próprios conferindo as suas formas finais.

O propósito do estágio na empresa foi o de desenvolver o produto, criar um protocolo fiável, otimizar o fabrico destas peças e apresentar uma solução automatizada para a linha de fabrico.

**Palavras-Chave:** Cortiça, granulado, otimização, desenvolvimento e automação.



## ABSTRACT

This internship aims at deepening the formation of the trainee at the workplace, within the Master in Mechanical Systems and Equipment taught in the Mechanical Engineering Department of the Coimbra Superior Institute, through the integration of the trainee in the activities of the host company, particularly in the development, implementation, optimization and production of granulated cork-based products.

The host company based in the industrial area of Febres, Cantanhede municipality, started in 2011 and its purpose is to create and develop products based on the use of recycled raw materials and innovative value-added products.

To promote the economic growth the company, produces not only the products available in its catalog, as well as produces for other companies. Thus it was established a protocol between the host company and the client company (due to professional secrecy the name of the client company is not revealed).

The client company commercializes cork-based products with a very appealing and contemporary design. Within the various products that make up the catalogue, the company is responsible for the development and production of products made with granulated pressed cork.

Cork pieces produced by the host company are modular pieces inspired by natural forms which combine the aesthetics of the interior walls and the unique characteristics of acoustic and thermal insulation.

The five geometries of the pieces are produced in granulated cork, previously pigmented and resin-coated which is then pressed into moulds giving their final forms.

The purpose of the internship at the host company was to develop the products, create a reliable protocol, optimize the production and develop an automated solution to be applied to the production line.

**Keywords:** Cork, grain, development, optimization and automation.



# ÍNDICE GERAL

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	ix
Índice Geral.....	xi
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas.....	xvii
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. ESTRUTURA DO RELATÓRIO .....</b>	<b>2</b>
<b>2. CORTIÇA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<i>2.1.1. Extração e transformação da cortiça .....</i>	<i>3</i>
<i>2.1.2. Granulado de cortiça.....</i>	<i>4</i>
<i>2.1.3. Estrutura macroscópica da cortiça.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.4. Estrutura microscópica da cortiça.....</i>	<i>6</i>
<i>2.1.5. Composição química da cortiça.....</i>	<i>8</i>
<b>3. EQUIPAMENTOS EXISTENTES NA EMPRESA.....</b>	<b>9</b>
<b>4. DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DAS PEÇAS DE CORTIÇA .....</b>	<b>13</b>
<b>4.1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>4.2. CONDIÇÕES APRESENTADAS PELO CLIENTE.....</b>	<b>13</b>
<b>4.3. PRIMEIROS TESTES DE FABRICO .....</b>	<b>15</b>
<i>4.3.1. Equipamento de Testes .....</i>	<i>16</i>
<i>4.3.2. Primeiro protocolo de produção .....</i>	<i>17</i>
<i>4.3.2.1. Etapas da mistura.....</i>	<i>19</i>
<i>4.3.2.2. Etapas da prensagem .....</i>	<i>21</i>
<i>4.3.2.3. Temperatura e tempo de serviço do molde .....</i>	<i>22</i>
<i>4.3.2.4. Remoção das peças de cortiça do molde.....</i>	<i>23</i>
<i>4.3.2.5. Peça de cortiça prensada .....</i>	<i>23</i>
<b>4.4. MOLDE UNIVERSAL.....</b>	<b>25</b>
<i>4.4.1. Molde universal com matrizes da Peça A.....</i>	<i>26</i>
<i>4.4.2. Molde universal com as matrizes da Peça B .....</i>	<i>28</i>

4.4.3. Molde universal com as matrizes da Peça C.....	29
4.4.4. Molde universal com as matrizes da Peça D .....	31
4.5. MOLDE DA PEÇA E .....	32
<b>5. REAJUSTE DAS PERCENTAGENS DOS CONSTITUINTES DAS PEÇAS DE CORTIÇA .....</b>	<b>35</b>
5.1. INTRODUÇÃO .....	35
5.1.1. Reajuste das percentagens da mistura .....	35
<b>6. NOVO PROTOCOLO DE PRODUÇÃO .....</b>	<b>37</b>
6.1. INTRODUÇÃO .....	37
6.2. SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS DA ETAPA DA MISTURA .....	38
6.2.1. Cor .....	38
6.2.2. Brilho .....	41
6.3. REAJUSTE/ALTERAÇÃO DOS PARÂMETROS DA Prensagem DA CORTIÇA .....	43
6.3.1. Alteração da temperatura de serviço dos moldes.....	43
6.3.2. Alteração dos tempos de Prensagem.....	44
6.3.2.1. Peças A, B, C e D.....	44
6.3.2.2. Peças E.....	45
6.4. NOVA SOLUÇÃO PARA REMOÇÃO DAS PEÇAS DO MOLDE .....	46
<b>7. NOVA GEOMETRIA E PESO DAS PEÇAS.....</b>	<b>49</b>
7.1. INTRODUÇÃO .....	49
7.2. ALTERAÇÃO DA PEÇA B .....	49
7.3. ALTERAÇÃO DA PEÇA C.....	51
7.4. REAJUSTE DOS PESOS DAS PEÇAS .....	54
<b>8. PROPOSTAS DE MELHORIAS.....</b>	<b>57</b>
8.1. INTRODUÇÃO .....	57
8.2. PROPOSTA PARA A PEÇA B.....	57
8.3. PROPOSTA PARA A PEÇA D .....	58
8.4. PROPOSTA PARA A PEÇA E.....	60
8.5. PROPOSTA DA NOVA CAIXA DE EMBALAMENTO .....	62
8.6. ENSAIO LABORATORIAL DE TESTE DE DUREZA DAS PEÇAS .....	63
8.7. AUTOMATIZAÇÃO DO CONJUNTO PRENSA E MOLDE .....	66
9.8. OUTRAS PROPOSTAS DE MELHORIAS .....	70
<b>9. CONCLUSÃO .....</b>	<b>71</b>
<b>10. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>72</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Peça A; b) Peça B; c) Peça C; d) Peça D; e) Peça E.....	1
Figura 2 - Transformação da cortiça, (Gil,1998).....	4
Figura 3 - Processo da produção de granulados (baseado em Gil,1998).....	5
Figura 4 - Crescimento da cortiça (baseado em Gil, 1998).....	6
Figura 5 - Crescimento da cortiça (Gil, 1998).....	8
Figura 6 - Prensas para execução da prensagem de borracha e de cortiça .....	9
Figura 7 - Prensa de vulcanização .....	10
Figura - 8 Misturadora de cortiça .....	10
Figura 9 - Misturadora de granulado de borracha .....	11
Figura 10 - a) Peça A; b) Peça B; c) Peça C; d) Peça D; e) Peça E.....	15
Figura 11 - Molde de testes: a) fechado; b) aberto; c) inferior sem matrizes; d) inferior com matrizes.....	16
Figura 12 - Granulado de cortiça.....	19
Figura 13 - Balança usada na pesagem do granulado.....	20
Figura 14 - Balança de precisão usada na pesagem do pigmento .....	21
Figura 15 - Colocação do granulado no molde.....	22
Figura 16 - Quadro de controlo das prensas .....	23
Figura 17 - Peça B, primeira peça fabricada com a técnica de prensagem .....	23
Figura 18 - Conjunto de cores da Peça B aprovadas pelo cliente.....	24
Figura 19 - Molde universal a) fechado; b) estrutura inferior sem matrizes; c) estrutura superior com os cunhos reentrantes .....	25
Figura 20 - Molde universal inferior com matrizes da Peça A.....	26
Figura 21 - Matriz da Peça A.....	26
Figura 22 - Posição das barras de 10 mm no molde.....	27
Figura 23 - Peça A produzida na matriz .....	28
Figura 24 - Molde universal inferior com matrizes da Peça B .....	28
Figura 25 - Matriz da Peça B.....	29
Figura 26 - Peça B produzida nesta geometria de matriz .....	29
Figura 27 - Molde universal inferior com as matrizes da Peça C.....	29
Figura 28 - Matriz da Peça C a) montada b) com unidades extraídas .....	30
Figura 29 - Peça C produzida nesta matriz.....	30

Figura 30 - Molde universal inferior com as matrizes da Peça D.....	31
Figura 31 - Matriz da Peça D.....	31
Figura 32 - Cunhos reentrantes fixos ao molde superior.....	32
Figura 33 - Peças D produzidas na matriz.....	32
Figura 34 - Molde inferior da Peça E.....	33
Figura 35 - Molde da parte inferior da Peça E.....	33
Figura 36 - Peças E produzidas neste molde.....	33
Figura 37 - Representação esquemática do primeiro protocolo.....	37
Figura 38 - Duas Peças B amarelas com diferentes tonalidades.....	38
Figura 39 - Seringa usada para medir o pigmento.....	39
Figura 40 - Consequência da reação química entre a resina aglomerante e o pigmento.....	40
Figura 41 - Esquema representativo do processo da nova tipologia de mistura.....	41
Figura 42 - Esquema representativo do novo processo de mistura com o OLY.....	42
Figura 43 - Peças B a) com OLY b) sem OLY.....	43
Figura 44 - Aspirador adaptado para remover as peças do molde.....	47
Figura 45 - Estrutura de fixação das ventosas e interruptor.....	47
Figura 46 - Ventosas usadas na remoção das peças do molde.....	48
Figura 47 - Pontos frágeis da Peça B.....	49
Figura 48 - Variação de espessura da Peça B.....	49
Figura 49 - Proposta da melhoria da Peça B.....	50
Figura 50 - Nova matriz da Peça B.....	50
Figura 51 - Nova Peça B com as alterações geométricas.....	51
Figura 52 - Pontos frágeis da Peça C.....	51
Figura 53 - Proposta da melhoria da Peça C.....	52
Figura 54 - Elemento da nova matriz da peça C.....	52
Figura 55 - Nova matriz da Peça C.....	53
Figura 56 - Nova Peça C com as alterações implementadas.....	53
Figura 63 - Proposta para a Peça B a) parte traseira, b) perfil de secção cortada.....	57
Figura 64 - Alteração do cunho reentrante da Peça B.....	58
Figura 65 - Corte transversal da Peça D.....	59
Figura 66 - Proposta para a Peça D.....	59
Figura 67- Alteração do cunho reentrante da Peça B.....	60

Figura 68 - Zonas frágeis da Peça E .....	60
Figura 69 - Matriz da Peça E.....	61
Figura 70 - Matriz com as arestas arredondadas .....	61
Figura 71 - Proposta para a Peça D .....	62
Figura 72 - Paletização das caixas .....	62
Figura 73 - Paletização com o novo tipo de caixas .....	63
Figura 74 - Indentadores de ensaios de dureza.....	64
Figura 75 - Ajuste da leitura ótica da máquina de dureza .....	65
Figura 76 - Programação da máquina - Ball Indentation.....	65
Figura 77 - Ensaio Shore .....	66
Figura 72- Sequência de prensagem .....	67
Figura 73 - Sequência de prensagem com o segundo molde inferior.....	68
Figura 74 - Introdução dos parâmetros de seleção do atuador .....	69
Figura 75 - Atuador sem haste selecionado.....	69
Figura 76- Atuador linear sem haste DGC-K-80.....	70
Figura 77 - Posição do atuador na prensa.....	70



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentagem dos constituintes de cada cor apresentada pelo cliente.....	13
Tabela 2 - Características físicas de cada geometria apresentada pelo cliente.....	14
Tabela 3 - Valores de mistura para quatro peças.....	19
Tabela 4 - Protocolo de produção.....	24
Tabela 5 - Nova Tabela de constituintes .....	36
Tabela 6 - Correspondência entre peso e capacidade relativamente à gama de cores.....	39
Tabela 7 - Resultados obtidos referentes à variação da temperatura do molde.....	44
Tabela 8 - Resultados referentes às Peças A, B, C e D na variação do tempo de prensagem..	45
Tabela 9 - Resultados obtido das Peças E na variação do tempo de prensagem.....	46
Tabela 10 - Densidade das peças de cortiça .....	54
Tabela 11 - Peso reajustado das peças de cortiça .....	55
Tabela 12 - Pesos finais reajustados .....	55
Tabela 13- Volume, densidade e peso da proposta da Peça B .....	58
Tabela 14 - Volume, densidade e peso da proposta da Peça D .....	59



## 1. Introdução

### 1.1. Introdução Geral

O ingresso na empresa concretizou-se através de convite endereçado por um dos sócios. As funções a desempenhar eram as de responsável pela produção.

A empresa produz produtos de marca própria, nomeadamente produtos à base de borracha proveniente da reciclagem e reaproveitamento de pneus usados. Do seu catálogo constam três tipos de vasos, floreiras, lancis guia e *standard*, tapetes e lombas redutoras de velocidades.

Com a necessidade de se expandir, além de criar uma nova fonte de rendimento e aproveitar o *know-how* da prensagem de borracha, a empresa produz para uma conceituada marca portuguesa de peças decorativas de cortiça. Por uma questão de sigilo profissional não é revelado o nome da empresa cliente, nem a designação comercial das peças desenvolvidas. A empresa é responsável pelo fabrico, embalagem e expedição da gama de produtos produzidos com base em granulado de cortiça, composto por peças com cinco geometrias diferentes – Peça A, Peça B, Peça C, Peça D e Peça E – conforme a Figura 1 ilustra. Todas as peças são feitas com uma base em granulado de cortiça refinado, previamente resinado com um aglomerante apropriado e pigmentado. Posteriormente, a mistura é depositada em moldes próprios com volume e peso específico de cada geometria, de modo a conferir a forma final ao produto.

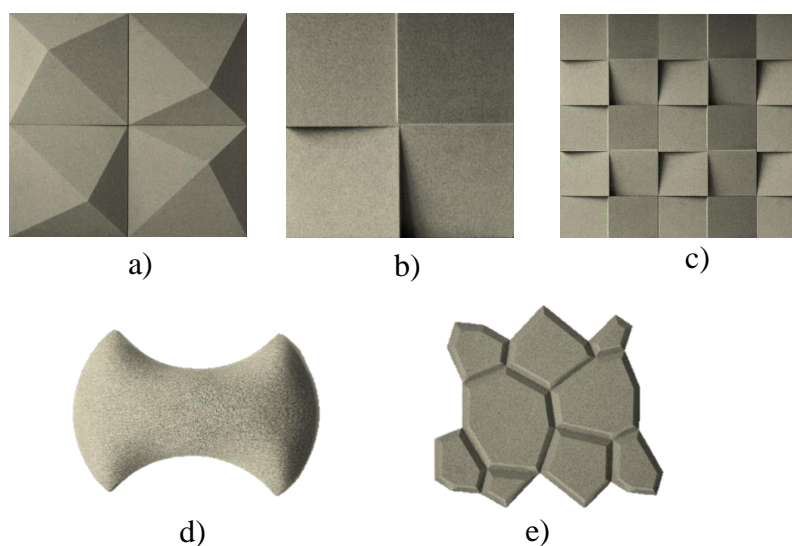


Figura 1 - Peça A; b) Peça B; c) Peça C; d) Peça D; e) Peça E

Como se trata de um tipo de produto recente e inovador no mercado, houve várias dificuldades e problemas produtivos, nomeadamente ao nível da qualidade do acabamento do produto final.

Este relatório descreve todas as etapas e tarefas desenvolvidas na empresa, sob responsabilidade do estagiário, até se atingir um produto que obedecesse a padrões de qualidade, de modo a ser reconhecido no mercado internacional pela sua inovação. De modo a promover uma maior viabilidade produtiva, aumentando a produção e diminuindo perdas imputadas a defeitos de fabrico, foi proposto projetar e desenvolver uma linha de fabrico automatizada das peças de cortiça.

## **1.2. Estrutura do relatório**

O relatório de estágio que se apresenta, encontra subdividido em 10 capítulos

No primeiro capítulo pretende-se dar a conhecer o fundamento deste estudo, apresentando os objetivos que se pretendem atingir ao longo do estágio. É apresentada também a própria estrutura do relatório de estágio.

O capítulo 2 pretende-se elucidar o leitor com uma breve apresentação sobre a cortiça. É feita uma pequena análise da extração e transformação deste material, bem como o processo de produção de granulados. É neste capítulo que se faz referência a algumas propriedades macro e microscópicas da cortiça

O capítulo seguinte remete uma pequena abordagem dos equipamentos industriais existentes no parque fabril da empresa acolhedora.

É a partir do quarto capítulo até ao sétimo, que se começa a abordar detalhadamente, todo o desenvolvimento das peças de cortiça até a conceção do produto final pronto a ser comercializado. Ao longo destes quatro capítulos é explícito sucintamente os problemas e as respetivas soluções, é apresentado também as alterações físicas que se foram implementadas às geometrias das peças.

Os capítulos 8 e 9 abordam propostas e algumas ideias que permitem conferir uma melhor qualidade aos produtos desenvolvidos. São apresentadas soluções para otimizar a produção, e alterações físicas às peças e conseqüentemente aos moldes que lhes conferem as geometrias

No último capítulo é feita uma análise ao trabalho realizado no âmbito do estágio na empresa acolhedora e são anunciadas algumas conclusões a retirar do trabalho desenvolvido.

## 2. Cortiça

### 2.1. Introdução

A cortiça é um material que tem acompanhado a Humanidade desde tempos imemoriais e que bem cedo se distinguiu em aplicações ligadas à construção, nomeadamente nos países mediterrânicos de onde provém. Atualmente, devido ao desenvolvimento de novos materiais derivados, à melhoria das suas características, à crescente importância da utilização de materiais naturais e sustentáveis e também ao carácter exótico nalguns mercados longínquos, a sua utilização em revestimentos e isolamentos estendeu-se a todo o mundo. Novos produtos, novos padrões e *designs*, novas cores, novas utilizações, têm permitido alargar o interesse nos produtos de revestimento em cortiça, o que tem sido facilitado por novas técnicas de aplicação.

#### 2.1.1. Extração e transformação da cortiça

A cortiça é extraída do tronco e ramos do sobreiro, sob a forma de peças semitubulares, habitualmente no Verão, e com uma periodicidade legal mínima em Portugal de nove anos. A sua exploração começa após a árvore atingir cerca de 0,7 m de perímetro a 1,3 m do solo. A árvore não pode ser totalmente “despida” do seu revestimento suberoso, pois pode não sobreviver. Esta operação é efetuada manualmente com recurso a machados, existindo já processos mecânicos. O primeiro descortiçamento (desbóia) produz uma cortiça chamada virgem, com uma superfície exterior muito irregular. Descortiçamentos sucessivos dão origem a cortiça com uma superfície exterior mais uniforme, designada por cortiça de reprodução, ou amadia. A primeira cortiça de reprodução, ainda com algumas irregularidades, tem o nome específico de secundeira, é utilizada, tal como a virgem, sobretudo para trituração, obtenção de granulados e eventualmente, posteriormente, o fabrico de aglomerados. Dos despojos da poda, é obtida a falca, tecido misto de cortiça virgem, entrecasco e lenho, retirada tradicionalmente com machado ou enxó a partir dos ramos podados dos sobreiros, ou com equipamento específico. Nos aglomerados compostos, são utilizados granulados obtidos a partir da trituração de cortiça virgem, bocados, refugo e desperdícios de outras operações de processamento, como sejam as aparas (de broca, de recorte etc.), rolhas defeituosas, restos de aglomerados, etc... No fabrico do aglomerado expandido de cortiça, é utilizado um triturado mais grosseiro, obtido essencialmente por trituração de falca e de outros tipos menores de cortiça. A Figura 2 esquematiza o processo de transformação de cortiça.

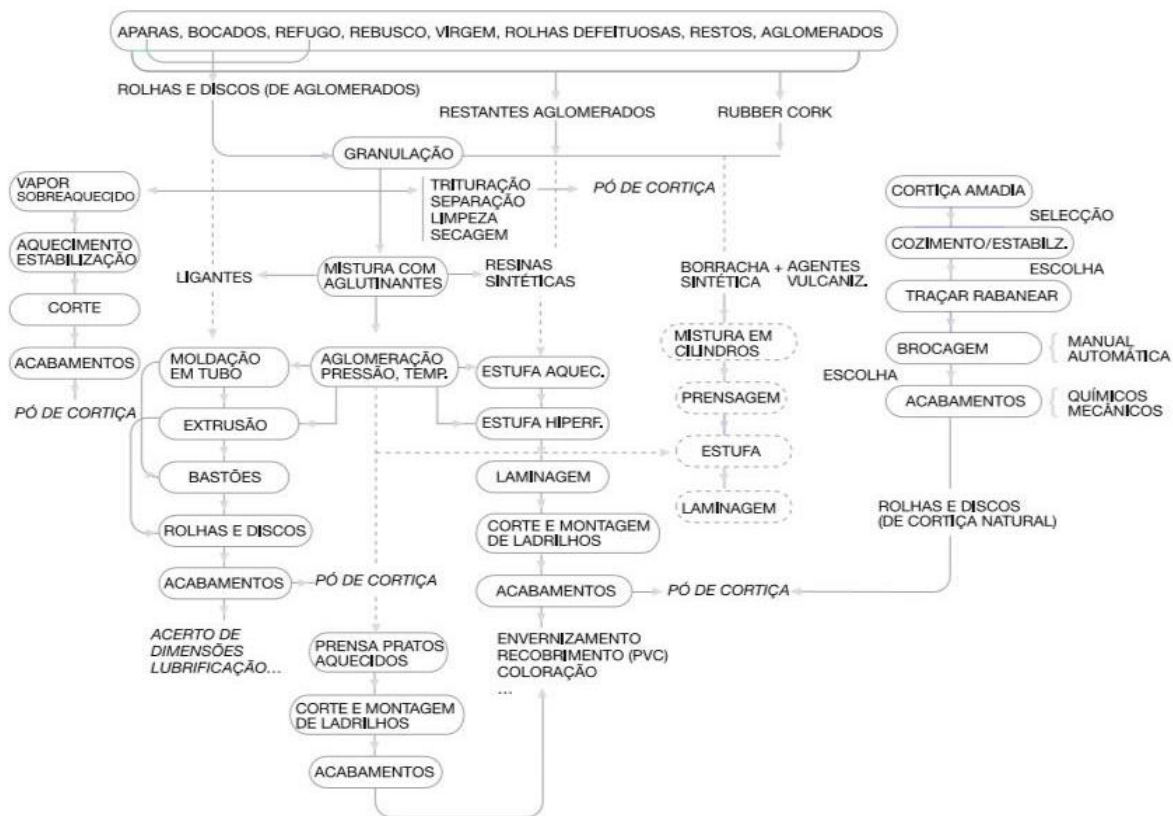


Figura 2 - Transformação da cortiça, (Gil,1998)

### 2.1.2. Granulado de cortiça

Os granulados são obtidos através da ação de vários tipos de moinhos, em função do material a triturar e do tipo de grânulos pretendidos. É também, geralmente, efetuada uma secagem por circulação forçada de ar quente, usualmente em secadores rotativos, para conferir ao granulado o grau de humidade desejado. A Figura 3 esquematiza o processo da produção de granulados.

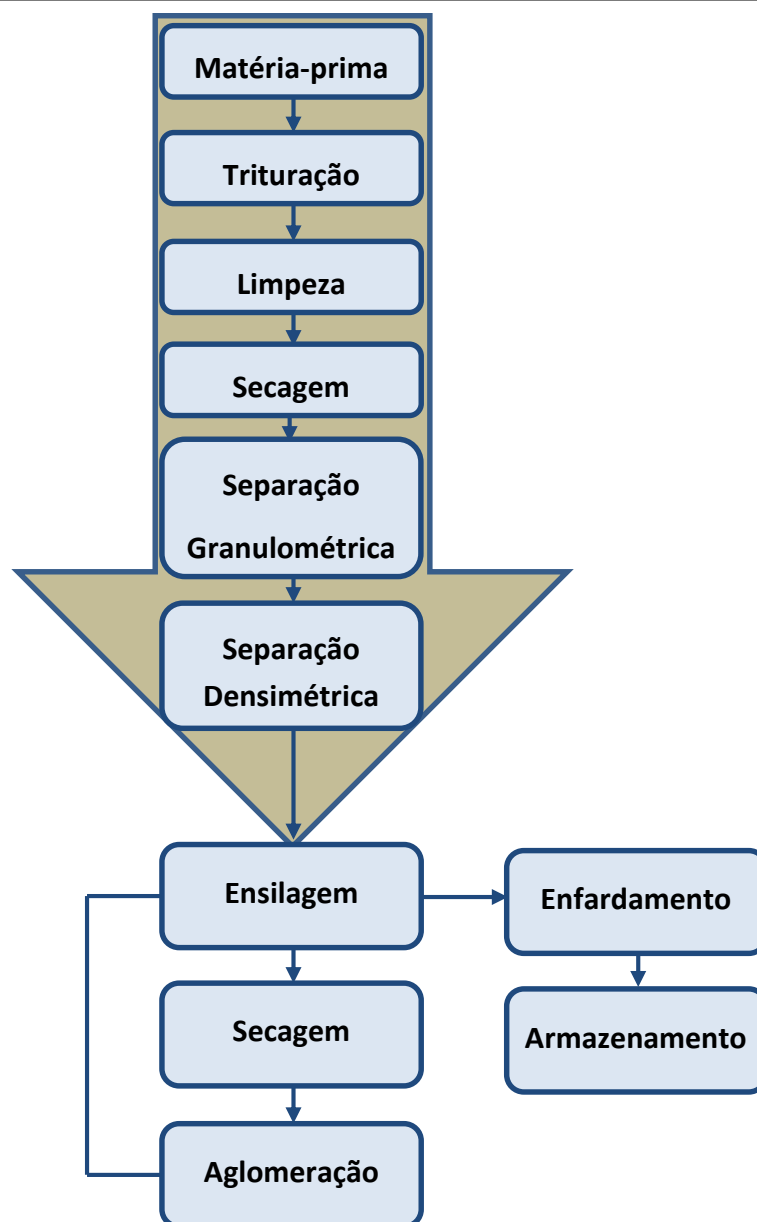


Figura 3 - Processo da produção de granulados (baseado em Gil,1998)

### 2.1.3. Estrutura macroscópica da cortiça

Quando a cortiça é extraída das árvores, a parte exterior do entrecasco fica exposta. Este é empurrado para o exterior pelas sucessivas camadas das novas células que se vão formando no interior, criando a raspa, que é o principal constituinte da parte externa da cortiça. A raspa seca, contrai e endurece, criando fendas devido ao crescimento.

Analogamente, a parte interna do tecido suberoso, que corresponde à última camada de crescimento anual, é designada por barriga ou ventre. A barriga tem uma menor elasticidade do que as outras camadas e apresenta orifícios dos canais lenticulares, também designados por poros. A porosidade está estritamente ligada à qualidade da cortiça (Gil, 1998; Oliveira,

2000). A cortiça virgem não apresenta raspa. A Figura 4 ilustra as diferentes fases de crescimento da nova cortiça.

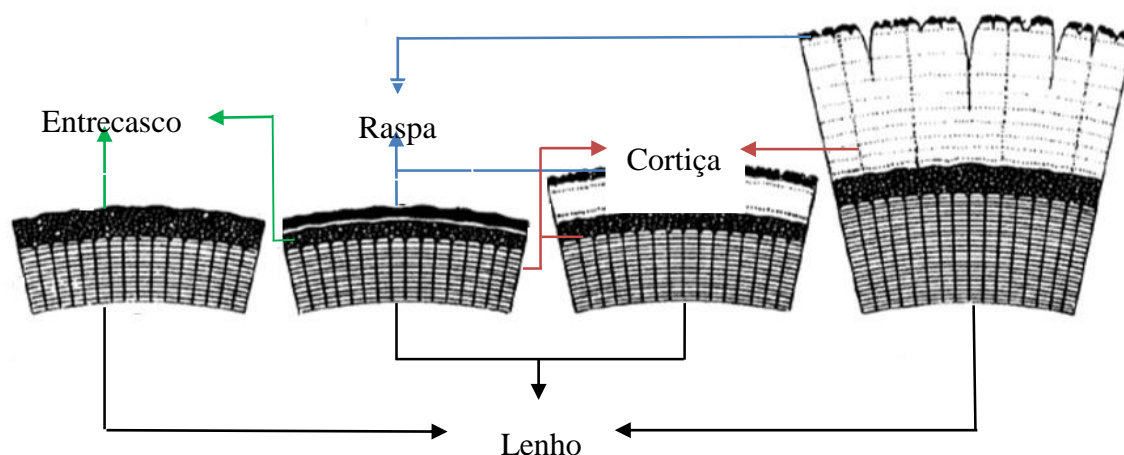


Figura 4 - Crescimento da cortiça (baseado em Gil, 1998)

Ao longo da espessura da cortiça são visíveis os anéis de crescimento, distinguíveis por serem constituídos por células formadas por diferentes dimensões e com diferentes espessuras das suas paredes celulares. Os anéis de crescimento são formados na Primavera/Verão ou no Outono/Inverno. Os aspetos exteriores indicadores da qualidade da cortiça são: a cor clara na cortiça virgem e a lisura, macieza e pequena espessura da costa, na cortiça amadia. Em última análise, a qualidade da cortiça é determinada pela homogeneidade da sua “massa”. Dentro das discontinuidades existem os canais lenticulares que atravessam radialmente a cortiça, e que transversalmente dão origem aos poros. De uma maneira geral, a porosidade é um fator determinante na qualidade da cortiça. Existem uma série de defeitos estruturais e outros da cortiça (por exemplo, mancha amarela, verde, inseto etc.) que são importantes para aplicações rolheiras, mas não para a construção civil (Gil, 1998).

A estrutura da cortiça é anisotrópica. As três principais direções definidas para a cortiça são a radial, a axial e tangencial. As secções perpendiculares a estas três direções são respetivamente designadas por tangencial, transversal e radial.

#### 2.1.4. Estrutura microscópica da cortiça

A cortiça é um tecido constituído por células, dispostas de modo compacto, sem espaços livres, de uma forma regular, cujo conteúdo se extinguiu durante o crescimento e sofreu um posterior processo de suberificação (impermeabilização) das membranas celulares. Não é apenas a estrutura do tecido que confere à cortiça as suas características, pois muitas das suas propriedades devem-se também à natureza das membranas celulares. As células comunicam

entre si por microcanais que atravessam a parede celular (plasmodesmos). O volume das paredes das células é de cerca de 10 a 15% do volume total, existindo um espaço oco de cerca de 85 a 90%, o que confere à cortiça excelentes propriedades de isolamento e resiliência.

As paredes celulares são constituídas por uma base estrutural de lenhina e celulose com suberina e polifenóis e ainda com ceras extratáveis. A parede celular das células de cortiça apresenta cinco camadas:

- Duas de natureza celulósica que cobrem a parte exterior das cavidades celulares;
- Duas mais interiores suberificadas (com suberina e ceras que conferem impermeabilidade);
- Uma camada média lenhificada que confere rigidez estrutural.

As membranas celulares possuem uma espessura mais fina nas células geradas na Primavera/Verão (cerca de 1 a 1,25  $\mu\text{m}$ ) e maior nas células de Outono/Inverno (cerca 2 a 2,5  $\mu\text{m}$ ). Este facto, associado à maior ou menor dimensão das células, interfere também nas propriedades físico-mecânicas da cortiça. As dimensões médias de uma célula de cortiça variam entre 30 e 40  $\mu\text{m}$  de largura, podendo ir de 10  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$  e 35-45  $\mu\text{m}$  de altura, com limites entre 10 e 70  $\mu\text{m}$ . Cada anel anual compreende normalmente 50 a 200 camadas de células de largura (1 a 6 mm), sendo esta variação a principal responsável pelas diferentes espessuras nos crescimentos anuais da cortiça. As diferenças no tamanho das células e na espessura da sua parede permitem delimitar os anéis de cortiça formados anualmente, uma vez que as células formadas no Outono, são mais pequenas e mais espessas, apresentam uma tonalidade mais escura.

As características de isolamento da cortiça devem-se ao facto de existirem estes espaços cheios de ar no interior das células. As células de cortiça são muito mais pequenas do que as dos materiais celulares ordinários, o que contribui para justificar as excepcionais propriedades de isolamento deste material. A transferência de calor por condução depende apenas da quantidade de material sólido da estrutura das células, que é menor para a cortiça expandida termicamente. A convecção depende do tamanho das células e para células pequenas (caso da cortiça) não contribui significativamente. A radiação depende também do tamanho das células: quanto menor, mais vezes o calor tem que ser absorvido e reirradiado (Gil, 1998).

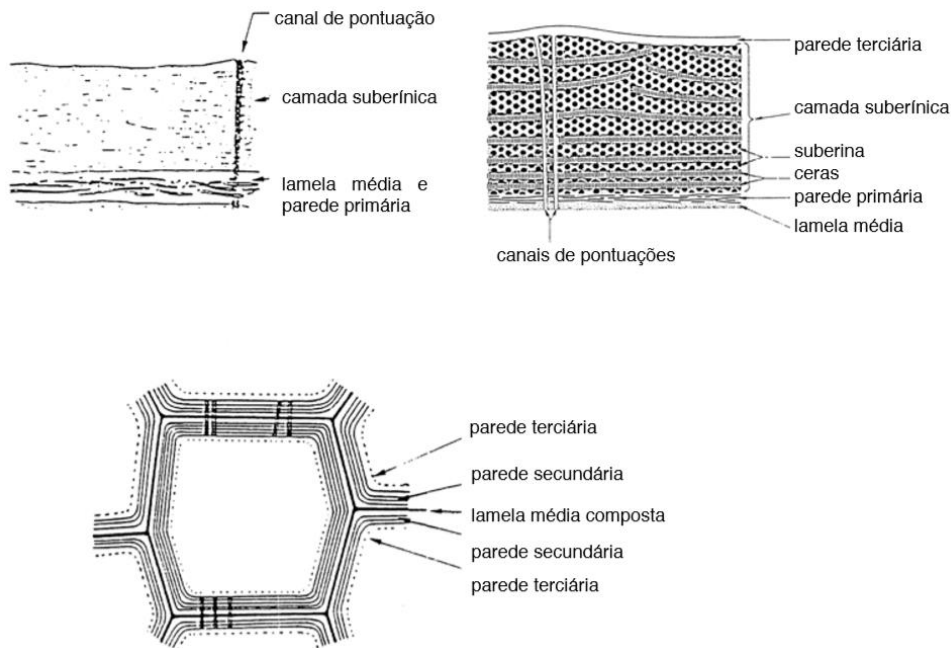


Figura 5 - Crescimento da cortiça (Gil, 1998)

### 2.1.5. Composição química da cortiça

A cortiça engloba vários tipos de compostos, que tradicionalmente são divididos em cinco grupos (Gil, 1998):

- Suberina 45% - responsável pela sua compressibilidade e elasticidade;
- Lenhina 27% - estrutura das paredes celulares;
- Polissacáridos 12% - também ligados à estrutura da cortiça;
- Ceroides 6% - repelem a água e contribuem para a impermeabilidade;
- Taninos 6% - cor e proteção/conservação do material;
- Cinzas 4%

A cortiça é constituída por componentes estruturais de forma polimérica complexa e extensa e por componentes não estruturais. Estes últimos dividem-se em extrativos e não extrativos. Os extrativos dividem-se ainda nos ceroides, que influenciam as características de impermeabilização da cortiça, e nos compostos fenólicos, que desempenham funções protetoras contra os ataques de organismos biológicos (Gil, 1998).

### 3. Equipamentos existentes na empresa

A empresa dispõe de vários equipamentos, na sua maioria misturadoras e prensas, nomeadamente, cinco prensas, quatro das quais são destinadas à prensagem da borracha e granulado de cortiça.

Estas quatro prensas (ver Figura 6) são iguais entre si e têm a capacidade de executar prensagens até 150 bar. Têm incorporadas oito placas de resistências elétricas, duas por prensa (uma na parte inferior e outra na parte superior), cada uma com a capacidade de 6 kW. As resistências elétricas permitem aquecer os moldes até 180°C, de modo a acelerar o processo de cura durante a prensagem dos produtos. Desta forma consegue-se reduzir bastante o tempo de prensagem e aumentar a produtividade.

De modo a agilizar a montagem e desmontagem dos moldes, as quatro prensas dispõem de furações iguais entre si, sendo os moldes encomendados com as mesmas medidas de furação de fixação.

Recentemente foi adicionado um relógio semanal programado para ligar a prensa antes da hora de serviço, permitindo anular o compasso de espera até a prensa atingir a temperatura mínima de serviço.

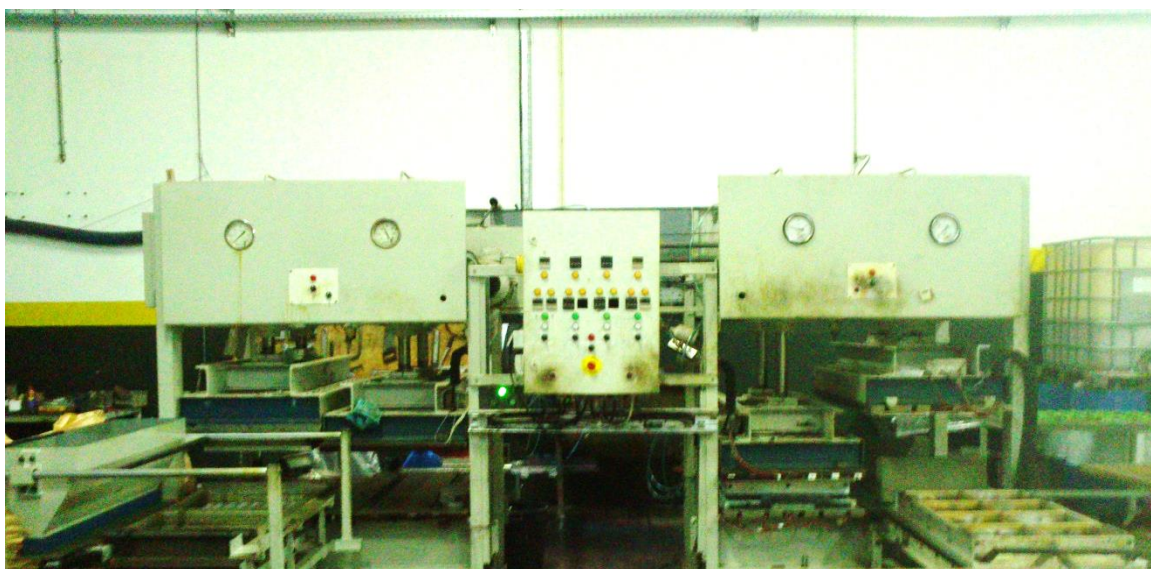


Figura 6 - Prensas para execução da prensagem de borracha e de cortiça

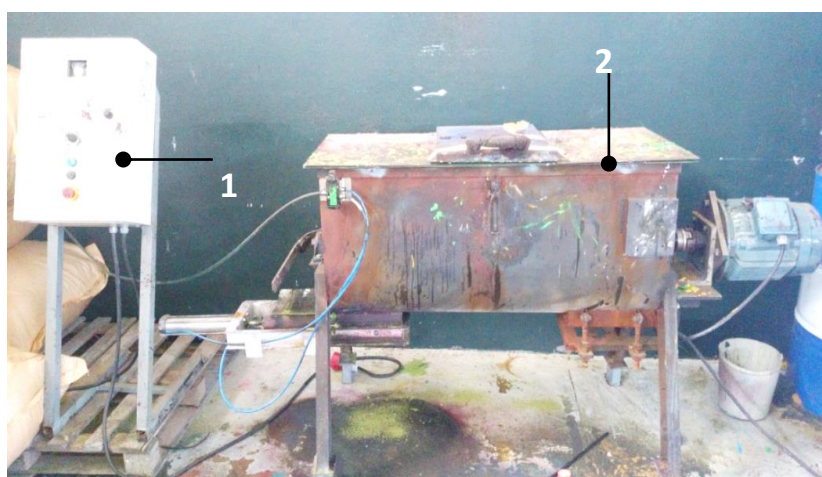
A prensa da Figura 7 é usada essencialmente para executar vulcanização de borracha e prensagem de materiais mais volumosos tais como lombas redutoras de velocidade. Tem uma menor capacidade em termos de tamanho físico dos moldes, mas possui uma capacidade de pressão máxima na ordem de 250 bar e atinge temperaturas de serviço até 220°C.



Figura 7 - Prensa de vulcanização

A misturadora da Figura 8 foi adaptada para fazer a mistura da cortiça com aglomerante e pigmento. Inicialmente era usada para fazer a mistura, a baixas rotações, de granulado de várias cores de borracha.

Foi adaptado um motor de 5,5 kW com uma rotação nominal de 1500 rpm acoplado diretamente ao veio da misturadora. Um variador de tensão permite controlar a velocidade e sentido de rotação. Foi ainda colocado um atuador linear de modo a fazer a abertura e fecho da plataforma inferior permitindo a extração do granulado de cortiça no fim do processo de mistura.



- 1- Controlador de velocidade e sentido de rotação da misturadora
- 2- Misturadora

Figura - 8 Misturadora de cortiça

A misturadora de borracha (ver Figura 9) permite executar misturas até uma capacidade de 100 kg de borracha. É usada para efetuar pigmentação de borracha e também para misturar aglomerante com granulado de borracha, para posteriormente ser usado na prensagem de produtos de borracha. Dispõe também de um variador de tensão que permite controlar a velocidade e sentido de rotação das pás.



Figura 9 - Misturadora de granulado de borracha



## 4. Desenvolvimento e produção das peças de cortiça

### 4.1. Introdução

Neste capítulo é descrito todo o processo de desenvolvimento das peças de cortiça, incluindo as várias etapas do processo produtivo até à conceção do produto pronto para ser comercializado.

### 4.2. Condições apresentadas pelo cliente

O cliente apresentou diversas condições e parâmetros físicos referentes a cada modelo que contempla a gama de produtos das cinco peças de cortiça. A Tabela 2 resume as percentagens por unidade dos diversos constituintes (cortiça, resina e pigmento) nas dez cores que constam do catálogo.










Cor		% Cortiça	% Resina Aglomerante	% Pigmento
MARFIM		66	21	13% Branco
ESMERALDA		71	24	5% Azul
AMARELO		72	24	4% Amarelo
TURQUESA		71	23	5% Branco+1% Azul
VERDE		68	23	9% Verde
VERMELHO		72	24	4% Vermelho
GRENÁ		70	24	6% Grená
CASTANHO		70	24	6% Castanho
PRETO		67	22	11% Preto
NATURAL		76	24	--

Tabela 1 - Percentagem dos constituintes de cada cor apresentada pelo cliente

A Tabela 2 contém todas as características físicas tais como a espessura, peso, volume, dimensão e cores associadas a cada formato requerido pelo cliente.

Nome	Espessura (mm)	Dimensão (mm)	Peso (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Cores
Peça A	25	250x250	190	666,68	Todas as do catálogo
Peça B	25	250x250	190	906,24	Todas as do catálogo
Peça C	25	250x250	190	750	Todas as do catálogo
Peça D	42	250x170	190	587.12	Todas as do catálogo
Peça E	25	250x250	190	654,45	Todas as do catálogo

Tabela 2 - Características físicas de cada geometria apresentada pelo cliente

Foram ainda apresentados os protótipos de cada uma das cinco peças maquinadas numa fresadora de controlo numérico computadorizado (CNC) a partir de blocos de cortiça. A Figura 10 ilustra os modelos apresentados.

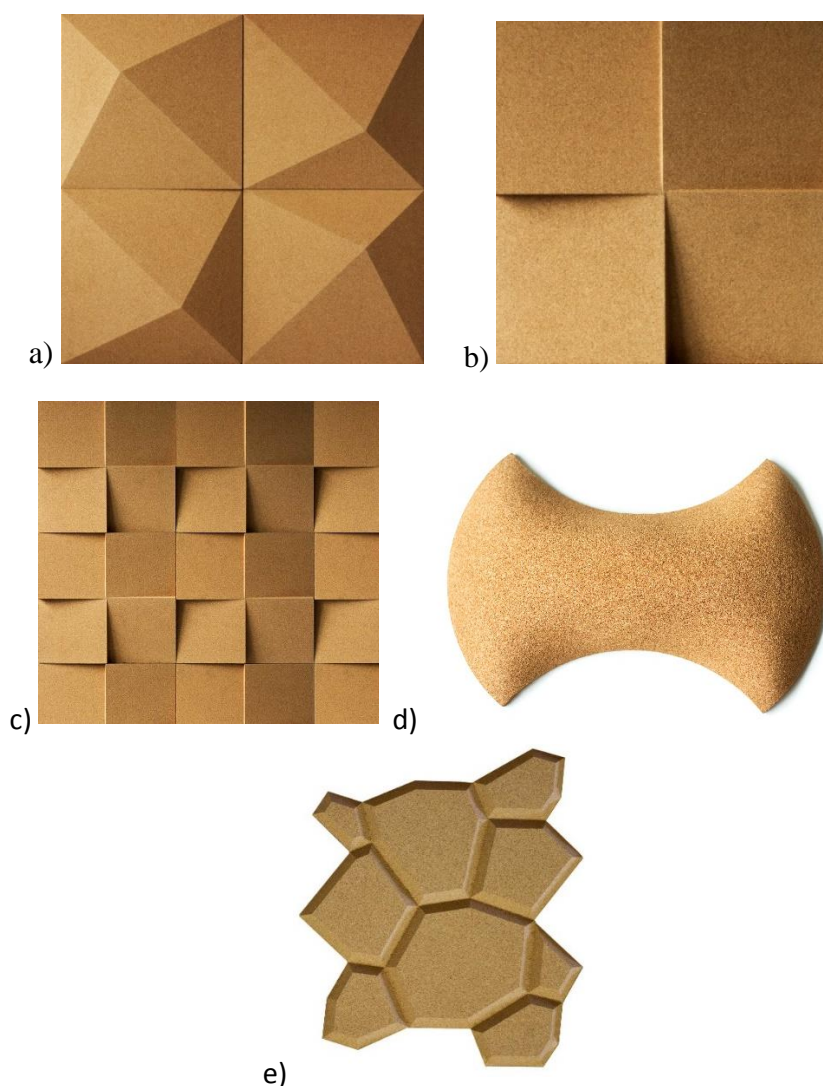


Figura 10 - a) Peça A; b) Peça B; c) Peça C; d) Peça D; e) Peça E

### 4.3. Primeiros testes de fabrico

Os dados apresentados pelo cliente (ver Tabela 2) permitiram estabelecer um ponto de partida para conceber as primeiras peças. Foi proposto o desenvolvimento de um molde de testes de quatro alvéolos, de modo a ser possível albergar de forma independente as matrizes que dão o formato às peças.

O modo de fabrico implementado na conceção das peças consiste na prensagem de cortiça. Trata-se de uma técnica cada vez mais recorrente em algumas empresas ligadas à produção de produtos de cortiça que permite conceber peças com excelentes acabamentos e com um rápido tempo de fabrico.

### 4.3.1. Equipamento de Testes

O molde seguinte (ver Figura 11), foi desenvolvido e posteriormente encomendado a outra empresa especificamente para realizar os protótipos das peças. É um molde reentrante feito em aço ST-37, subdividido por duas partes: a parte superior reentrante e a parte inferior fêmea.

Na parte superior estão fixos os cunhos reentrantes que dão a forma plana da traseira das peças (ver Figura 11b). A parte inferior do molde alberga as matrizes (ver Figura 11d).

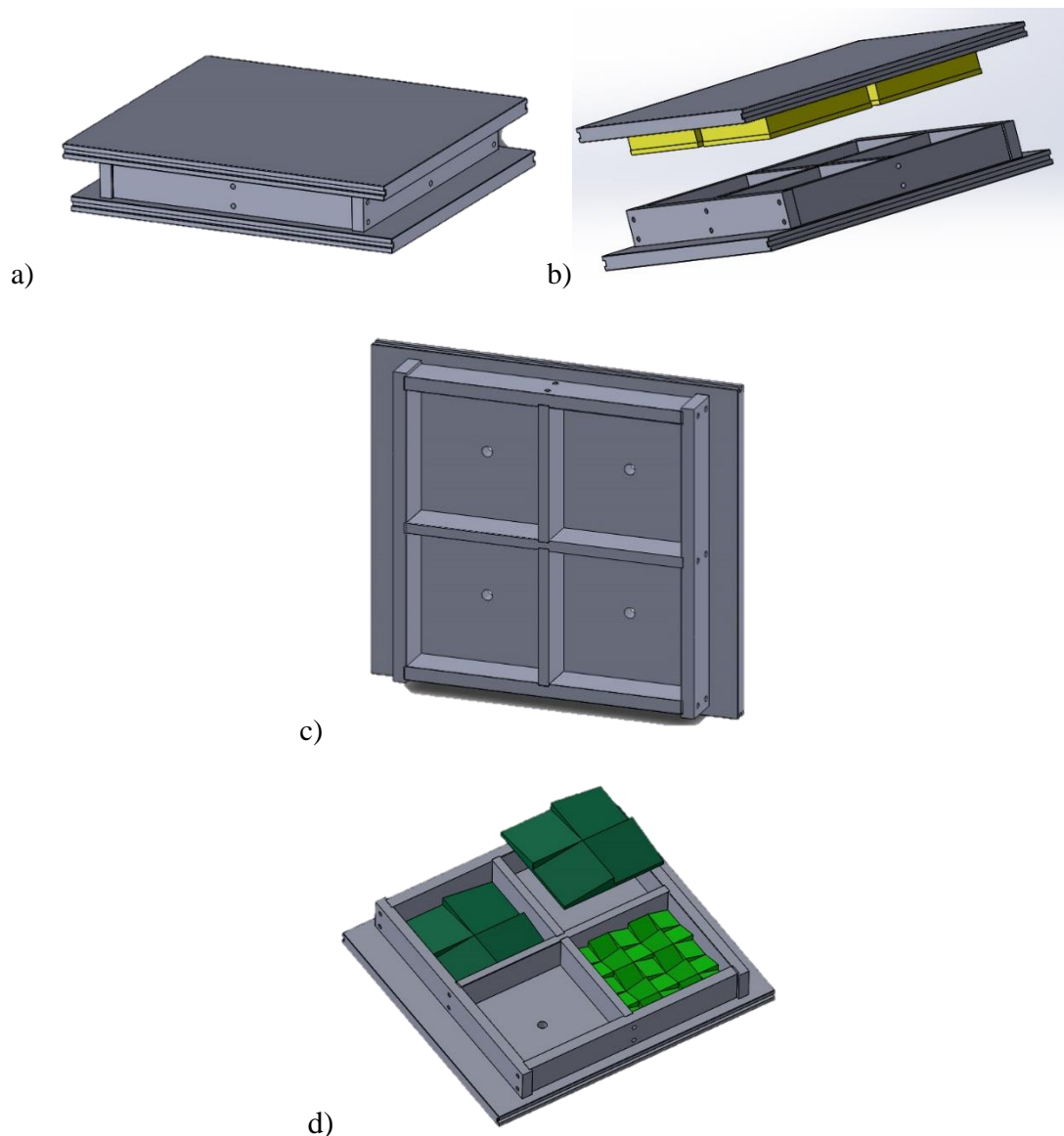


Figura 11 - Molde de testes: a) fechado; b) aberto; c) inferior sem matrizes; d) inferior com matrizes

Esta particularidade do molde permite usar as matrizes que conferem a geometria às Peças A, B e C (ver Figura 10) de forma independente, visto que são peças com as mesmas dimensões físicas (250x250mm). Assim é possível retirar as matrizes dos alvéolos e colocar outra de diferente formato.

Após a maquinação, as matrizes foram submetidas a um tratamento designado por teflonagem. Deste modo o destacamento das peças de cortiça é muito mais fácil de se realizar. Este tratamento, semelhante ao que é usado em utensílios de uso doméstico, confere às matrizes uma superfície antiaderente.

O material usado na maquinação das matrizes foi a liga de alumínio Al 7075. A escolha desta liga teve como base o facto do seu ponto de fusão ser próximo dos 630°C, pois durante o tratamento de teflonagem, as matrizes são sujeitas a um estágio de 20 minutos a uma temperatura cerca de 500°C.

Uma outra liga, a Al 5083, mais acessível economicamente que Al 7075 foi proposta para servir como material, mas rapidamente rejeitada. Tal rejeição se deve ao facto do seu ponto de fusão se encontrar na ordem dos 560°C, bastante próximo da temperatura do estágio (500°C), o que levaria à ocorrência de uma deformação da sua forma física.

#### 4.3.2. Primeiro protocolo de produção

Após a montagem do molde numa das prensas, foram realizados os primeiros testes de prensagem. Foram colocadas as matrizes do formato da Peça B nos alvéolos do molde, pois eram os únicos quatro que tinham sido maquinados e teflonados.

Numa primeira instância procedeu-se à análise da Tabela 2 com os dados fornecidos pelo cliente. De modo a estabelecer um método de fabrico, ainda que experimental, foi criada uma Tabela com o devido peso por constituinte, para uma mistura de quatro peças. A Tabela 3 seguinte apresenta esses valores, agrupados pelas cores catalogadas das peças a produzir.

	Referência	Constituintes	Modelos	Peso (g)	4 Peças (g)
AMARELO	3	Cortiça	Todos os cinco formatos 190g	137	547
		Resina Aglomerante		46	182
		Amarelo		8	30
		Total		190	760

Verde		5	Cortiça	Todos os cinco formatos 190g	130	519
			Resina Aglomerante		43	173
			Verde		17	68
			Total		190	760
ESMERALDA		2	Cortiça	Todos os cinco formatos 190g	135	542
			Resina Aglomerante		45	181
			Azul Esmeralda		10	38
			Total		190	760
MARFIM		1	Cortiça	Todos os cinco formatos 190g	124	498
			Resina Aglomerante		41	166
			Branco		24	96
			Total		190	760
PRETO		9	Cortiça	Todos os cinco formatos 190g	127	508
			Resina Aglomerante		42	169
			Preto		21	82
			Total		190	760
VERMELHO		6	Cortiça	Todos os cinco formatos 190g	136	545
			Resina Aglomerante		45	182
			Vermelho		8	33
			Total		190	760
GRENÁ		7	Cortiça	Todos os cinco formatos 190g	135	538
			Resina Aglomerante		45	179
			Grená		11	42
			Total		190	760

CASTANHO	8	Cortiça	Todos os cinco formatos 190g	135	538
		Resina Aglomerante		45	179
		Castanho		11	42
		Total		190	760
TURQUESA	4	Cortiça	Todos os cinco formatos 190g	133	533
		Resina Aglomerante		44	178
		Azul		3	11
		Branco		9	37
		Total		190	760

Tabela 3 - Valores de mistura para quatro peças

#### 4.3.2.1. Etapas da mistura

Na etapa inicial do processo de fabrico é realizada a mistura do pigmento com o granulado de cortiça e com o elemento aglomerante, a resina. Tomando como ponto de partida o protocolo de mistura usado nos produtos de borracha, começou por se misturar o granulado de cortiça com o pigmento.

Os sacos de granulado são comercializados com um peso bruto de 25 kg e com a dimensão pretendida do grão (a dimensão do grão não pode ser revelada no presente relatório por motivos de sigilo profissional). Na Figura 12 é possível ver o aspeto do granulado de cortiça.



Figura 12 - Granulado de cortiça

Definiu-se que o primeiro passo do processo de mistura seria com o granulado de cortiça juntamente com o pigmento.

Realizou-se previamente a pesagem do granulado de cortiça usando a balança visível na Figura 13.



Figura 13 - Balança usada na pesagem do granulado

Na medição da quantidade de pigmento necessário, recorreu-se ao uso de uma balança de maior precisão, visível na Figura 14, adquirida especialmente para pesar a quantidade de pigmento. A cor usada neste primeiro teste foi o azul esmeralda (ver Tabela 3).



Figura 14 - Balança de precisão usada na pesagem do pigmento

Após estas duas pesagens, colocou-se o granulado de cortiça e o pigmento na misturadora até o granulado atingir uma cor homogênea. Esta operação demorou sensivelmente 1 minuto para uma velocidade de rotação da ordem das 700 rpm (traduzido em 23 Hz no controlador).

No segundo passo do processo de mistura foi acrescentada a resina aglomerante. Realizou-se a pesagem da quantidade pretendida com recurso à balança da Figura 13. De maneira idêntica a primeira etapa, a mistura foi feita, com a mesma velocidade de rotação, até se atingir uma homogeneidade do aglomerante na mistura já pigmentada.

#### 4.3.2.2. Etapas da prensagem

Posteriormente realizou-se a pesagem do granulado pigmentado e resinado necessário para se executar as quatro peças B.

Depositou-se o granulado devidamente pesado no molde de testes, tal como representado na Figura 15.

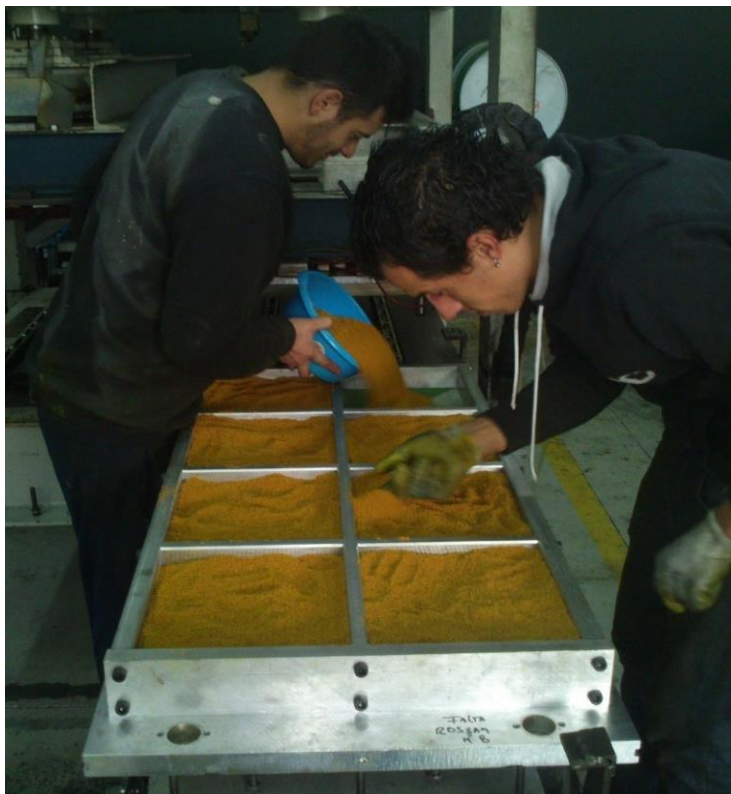


Figura 15 - Colocação do granulado no molde

#### **4.3.2.3. Temperatura e tempo de serviço do molde**

As prensagens realizadas em granulado de borracha são geralmente efetuadas com uma temperatura no molde de cerca de 160°C. O facto de os moldes serem aquecidos permite que as peças sejam conformadas mais rapidamente na sua forma pretendida, pois a temperatura acelera o endurecimento da resina aglomerante. Este tipo de reação é designado por cura. Usou-se esta temperatura como referência para a temperatura de serviço do molde de testes de cortiça, com um tempo de cura de cinco minutos, ou seja, as quatro peças B estiveram 5 minutos a prensar a esta temperatura.



Figura 16 - Quadro de controlo das prensas

#### 4.3.2.4. Remoção das peças de cortiça do molde

O revestimento a teflon das matrizes evita que as peças se colem ao molde. Um simples acessório que consiga produzir uma depressão de modo a remover as peças de cortiça do molde na vertical sem as danificar soluciona o problema de extração. Desta forma, após o tempo decorrido da prensagem, para se extrair as peças do molde, recorreu-se a uma simples ventosa de uso doméstico, semelhante às utilizadas para desentupimentos.

#### 4.3.2.5. Peça de cortiça prensada

A Figura 17 apresenta uma das primeiras quatro peças azuis esmeralda prensadas com este primeiro protocolo.

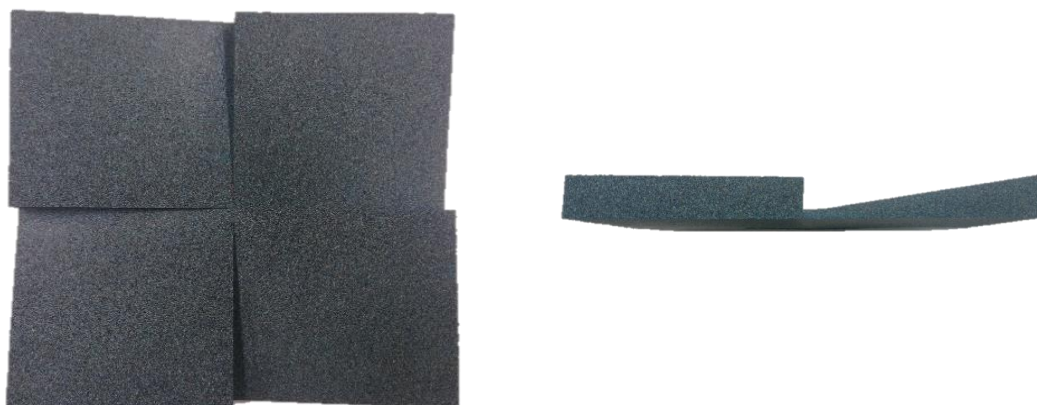


Figura 17 - Peça B, primeira peça fabricada com a técnica de prensagem

O protocolo elaborado para a produção da Peça B azul esmeralda, obteve um resultado positivo e tornou-se no método usado no fabrico das restantes cores catalogadas.

1º ETAPA – MISTURA DOS CONSTITUINTES NO GRANULADO DE CORTIÇA			
	Constituintes	Freq. Rotação (Hz)	Tempo (min)
<b>1º Passo</b>	Mistura A = [Cortiça + Pigmento]	23	1
<b>2º Passo</b>	Mistura A + Aglomerante	23	1
2º ETAPA – PRENSAGEM DO GRANULADO			
Formatos	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Peso por peça (g)
Todos os cinco formatos	160	5	190

Tabela 4 - Protocolo de produção

A Figura 18 apresenta algumas peças nas várias cores catalogadas produzidas para a aprovação do cliente.



Figura 18 - Conjunto de cores da Peça B aprovadas pelo cliente

As peças produzidas, que posteriormente foram aprovadas pelo cliente, foram utilizadas de modo a servir como peças de cor-padrão nas futuras produções.

Deste modo, o protocolo desenvolvido para a produção destas peças serviu como base de método de fabrico para todos os formatos e cores das peças de cortiça.

#### 4.4. Molde universal

Após a aprovação das cores e da geometria física das peças prensadas, procedeu-se ao estudo e conceção de um outro molde de maiores dimensões, que permitisse produzir um maior número de peças num só ciclo de prensagem.

Limitados fisicamente pelas dimensões das prensas (1450x650mm) o número máximo de alvéolos possível de conceber num molde foi de oito.

Partindo da conceção e estudo do anterior molde de testes, este molde possui também a versatilidade de albergar de forma independente matrizes que produzem as Peças A, B, C e D.

A estrutura do molde foi construída numa liga de alumínio comercialmente mais em vantajosa: a Al 5083, enquanto as restantes matrizes A, B, C e D foram maquinadas em alumínio Al 7075 pelo mesmo motivo referido no subcapítulo 4.3.1.

A Figura 19 representa a estrutura do molde de oito alvéolos elaborado em Solidworks.

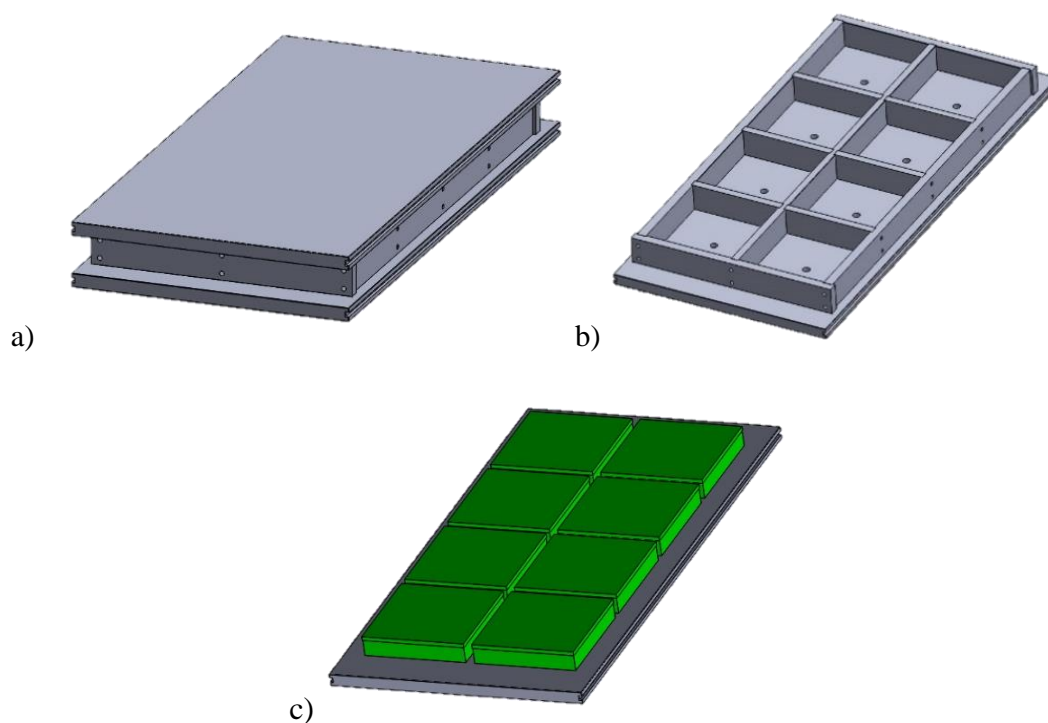


Figura 19 - Molde universal a) fechado; b) estrutura inferior sem matrizes; c) estrutura superior com os cunhos reentrantes

A parte superior do molde (ver Figura 19c) ) é composto por uma base em alumínio Al 5083 com oito cunhos maquinados em alumínio Al 7075.

A escolha desta liga de alumínio deve-se ao facto dos cunhos terem que ser teflonados de modo a evitar que as peças se colem à parte de cima, ao abrir o molde. Em cada um dos cunhos foi gravado o logotipo da empresa cliente, que representa uma característica física que incrementa mais valor ao produto final.

#### 4.4.1. Molde universal com matrizes da Peça A

A Figura 20 apresenta o molde universal inferior com as matrizes da Peça A colocadas nos alvéolos.

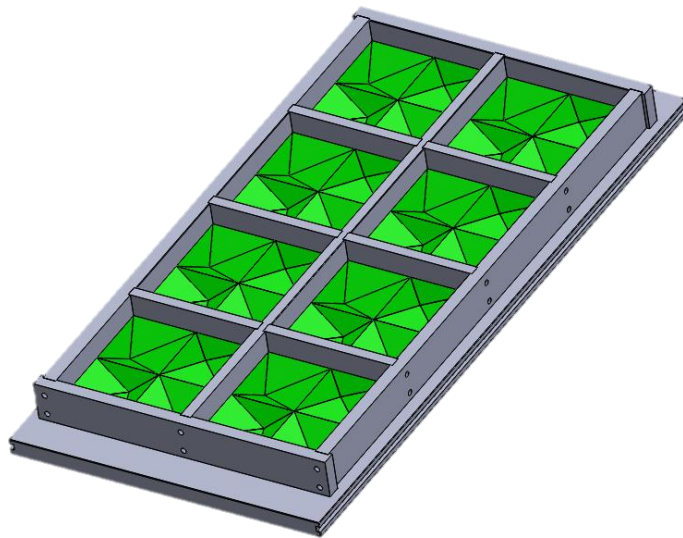


Figura 20 - Molde universal inferior com matrizes da Peça A

Como a Peça A não apresenta simetrias na sua geometria física (ver Figura 10a), a colocação das matrizes (Figura 21) nos alvéolos do molde tem de obedecer sempre a uma posição fixa e inalterável.

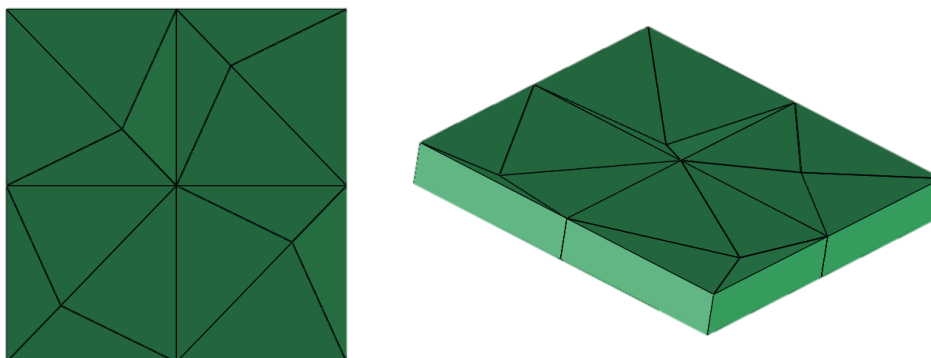


Figura 21 - Matriz da Peça A

Na parte traseira das peças é gravado o logotipo da empresa e a posição deste tem de ser obrigatoriamente comum em todas as peças A. Um dos parâmetros discutidos com o cliente foi a dificuldade de fixar as peças nas paredes, visto que as peças não apresentam simetria. Como tal, tendo o logotipo da empresa cliente sempre de maneira igual, só terá que respeitar a mesma posição do logotipo de maneira comum para as todas as peças e assim a sua posição de fixação seria sempre igual.

Foi então criado um protocolo esquematizado que simplifica a posição correta de como colocar as matrizes dentro dos alvéolos do molde.

Duas barras com 10 mm de espessura foram aparafusadas nas extremidades laterais do molde inferior para servir de batente no momento do fecho permitindo que as peças A sejam conformadas com altura de 25mm. Este acrescento físico deve se ao facto de as matrizes terem sido maquinadas com uma altura muito grande (cerca de 30mm). Sem a colocação destas barras, não seria possível prensar qualquer peça deste formato porque o cunho reentrante da parte superior do molde iria colidir com a matriz da parte inferior. A Figura 22 esquematiza a posição das barras (a roxo) e o fecho do molde com as barras a servir de batente.

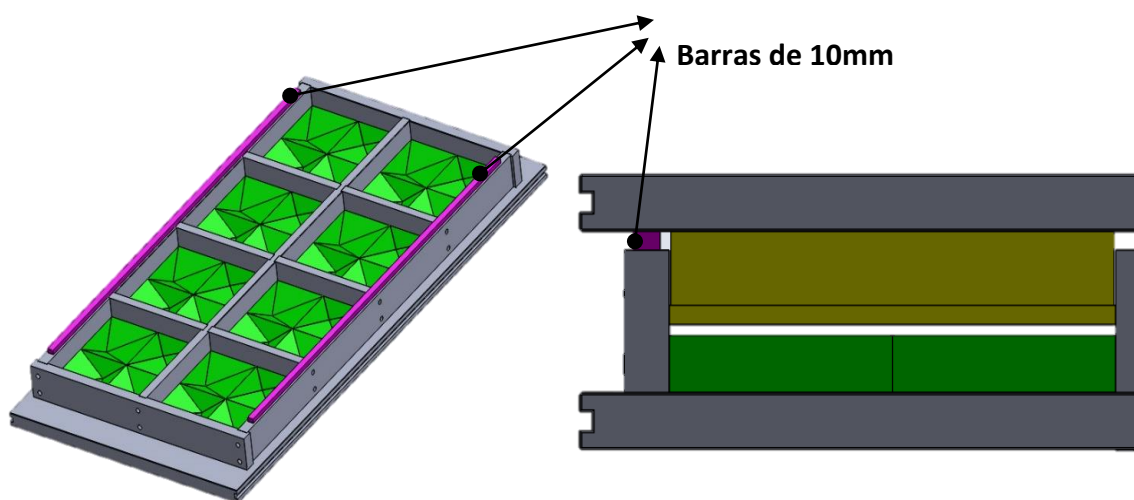


Figura 22 - Posição das barras de 10 mm no molde

O tipo de peça apresentado na Figura 23 é a produzida nesta geometria de matriz.



Figura 23 - Peça A produzida na matriz

#### 4.4.2. Molde universal com as matrizes da Peça B

A Figura 24 apresenta o molde com as matrizes da Peça B colocadas nos alvéolos do molde universal inferior.

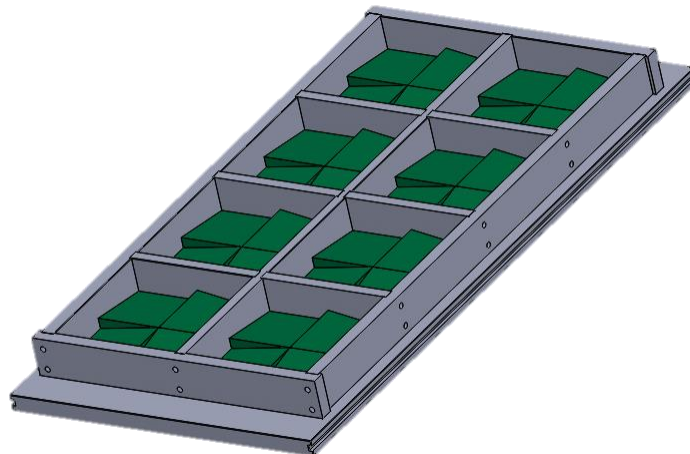


Figura 24 - Molde universal inferior com matrizes da Peça B

Esta geometria é simétrica, logo a sua colocação nos alvéolos pode ser feita em qualquer posição, pois o logotipo na parte traseira da peça ficará sempre numa posição correta.

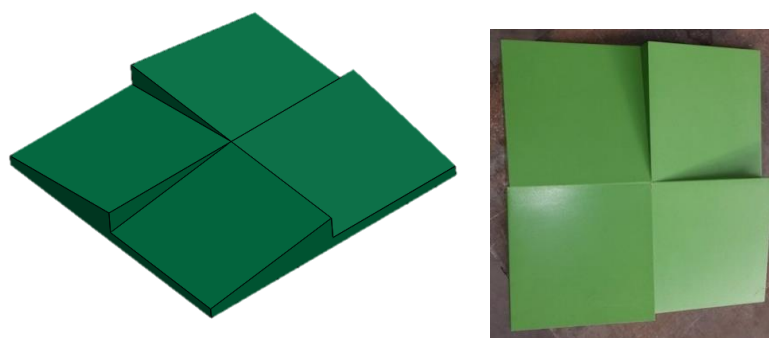


Figura 25 - Matriz da Peça B

De forma semelhante e pelo mesmo motivo que as matrizes da Peça A foi necessário colocar uma barra de 8,5mm nas partes laterais do molde inferior para que a estas peças seja conferida a altura estabelecida pelo cliente de 25mm no momento da prensagem. A Figura 26 representa a peça produzida nesta matriz.

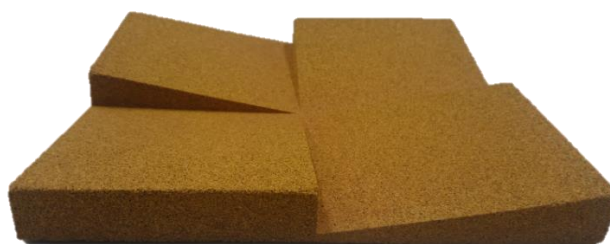


Figura 26 - Peça B produzida na matriz

#### 4.4.3. Molde universal com as matrizes da Peça C

Na Figura 27 está representado o molde universal inferior com as matrizes da Peça C embutidas nos alvéolos.



Figura 27 - Molde universal inferior com as matrizes da Peça C

Na Figura 28 está ilustrada a matriz da Peça C. Esta é composta por 25 pequenas unidades aparafusadas a uma placa, em que cada unidade possui uma posição previamente definida conforme esquematizado na Figura 26 b).

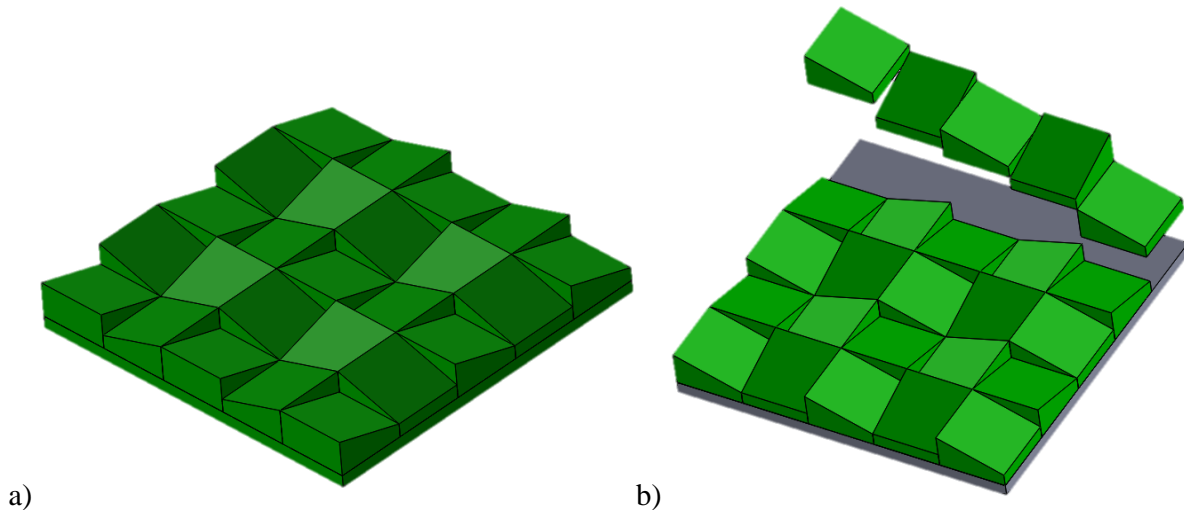


Figura 28 - Matriz da Peça C a) montada b) com unidades extraídas

Esta matriz confere uma peça não simétrica (Figura 29) apresentando uma geometria física complexa. Para o operador da linha de produção torna-se um trabalho bastante difícil, na medida em que é necessário colocar a matriz na posição correta dentro dos alvéolos do molde, para que o logotipo da empresa fique gravado na maneira previamente definida.

Assim, de maneira equivalente ao caso da Peça A, foi criado um protocolo próprio de montagem e posição das referidas matrizes no molde.

Torna-se também necessário fixar duas barras no molde inferior, neste caso específico barras de 15mm de espessura, para conferir a altura de 25mm a estas peças.



Figura 29 - Peça C produzida na matriz

#### 4.4.4. Molde universal com as matrizes da Peça D

A Figura 30 exemplifica o molde universal inferior com as matrizes da Peça E montadas nos alvéolos.



Figura 30 - Molde universal inferior com as matrizes da Peça D

Na produção destas peças não é necessário o uso de barras a servir como batente de modo a dar altura de prensagem. Estas matrizes foram as últimas a ser desenvolvidas e fabricadas. As matrizes em causa foram dimensionadas de modo a que o cunho reentre na matriz conformando as peças com a sua altura parametrizada de 42mm.

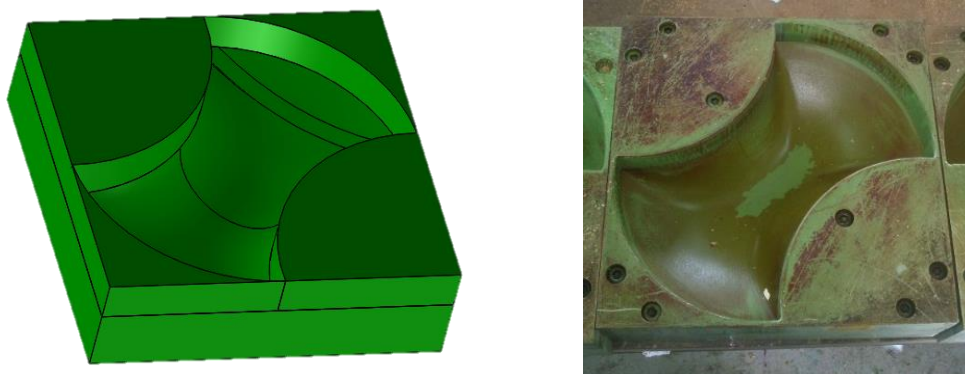


Figura 31 - Matriz da Peça D

Este formato tem a particularidade de ter um cunho reentrante específico. Trata-se de um cunho com a forma plana da parte traseira da peça (Figura 32).

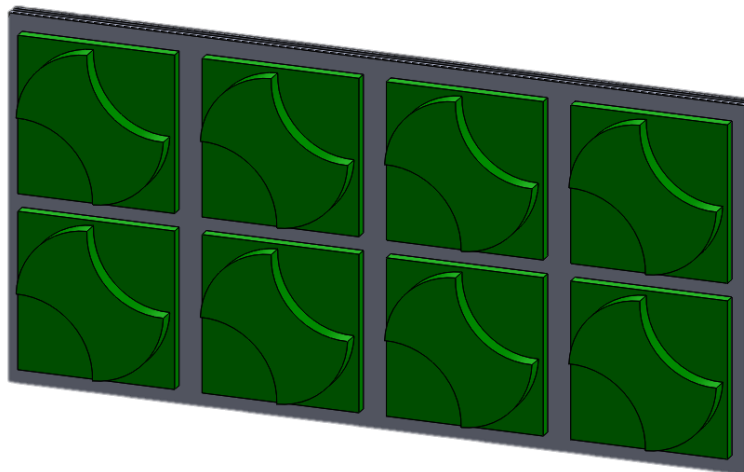


Figura 32 - Cunhos reentrantes fixos ao molde superior

A Figura 33 mostra duas peças produzidas neste tipo de matriz.



Figura 33 - Peças D produzidas na matriz

#### 4.5. Molde da Peça E

Para este tipo de peças, devido ao formato da base ser diferente das restantes, procedeu-se ao dimensionamento e conceção de um molde exclusivo para o seu fabrico. Trata-se de um molde de oito alvéolos em que as matrizes foram maquinadas diretamente no molde da parte inferior (Figura 34).

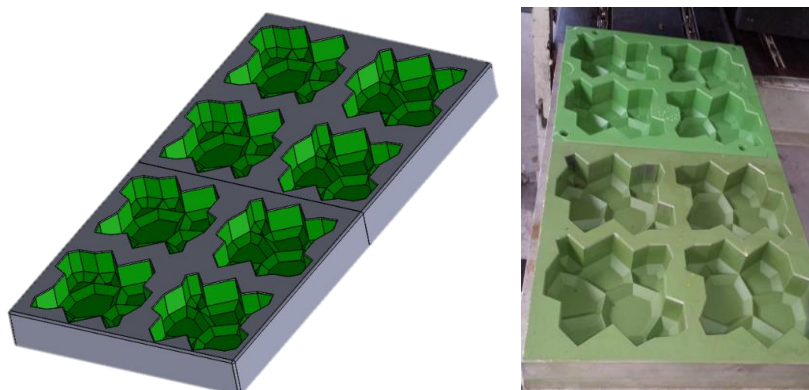


Figura 34 - Molde inferior da Peça E

O material usado foi a liga Al 7075, pelo facto de os alvéolos terem de ser submetidos ao tratamento de teflonagem.

Teve-se o cuidado de dimensionar o molde sem ser necessário recorrer ao uso posterior de barras para conferir altura de prensagem.

A Figura 35 ilustra a parte superior do molde.

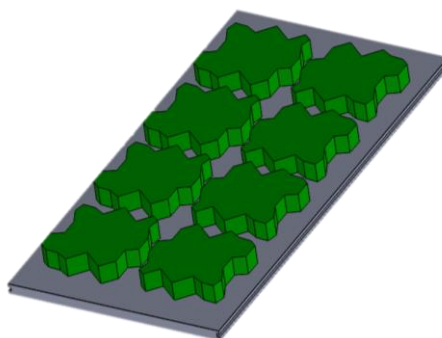


Figura 35 - Molde da parte inferior da Peça E

Esta parte do molde é constituída por uma base em alumínio Al 5083 onde são fixados os oito cunhos reentrantes maquinados em Al 7075 previamente teflonados.

A Figura 36 ilustra algumas peças produzidas neste molde.



Figura 36 - Peças E produzidas neste molde



## **5. Reajuste das percentagens dos constituintes das peças de cortiça**

### **5.1. Introdução**

O protocolo de produção implementado no fabrico das peças de cortiça teve sempre como fundamento técnico as percentagens dos diversos constituintes que intervêm no seu fabrico conforme apresentado na Tabela 1. A Tabela 3 serviu como base técnica de fabrico aos testes das peças das várias cores no molde de testes.

No decorrer da produção, criou-se um caderno técnico onde constavam todos os parâmetros da mistura:

- Tempo de mistura em cada etapa;
- Peso dos constituintes para executar uma mistura que permitisse a produção de 8, 12 e 16 peças;
- Peso de granulado por peça;
- Tempo de prensagem;
- Temperatura de serviço dos moldes.

#### **5.1.1. Reajuste das percentagens da mistura**

Ao longo da produção das peças foi-se testando diversas percentagens dos constituintes de modo a criar uma base comum relativamente a todas as cores.

Partiu-se da ideia de criar uma base física comum em que as percentagens de cortiça e de resina aglomerante fossem idênticas em todas as cores. Após algum tempo de manipulação e fabrico das peças, chegou-se à conclusão que as peças que continham na sua constituição 72% de cortiça e 24% de resina aglomerante eram as que apresentavam melhor comportamento físico, pois eram as que menos perdas apresentavam em números de peças partidas.

Partindo destas percentagens de cortiça e aglomerante, comuns nas cores amarelo e vermelho, aplicou-se estas mesmas para as restantes cores que continham diferentes percentagens,

O teste revelou-se satisfatório na medida em que todas as peças das restantes cores apresentaram melhores comportamentos físicos e menores perdas comparativamente às mesmas cores equivalentes mas, com outras percentagens de resina aglomerante e cortiça.

Com base nos resultados obtidos nas experiências efetuadas, permitiu-se fazer um refinamento do protocolo produtivo onde constam os novos pesos dos constituintes de cortiça e resina aglomerante sendo comuns em todas as cores.









Cor		% Cortiça	% Aglomerante	% Pigmento
MARFIM		72	24	13% Branco
ESMERALDA				5% Azul
AMARELO				4% Amarelo
TURQUESA				5% Branco+1% Azul
VERDE				9% Verde
VERMELHO				4% Vermelho
GRENÁ				6% Grená
CASTANHO				6% Castanho
PRETO				11% Preto

Tabela 5 - Nova Tabela de constituintes

Importa referir que estes testes foram desenvolvidos de modo a não comprometer a produção no horário de efetivo de trabalho.

## 6. Novo protocolo de produção

### 6.1. Introdução

Neste capítulo são abordados os problemas associados ao primeiro protocolo produtivo (apresentado anteriormente no subcapítulo 4.3) que motivaram a criação de um novo protocolo.

Conforme foi referido anteriormente, o processo começa com a mistura dos constituintes na misturadora. Desde o começo da produção das peças, foram identificados vários problemas no processo de mistura dos constituintes no granulado de cortiça. Estes tiveram que ser corrigidos, visto que levavam à rejeição de quase 7% da produção diária.

Os problemas associados a esta rejeição foram essencialmente:

- Disparidade de cor em lotes diferentes, relativamente a essa mesma cor;
- Ausência de brilho nas superfícies das peças.

A segunda etapa do protocolo é referente à prensagem da cortiça. Nesta etapa teve-se em consideração:

- Alteração das temperaturas de serviço dos moldes;
- Alteração dos tempos de prensagem.

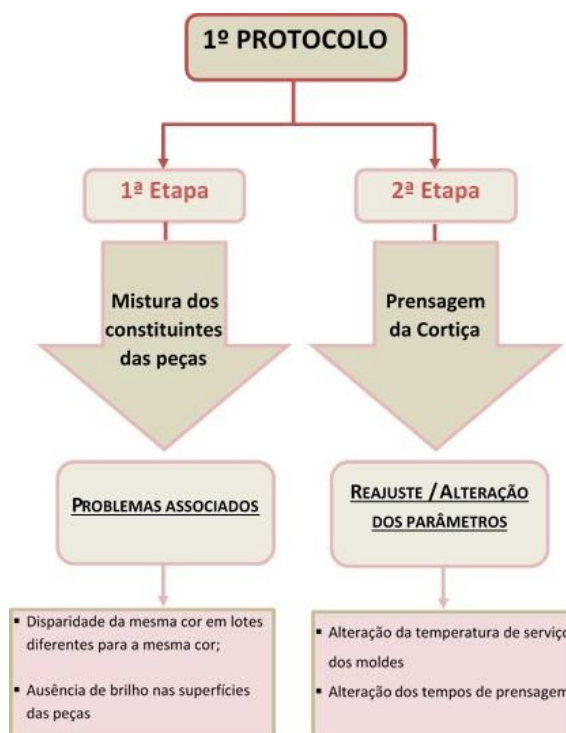


Figura 37 - Representação esquemática do primeiro protocolo

## 6.2. Solução dos problemas da etapa da mistura

### 6.2.1. Cor

De modo a existir um controlo da cor das peças uma peça era comparada com a cor padrão, com intervalos pré-definidos de tons. Foi a partir desta comparação que se averiguou que várias peças não apresentavam conformidade com a cor padronizada.

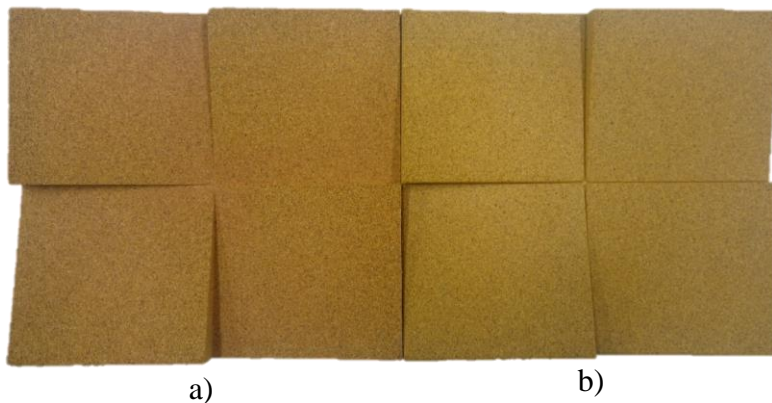


Figura 38 - Duas Peças B amarelas com diferentes tonalidades

O problema estava associado à pesagem do pigmento que nem sempre era efetuado de maneira precisa pelos operadores. Adicionalmente, a balança também já apresentava alguma deficiência na calibração.

É de notar que a Figura 38b) apresenta uma tonalidade mais clara, em comparação com a tonalidade da Figura 38a).

O pigmento é comercializado no estado líquido. Na prática, o pigmento é uma partícula sólida que pode ser diluída num “veículo aquoso”, como por exemplo água, de modo a ser manipulado mais facilmente. Este é o tipo de pigmento adquirido para a produção das peças.

Tendo em conta o estado físico do pigmento, converteu-se a Tabela de peso do pigmento para o seu valor correspondente em capacidade. Recorrendo a uma simples seringa de alimentação com uma escala graduada (Figura 39), foi possível alterar este parâmetro de modo a não haver produção de peças com discrepância de cores relativamente às cores padronizadas.



Figura 39 - Seringa usada para medir o pigmento

A Tabela 6 apresenta a gama de cores expressa em peso, por peça, e o seu valor correspondente em capacidade.









Cor		Peso de pigmento por peça de cortiça (g)	Capacidade de pigmento por peça de cortiça (ml)
MARFIM		25	13
ESMERALDA		10	9
AMARELO		7,6	7
TURQUESA		13	9
VERDE		16,2	16
VERMELHO		8,6	9
GRENÁ		11	11
CASTANHO		11	8
PRETO		21	17

Tabela 6 - Correspondência entre peso e capacidade relativamente à gama de cores

Com a aplicação desta conversão e com o recurso ao uso da seringa para efetuar a medição do pigmento, verificou-se uma redução percentual bastante significativa das peças rejeitadas devido à discrepância de cores, bem como uma redução enorme de desperdício de pigmento.

De modo a minimizar ainda mais os riscos de rejeição de peças, procedeu-se à pigmentação de lotes de resina aglomerante. Para tal, partiu-se de um peso exato de resina aglomerante e juntou-se a quantidade de pigmento correspondente.

Por exemplo, para um lote de 20 kg de resina aglomerante foi necessário juntar 973 ml de pigmento amarelo.

No primeiro protocolo, a mistura dos constituintes era subdividida em dois passos (ver Tabela 4):

- 1º Passo: Mistura A= [granulado de cortiça + pigmento]
- 2º Passo: Mistura A + resina aglomerante

Esta nova estratégia juntava num só passo a pigmentação e a resinação do granulado. Teoricamente iria reduzir o tempo necessário para efetuar a mistura, pois a resina aglomerante já continha o pigmento necessário.

Tal processo não se verificou viável, pois no momento da pigmentação da resina aglomerante ocorreu uma reação química exotérmica não prevista entre a resina e o pigmento. A Figura 40 apresenta o resultado dessa reação que acabou mesmo por danificar o recipiente.



Figura 40 - Consequência da reação química entre a resina aglomerante e o pigmento

O fornecedor da resina aglomerante explicou que este tipo de produto reagia quimicamente na presença de qualquer composto que contivesse água na sua composição. De salientar que o composto do pigmento apresenta água na sua composição. Esta reação química é designada por espumação.

Na inviabilidade de abordar esta estratégia no novo protocolo, procedeu-se à mistura de pequenas quantidades de resina aglomerante com o pigmento, necessárias para fazer só uma mistura de cada vez. Assim, despejou-se imediatamente a resina aglomerante pigmentada no

granulado previamente pesado e colocado no interior da misturadora. Deste modo não houve tempo da reacção se desencadear.

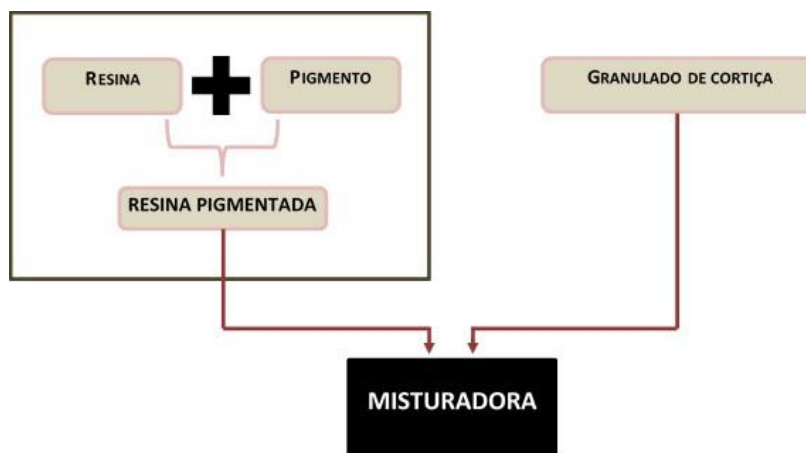


Figura 41 - Esquema representativo do processo da nova tipologia de mistura

Esta nova alteração ao protocolo da mistura do pigmento permitiu produzir lotes de grandes quantidades de peças da mesma cor, sem ocorrer qualquer erro ou rejeição de peças por não corresponderem às cores padronizadas.

### 6.2.2. Brilho

Ao longo da produção das peças, tendo já elaborado diversas peças para amostras para diversos *showrooms* em várias feiras comerciais internacionais e encomendas destinadas à exportação, o cliente pediu para conferir às peças um acabamento mais brilhante.

Numa primeira abordagem sobre o acabamento, pulverizou-se a superfície das peças depois de prensadas, com um determinado verniz acrílico com o recurso a uma pistola de pintura apropriada para o efeito. O resultado revelou-se satisfatório, mas a pulverização não era realizada de maneira constante sobre a peça. Na superfície desta, havia partes que se apresentavam mais brilhantes que outras.

Sendo assim, partiu-se para a ideia que a solução passaria por implementar um novo tipo de constituinte na fase de mistura do granulado com os restantes elementos.

Uma das opções existentes no mercado é a implementação de um composto de cera líquida na mistura dos constituintes, designado por *OLY*.

Após ter sido adquirida uma amostra do produto *OLY* para realizar uma experiência, apercebeu-se que este continha na sua composição uma elevada percentagem de água. Começou-se por juntar uma pequena percentagem, correspondente a 2,5% da mistura.

Logo, a ideia de misturar este composto directamente na resina aglomerante foi automaticamente anulada, pois iria desencadear outra reacção de espumação semelhante à descrita anteriormente.

Assim, e de modo a não correr o risco anterior, juntou-se essa percentagem de *OLY* na mistura do granulado de cortiça depois desta já estar aglomerada e pigmentada pelo processo anteriormente descrito. A Figura 42 esquematiza o processo desenvolvido nesta experiência.

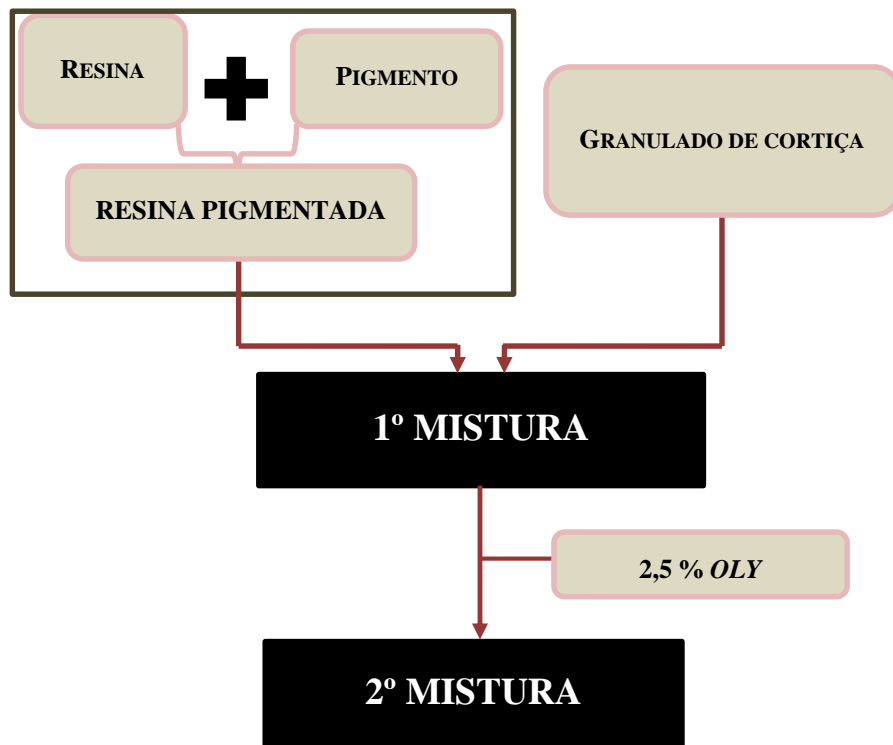


Figura 42 - Esquema representativo do novo processo de mistura com o *OLY*

A Figura 43 é referente a duas Peças B de cor castanha. Na Figura 43a) está apresentado uma peça que apresenta 2,5% de *OLY* na sua composição, enquanto que a peça da Figura 43b) não apresenta *OLY* na sua composição.

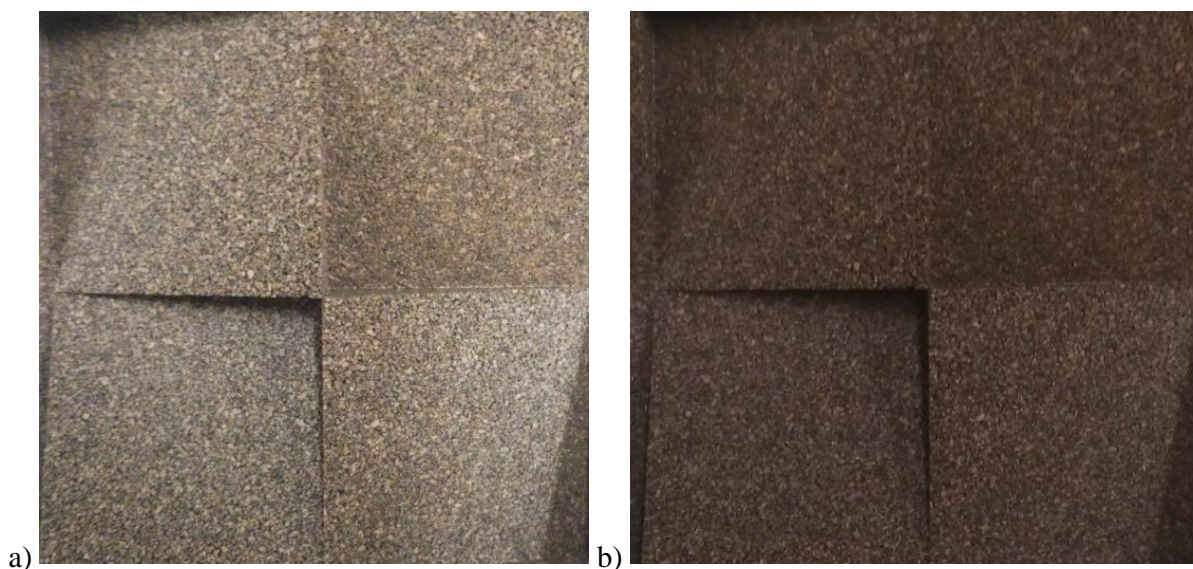


Figura 43 - Peças B a) com OLY b) sem OLY

Depois da aprovação do cliente começou-se a produzir todas as peças de cortiça com esta percentagem na sua composição e resolveu-se o problema da falta de brilho na sua superfície.

### **6.3. Reajuste/alteração dos parâmetros da prensagem da cortiça**

#### **6.3.1. Alteração da temperatura de serviço dos moldes**

Uma das experiências realizadas com o decorrer da produção das peças de cortiça foi a otimização da temperatura dos moldes. Como referido no subcapítulo 4.3.2.3., a temperatura acelera o processo de cura das peças no momento em que são conformadas fisicamente pela prensagem.

Tendo em conta a política interna de promover uma empresa ecológica, a redução da temperatura de serviço dos moldes iria trazer uma melhor eficiência do consumo elétrico por parte da produção. Assim, mantendo o mesmo tempo de prensagem, estipulado em 5 minutos, fez-se decrescer a temperatura até as peças possuírem uma rigidez suficiente de modo a serem destacadas do molde sem se partirem.

De modo a não comprometer a produção, este teste foi realizado no horário pós-laboral da produção da empresa.

Começou por se baixar a temperatura inicial de 160°C para os 155°C, e sempre que as peças apresentassem uma boa rigidez no momento em que eram destacadas, decrescia-se a temperatura do molde em 5°C.

A experiência foi realizada para todas as geometrias das peças. Todas obtiveram resultados idênticos para as mesmas temperaturas.

A Tabela 7 resume os resultados obtido nesta experiência.

Temperatura do molde (°C)	Cura da peça/rigidez da peça ao destacar
155	✓
150	✓
145	✓
140	✓
135	✓
130	Maleável
125	Frágil/quebra da peça

Tabela 7 - Resultados obtidos referentes à variação da temperatura do molde

Por uma questão de segurança e maior certeza na alteração, estipulou-se que a temperatura de serviço dos moldes para as peças de cortiça seria de 140°C e não de 135°C.

### 6.3.2. Alteração dos tempos de Prensagem

O ciclo de prensagem estava estipulado em 5 minutos para todas geometrias. De modo a aumentar a produção, diminui-se o tempo de prensagem.

#### 6.3.2.1. Peças A, B, C e D

Nestas peças (ver Figura 10), visto que as espessuras entre elas são idênticas (25mm), pôde-se estipular que iriam apresentar o mesmo comportamento face à redução de tempo de prensagem.

De modo semelhante ao processo usado para fazer diminuir a temperatura de serviço do molde, estipulou-se um decréscimo de 10 segundos no tempo de prensagem, sempre que a peça apresentasse uma rigidez suficiente para se destacar do molde sem se danificar.

O processo foi repetido nas peças A, B, C e D de modo a comprovar que todas estas apresentavam comportamento idêntico entre si.

Na Tabela 8 estão representados os resultados do decréscimo de tempo de prensagem.

Tempo de prensagem	Cura da peça/rigidez da peça ao destacar (Peças A, B, C e D)
4'50''	✓
4'40''	✓
4'30''	✓
4'20''	✓
4'10''	✓
4'	✓
3'50''	✓
3'40''	Maleável
3'30''	Frágil/quebra da peça

Tabela 8 - Resultados referentes às Peças A, B, C e D na variação do tempo de prensagem

A partir destes resultados, permitiu-se protocolizar o tempo de prensagem para as Peças A, B, C e D em 4 minutos. De ponto de vista produtivo, esta nova mudança permitiu aumentar em um 1/5 a produção diária destas peças.

### 6.3.2.2. Peças E

A Peça E (ver Figura 10e) tem uma espessura e formato bastante díspar dos restantes tipos de peças produzidas. A espessura máxima é de 42mm e teoricamente esta peça precisa de mais tempo de prensagem do que os 4 minutos, de modo a ficar mais curada

Voltando a implementar o método abordado anteriormente, estipulou-se a necessidade de um tempo de 4 minutos e 30 segundos para que esta peça seja produzida. Importa salientar que, nesta experiência, nenhuma peça se partiu, mas devido à sua espessura a peça enfolou na parte traseira, pois não houve tempo suficiente de cura para conferir o formato desejado.

A Tabela 9 apresenta os resultados da experiência.

Tempo de prensagem	Cura da peça/rigidez da peça ao destacar (Peça E)
4'50''	✓
4'40''	✓
4'30''	✓
4'20''	Maleável
4'10''	Fole na parte de trás

Tabela 9 - Resultados obtido das Peças E na variação do tempo de prensagem

#### 6.4. Nova solução para remoção das peças do molde

Como referido anteriormente, era usada uma ventosa de uso doméstico para remover as peças do interior do molde. Esta técnica funcionava bem para remover as peças A, D e E, (ver Figura 10a), 10d) e 10e) pois são peças que na sua geometria não apresentam nenhuma superfície que exerça compressão sob a matriz no momento em que são retiradas.

A ventosa apresentava pouca eficiência na remoção das peças B e C (ver Figura 10b) e 10c), e acabava frequentemente por danificar as peças. Geometricamente, a peça B tem 4 superfícies que exercem compressão sob a matriz enquanto a peça D possui 20 superfícies. A solução explorada para resolver o problema, passava por adquirir uma bomba de vácuo acoplada a uma ventosa de forma quadrada, de modo a exercer uma depressão constante em toda a superfície da parte traseira das peças ao longo da remoção do interior do molde.

Como o orçamento não permitiria adquirir uma bomba de vácuo nem a ventosa quadrada, adaptou-se um simples aspirador de uso doméstico a quatro pequenas ventosas estrategicamente posicionadas numa estrutura em alumínio, de modo a conseguir remover as peças sem risco de as danificar.



Figura 44 - Aspirador adaptado para remover as peças do molde

O comando de acionamento era feito através de um interruptor de mola situado na pega das ventosas e o operador só acionava o aspirador no momento em que as ventosas estivessem sobre a peça. Para tal foi necessário desligar o antigo interruptor e ligar um outro com efeito de mola para a posição *off*. Deste modo, bastava ao operador tirar o dedo do botão, o aspirador desligava-se e a peça era facilmente removida das ventosas.



Figura 45 - Estrutura de fixação das ventosas e interruptor

As ventosas utilizadas tinham pequenas nervuras no seu interior. Esta característica permitia que o destacamento das peças, no momento em que o aspirador era desligado, fosse efetuado de modo rápido e seguro por parte do operador, pois limitava a superfícies de sucção das ventosas sobre as peças.

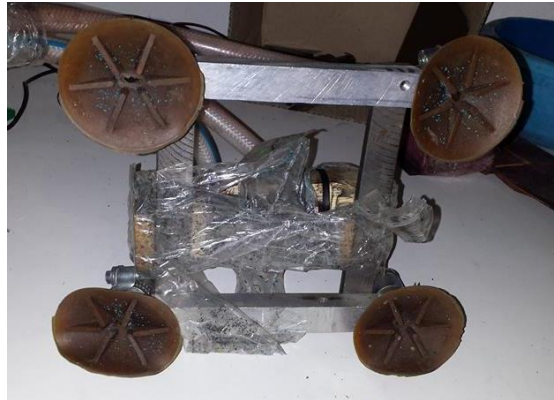


Figura 46 - Ventosas usadas na remoção das peças do molde

## 7. Nova geometria e peso das peças

### 7.1. Introdução

Neste capítulo são abordadas as alterações feitas nas geometrias das peças e também o reajuste dos pesos.

Com o decorrer da produção, o cliente referiu que as peças B e C (ver Figura 10b) e 10 c) apresentavam alguma fragilidade nos cantos e arestas e que muitas delas chegavam ao consumidor final já com estes cantos partidos. De modo a anular este defeito, procedeu-se ao estudo de melhorias geométricas a implementar nas peças.

Perante este problema, foi reajustado o peso de cada um dos cinco modelos, de modo a obter uma densidade equivalente entre eles.

### 7.2. Alteração da Peça B

A peça B apresenta 8 cantos que, fisicamente, são pontos de maior fragilidade (Figura 47).

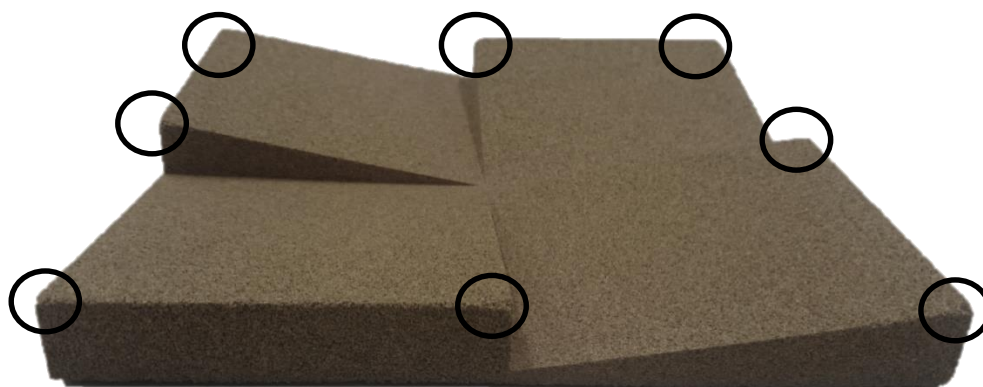


Figura 47 - Pontos frágeis da Peça B

Isto deve-se ao facto da peça apresentar nestas zonas uma variação de espessura de 20 mm.

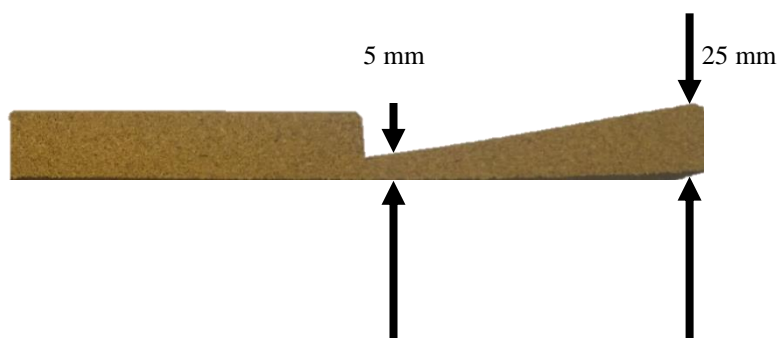


Figura 48 - Variação de espessura da Peça B

A técnica de conformação das peças – prensagem de cortiça – não permite uma homogeneidade de densidade em todo o volume das peças. Isto justifica o facto dos cantos de maior espessura apresentarem uma grande fragilidade, pois são menos densos que as zonas de menor espessura.

Outro fator que fundamenta esta fragilidade física resulta da peça apresentar arestas vivas em toda a sua superfície. Em termos teóricos, sabendo que a peça é constituída por pequenos grãos de cortiça, tendo estas arestas vivas, sabe-se que, no infinito, nestas zonas os grãos estão colados uns aos outros por pequenas áreas infinitésimas. Deste modo é bastante fácil ocorrer “esfarelamento” das arestas da peça.

Desde modo modelou-se em Solidworks uma peça em que os cantos apresentam um filete de raio 2mm e uma espessura menor de 10mm, fazendo que a diferença entre a espessura máxima fosse de 15mm.

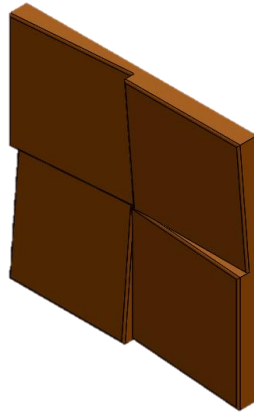


Figura 49 - Proposta da melhoria da Peça B

Assim foi necessário maquirar um outro tipo de matriz, que conferisse à peça B estas alterações físicas. A Figura 50 apresenta essa nova matriz.

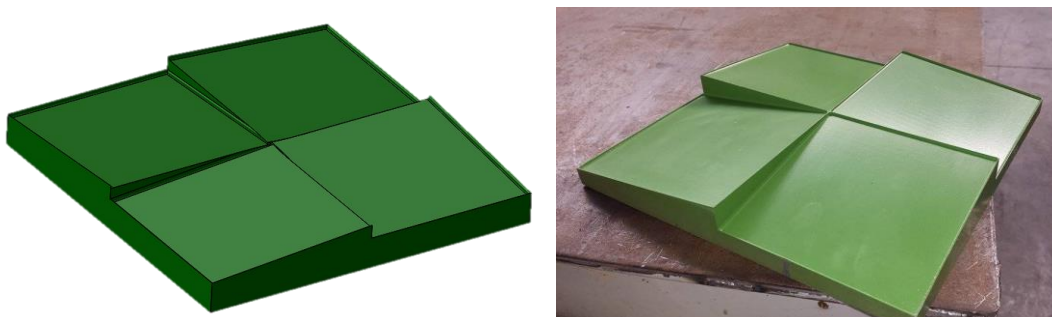


Figura 50 - Nova matriz da Peça B

Procedeu-se então à produção de peças para submeter à aprovação do cliente. A a Figura 51 ilustra uma das peças feitas com o novo tipo de geometria alterada.



Figura 51 - Nova Peça B com as alterações geométricas

As alterações feitas à peça foram de agrado ao cliente e desde a sua aprovação, não ocorreu nenhuma queixa do consumidor final.

### 7.3. Alteração da Peça C

Semelhante ao caso descrito anteriormente, a Peça C apresentava os mesmos problemas estruturais nos pontos equivalentes aos da Peça B. Partindo da mesma solução utilizada na Peça B, estipulou-se um conjunto de alterações físicas de modo a anular os pontos débeis.

A geometria da Peça C apresenta 25 pontos de extrema fragilidade. Parte desses pontos estão assinalados na Figura 52.



Figura 52 - Pontos frágeis da Peça C

De seguida, com o recurso ao Solidworks, modelou-se uma peça que apresentasse um filete de 1,5mm em todas as suas arestas.

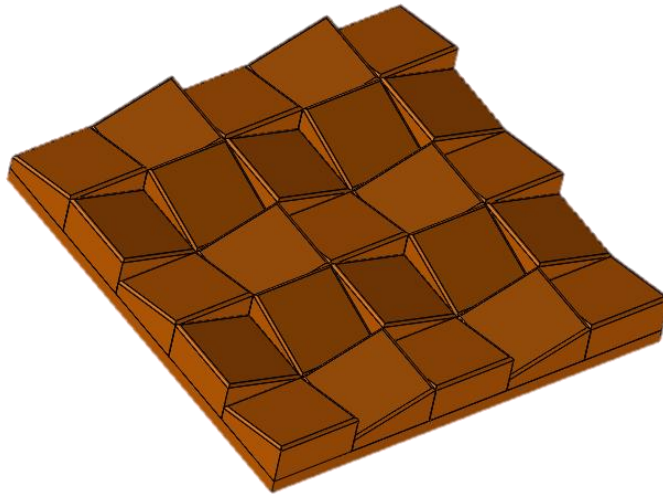


Figura 53 - Proposta da melhoria da Peça C

Nesta alteração não se reduziu a variação de espessura entre a parte mais alta e baixa da peça. Caso esta alteração fosse implementada na proposta de melhoria, a peça acabaria por perder o efeito tridimensional e o aspeto de profundidade que lhe é característico.

Assim, procedeu-se à conceção de uma matriz de modo a produzir as novas peças para posterior aprovação do cliente. Como não houve um reajuste da diferença de espessura da peça C, a conceção desta matriz partiu da fresagem dos pequenos elementos que constituem a matriz (descrita no subcapítulo 4.4.3) de modo a conferir os cantos redondos. Para tal, teve-se que desmontar todos os 200 elementos que constituem as 8 matrizes.

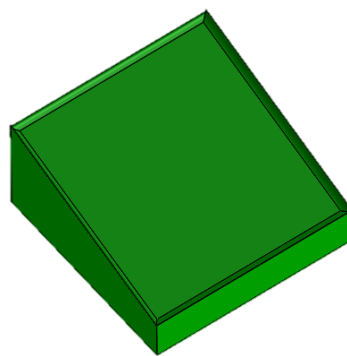


Figura 54 - Elemento da nova matriz da peça C

A Figura 55 apresenta a matriz da Peça C com os elementos maquinados e montados.

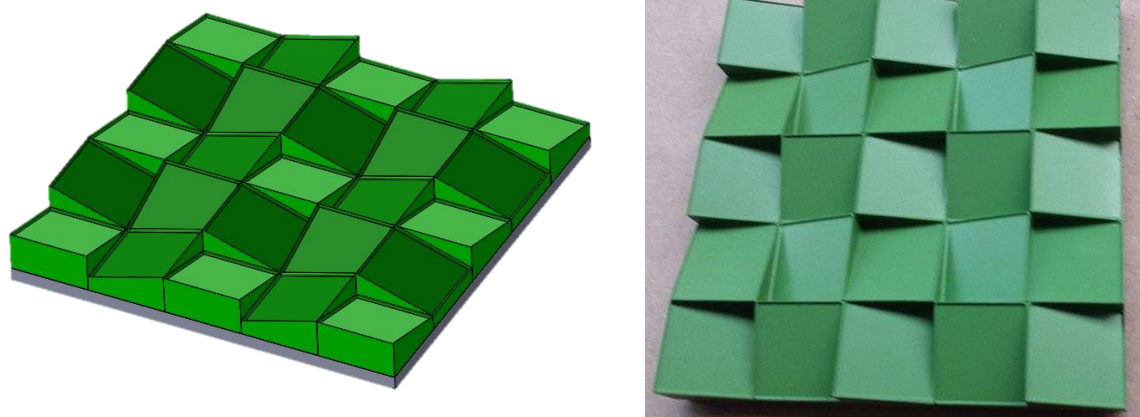


Figura 55 - Nova matriz da Peça C

De seguida colocaram-se as matrizes no molde e procedeu-se à produção da nova geometria da peça C com os cantos arredondados.



Figura 56 - Nova Peça C com as alterações implementadas

O cliente aprovou a nova geometria da peça C, ficando bastante agradado com a solução apresentada.

Após a implementação da alteração, não houve registo de quaisquer reclamações por parte dos consumidores finais.

#### 7.4. Reajuste dos pesos das peças

A melhoria da qualidade dos produtos acabou por se tornar numa característica base na produção.

Como não foram encontrados documentos que fizessem referência à relação de prensagem a usar para os produtos com base em granulado de cortiça utilizou-se a relação usada na produção de produtos em granulado de borracha, 2 para 1, ou seja, todos os produtos eram prensados para metade do seu volume antes de conformados.

A Tabela 10 apresenta a densidades das peças produzidas.

Peças de 190g	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
A	666,68	0,29
B	906,24	0,21
C	750,0	0,25
D	587,12	0,32
E	654,45	0,3

Tabela 10 - Densidade das peças de cortiça

Numa das conversas com o cliente, foi-lhe questionado qual a densidade usada em outros tipos de produtos de granulado de cortiça. Este referiu por experiência própria e conhecimento, que a densidade usada na conceção de produtos semelhante era de 0,26 a 0,27 g/cm<sup>3</sup>.

Partindo desta base, foi recalculado o valor do peso das peças de forma a cumprir com a densidade de 0,27 g/cm<sup>3</sup> referida pelo cliente. A Tabela 11 refere esses valores.

Peças	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Peso reajustado (g)
A	666,68	0,27	180
B	906,24	0,27	245
C	750,0	0,27	200
D	587,12	0,27	160
E	654,45	0,27	175

Tabela 11 - Peso reajustado das peças de cortiça

Procedeu-se posteriormente à produção de amostras de cada tipo de geometria de peça.

Após a realização das prensagens das Peças com o peso reajustado a uma densidade comum a todas elas, a direção da empresa aprovou as alterações às Peça A, C, D, E e excluiu a Peça B. O reajusto do peso da Peça B, iria transpor o custo ao produto, superior ao estipulado inicialmente no acordo celebrado com o cliente. Deste modo a direção acordou em transpor o peso da peça B para os 200g.

Resumidamente, os pesos reajustados foram:

Peças	Peso final (g)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
A	180	0,27
B	200	0,23
C	200	0,27
D	160	0,27
E	175	0,27

Tabela 12 - Pesos finais reajustados



## 8. Propostas de melhorias

### 8.1. Introdução

Ao longo da produção das peças de cortiça, teve-se em consideração diversos aspetos físicos que se podiam alterar. Estas mudanças iriam conferir um melhor acabamento e redução de material base, necessário à sua conformação, pois a ideia partia em conferir uma espessura constante e igual em toda a superfície das peças. Recorrendo ao Solidworks, modelou-se tridimensionalmente as geometrias das peças com as referidas alterações, e também as alterações necessárias a efetuar aos moldes.

### 8.2. Proposta para a Peça B

Como referido anteriormente no subcapítulo 7.2., alterou-se a geometria desta peça, arredondando as arestas e cantos. As alterações permitiram uma melhoria significativa na peça, mas o problema de diferença de densidades entre zonas de maior espessura e zonas mais estreitas das peças continuava a existir.

De modo a criar uma peça com igual densidade em todo o seu volume foi desenhado em Solidworks a seguinte proposta apresentada na Figura 57.

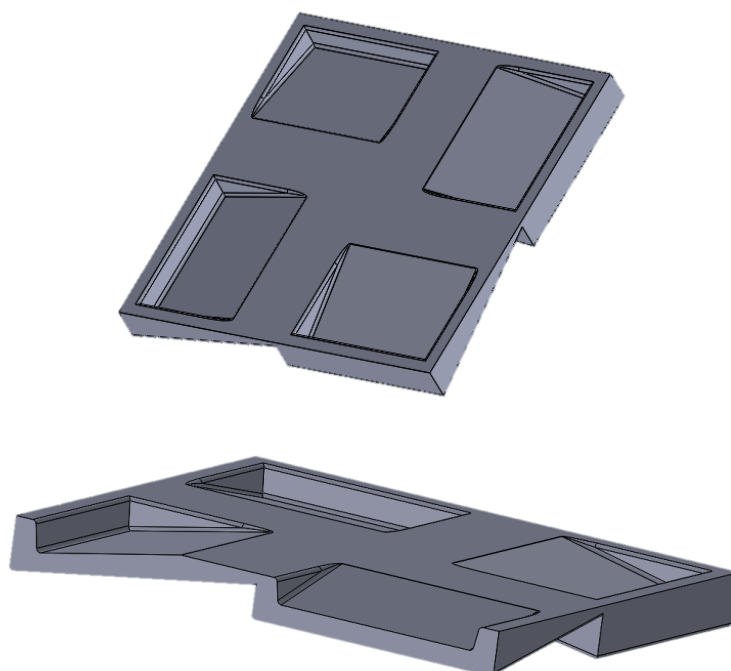


Figura 57 - Proposta para a Peça B a) parte traseira, b) perfil de secção cortada

Esta proposta resolveria o problema das diferenças de densidade da peça, visto que lhe é conferido uma espessura constante. Com esta alteração, o volume da peça desceu dos 906,24cm<sup>3</sup> para os 712,32cm<sup>3</sup>.

Reajustando o peso final de modo a conferir a densidade desejada de 0,27 g/cm<sup>3</sup>, esta peça ficaria com aproximadamente 195g.

Alteração da Peça	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Peso final (g)
B	712.32	0,27	195

Tabela 13- Volume, densidade e peso da proposta da Peça B

Para conferir este formato geométrico à peça, foi necessário dimensionar um novo cunho reentrante que permitisse conferir esta forma geométrica na parte traseira das peças.

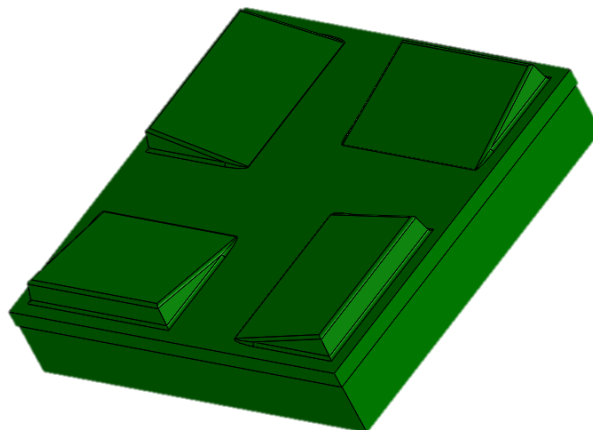


Figura 58 - Alteração do cunho reentrante da Peça B

### 8.3. Proposta para a Peça D

Das cinco geometrias produzidas esta é a peça que apresenta maior espessura.

Na Figura 59 é possível observar um corte realizado na secção mais espessa da peça.



Figura 59 - Corte transversal da Peça D

Partindo da ideia de conferir uma espessura constante, modelou-se virtualmente uma peça que apresentasse a mesma área de superfície externa, mas cavada no seu interior de modo a conferir uma espessura constante de 6 mm. A área de superfície plana da parte traseira da peça seria suficiente para se fazer colar a peça a qualquer superfície.

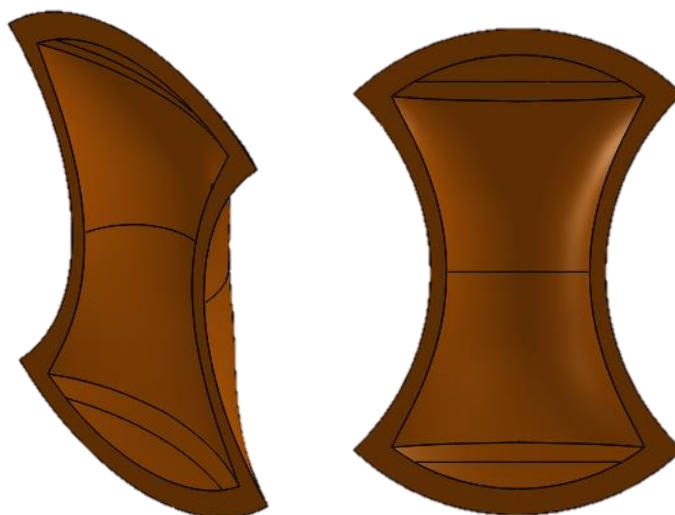


Figura 60 - Proposta para a Peça D

Esta proposta permitia reduzir significativamente o volume da peça e conseqüentemente o granulado necessário para a produzir. A peça modelada virtualmente tem um volume de 247,13 cm<sup>3</sup>. Desde modo, respeitando a densidade de 0,27g/cm<sup>3</sup>, esta ficaria com um peso de cerca de 70g.

Alteração da Peça	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Peso final (g)
D	247,13	0,27	Aproximado de 70

Tabela 14 - Volume, densidade e peso da proposta da Peça D

De modo a poder conferir esta forma à peça, o cunho reentrante teria que apresentar na geometria, o elemento positivo à superfície cavada na peça.

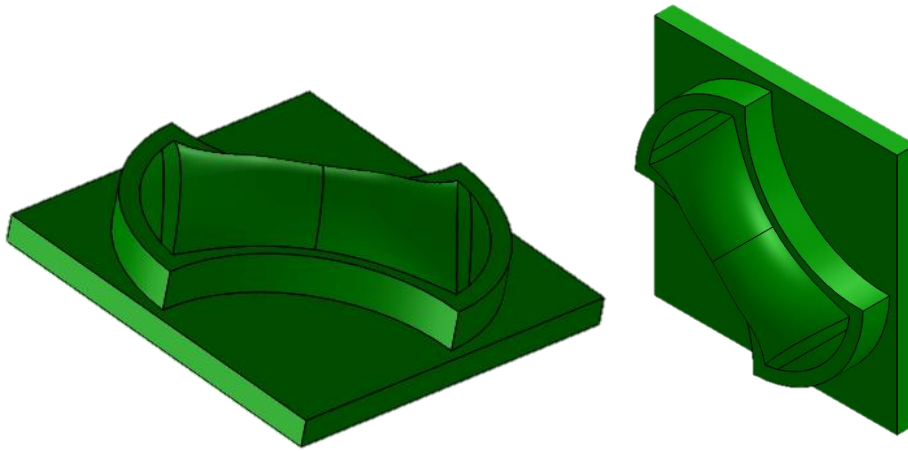


Figura 61- Alteração do cunho reentrante da Peça B

#### 8.4. Proposta para a Peça E

A peça E apresentada na Figura 62 possui zonas de menor espessura que lhe transmitem alguma fragilidade. Há um risco de esta se partir quando o operador lhe pegar por uma extremidade.

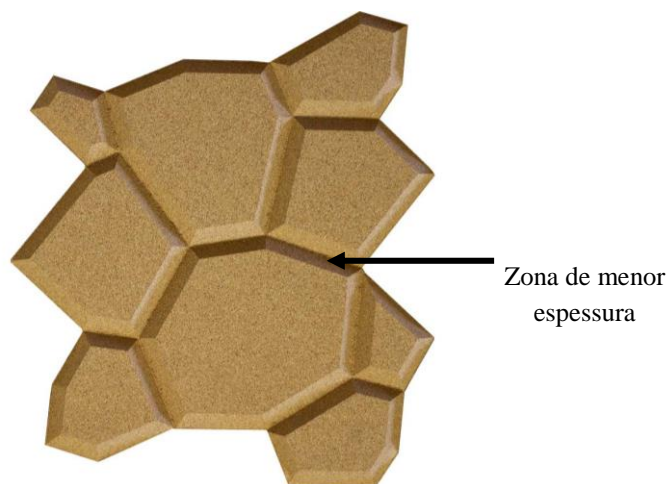


Figura 62 - Zonas frágeis da Peça E

Apesar de não ter sido recebida nenhuma reclamação por parte do cliente, havia registos de perdas significativas neste tipo de peça.

A Figura 63 ilustra a matriz que confere a geometria à peça E. De notar que a zona na matriz que confere à peça a sensação de relevo e profundidade, termina numa aresta viva, sem qualquer chanfro ou filete.

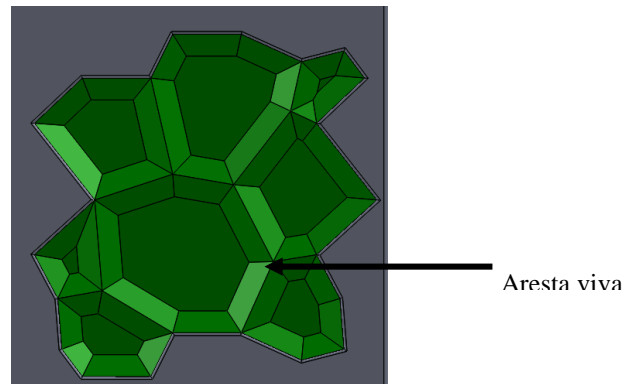


Figura 63 - Matriz da Peça E

A solução desenvolvida passava por conferir um filete nestas zonas da matriz, de modo a que a peça não apresentasse uma zona tão deformada fisicamente, mas sim uma zona arredondada. A Figura 64 apresenta o molde modelado virtualmente com as arestas arredondadas (indicada a vermelho).

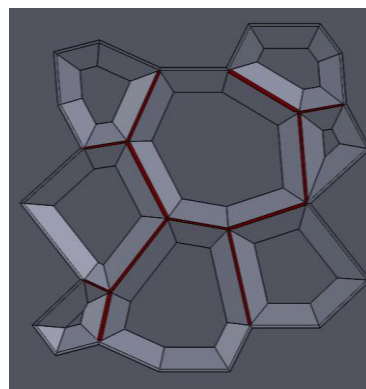


Figura 64 - Matriz com as arestas arredondadas

De ponto de vista teórico, esta solução iria diminuir a fragilidade da peça, pois resultava uma menor concentração de tensões, visto que anulava o efeito da aresta viva presente na geometria da peça.

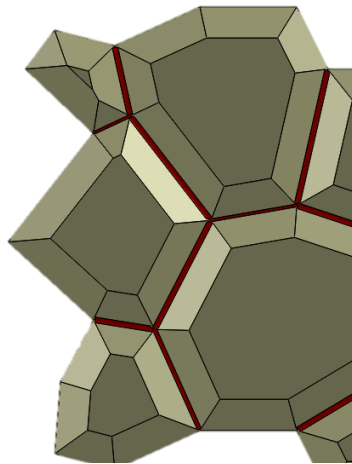


Figura 65 - Proposta para a Peça D

### 8.5. Proposta da nova caixa de embalagem

A caixa usada para embalar as peças, leva no seu interior 16 peças de cada formato e tem de dimensões 490x25,5x25,5mm. A exportação é realizada em europaletes (1200x800mm) com uma altura máxima de 2 metros, ou seja, cada europaleta leva 49 caixas num total 784 peças.



Figura 66 - Paletização das caixas

A dimensão desta caixa era demasiado grande para as peças, visto ser necessário completar os espaços vazios com material de enchimento.

De modo a otimizar a quantidade de caixas por paleta e de as tornar mais pequenas para albergar as peças sem recorrer a material de enchimento, redimensionou-se a caixa, para 400x25x25mm.

Deste modo, é possível cumprir com a altura máxima estipulada de 2 metros e conseguir albergar 63 caixas num total de 1008 peças por europaleta.

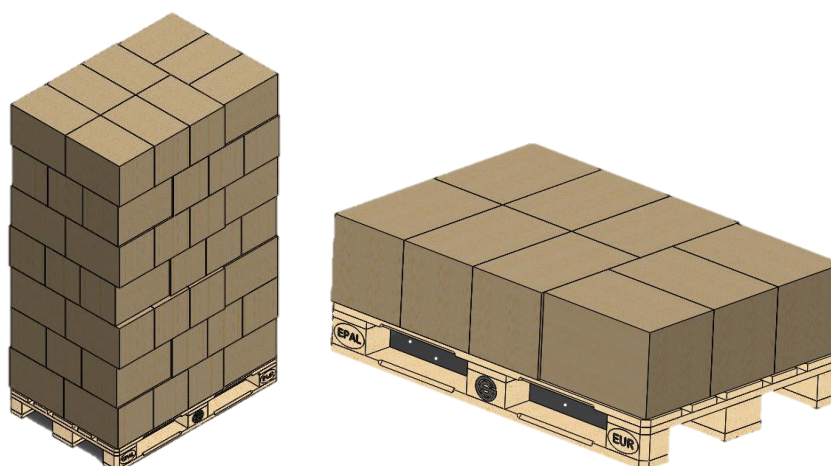


Figura 67 - Paletização com o novo tipo de caixas

### 8.6. Ensaio laboratorial de teste de dureza das peças

Com vista a implementar um protocolo de controlo de qualidade mais rigoroso e viável para se proceder ao controlo das peças produzidas, seria necessário, ter conhecimento de valores das durezas que as peças apresentam. Assim, seria possível estipular um valor de mínimo de dureza para cada tipo de peça, mais propriamente nas zonas mais frágeis de cada geometria (ver capítulo 7).

Sabendo qual o valor de dureza de cada peça, seria possível criar uma bancada de ensaios na zona de produção, permitindo ao operador fazer avaliações às peças com incrementos fixos de números de prensagens, por exemplo de 10 em 10.

Como este tipo de produtos e técnica de produção é relativamente recente no sector industrial, não existem normas e/ou valores base que permitam fundamentar um valor mínimo de dureza associado as peças produzidas na empresa.

Deste modo e com a acessibilidade ao laboratório de ensaios mecânicos do Departamento de Engenharia Mecânica, tentou-se ensaiar a dureza de vários tipos de geometria das peças de cortiça.

A peça selecionada para ser testada foi a Peça B, pois foi a peça que mais problemas e reclamações apresentou.

Começou-se por definir o tipo de indentador a usar no teste. Montou-se um indentador de ponta esférica de diâmetro 2,5mm usado em ensaios de dureza Brinell.



Figura 68 - Indentadores de ensaios de dureza

O ensaio de dureza Brinell é um método de medição da dureza, utilizado principalmente nos materiais metálicos. O número Brinell de dureza (HB) é função da carga aplicada e do diâmetro da impressão resultante e pode ser obtido através da seguinte relação:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1)$$

Em que:

- D é o diâmetro do indentador usado, neste caso de 2,5mm;
- P é o valor carga aplicada em N;
- D é o diâmetro da impressão na superfície da peça ensaiada.

De seguida colocou-se a peça no prato de testes da máquina e definiu-se o contraste de leitura ótico da lente da máquina.

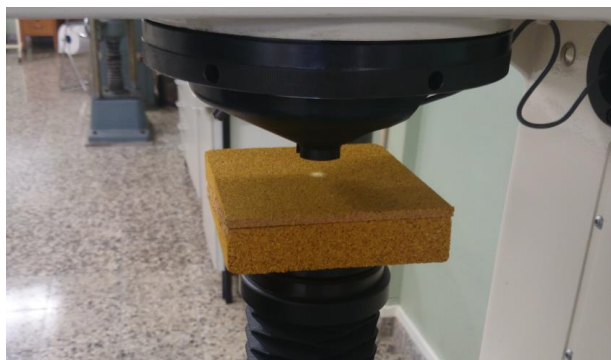


Figura 69 - Ajuste da leitura ótica da máquina de dureza

Programou-se a máquina de testes para realizar um teste que implementasse uma carga de 61,3N (WBH 2,5/6,13).

O resultado revelou-se inconclusivo. O teste não apresentou quaisquer valores referentes à dureza da peça. O indentedor penetrou na superfície da peça sem ter atingido a carga previamente programada.

Isto demonstra que o método de ensaio abordado não é o mais correto para este tipo de material.

Numa outra tentativa, experimentou-se usar a técnica de ensaio de *ball indentation*. Este ensaio baseia-se na profundidade de penetração de um indentedor de superfície esférica na peça a ensaiar.

Procedeu-se à colocação de um indentedor de ponta esférica de raio de 5mm e programou-se a máquina para efetuar um ensaio com uma carga de 132,9N.



Figura 70 - Programação da máquina - Ball Indentation

Uma vez mais o teste revelou-se inconclusivo. Novamente o indentedor penetrou na superfície da peça sem ter atingido a carga previamente programada.

Teoricamente o teste apropriado a desenvolver neste tipo de material será o ensaio de dureza Shore. Este método consiste em medir a profundidade da impressão deixada no material com a aplicação da carga previamente definida. Este teste é amplamente usado na medição da dureza de polímeros, o-rings e borrachas.

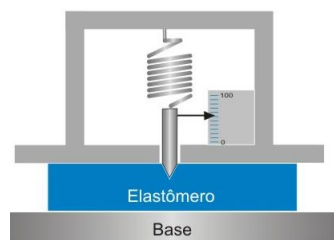


Figura 71 - Ensaio Shore

### 8.7. Automatização do conjunto prensa e molde

Um dos meios possíveis e viáveis de aumentar a produtividade da empresa neste tipo de produtos seria a implementação de uma linha automatizada de produção com a menor interação humana possível. Deste modo, o operador só teria que executar as pesagens de cada peça, colocar o granulado dentro do molde e retirar as peças após a prensagem.

O processo de fabrico das peças apresenta uma grande interação humana por parte dos operários.

Durante a produção das peças, é sempre necessário um operador encarregue da misturadora, para executar a mistura dos constituintes no granulado de cortiça e um operador responsável pela prensagem das peças por cada molde. Este também executa as pesagens da mistura do granulado de cortiça por peça. Existe ainda um elemento do grupo de operadores, que é o responsável pelo empacotamento e controlo de qualidade das peças. Sempre necessário este operador acaba por ajudar os restantes colegas nas suas tarefas.

Como a empresa tem quatro funcionários só é possível produzir diariamente com dois moldes.

A Figura 72 ilustra a sequência de prensagem das peças por molde:

- a) carregamento do molde inferior com o granulado;
- b) molde inferior posicionado de modo a executar o fecho da prensa;
- c) prensagem da cortiça;
- d) abertura da prensa;

- e) extração das peças e carregamento do molde inferior.

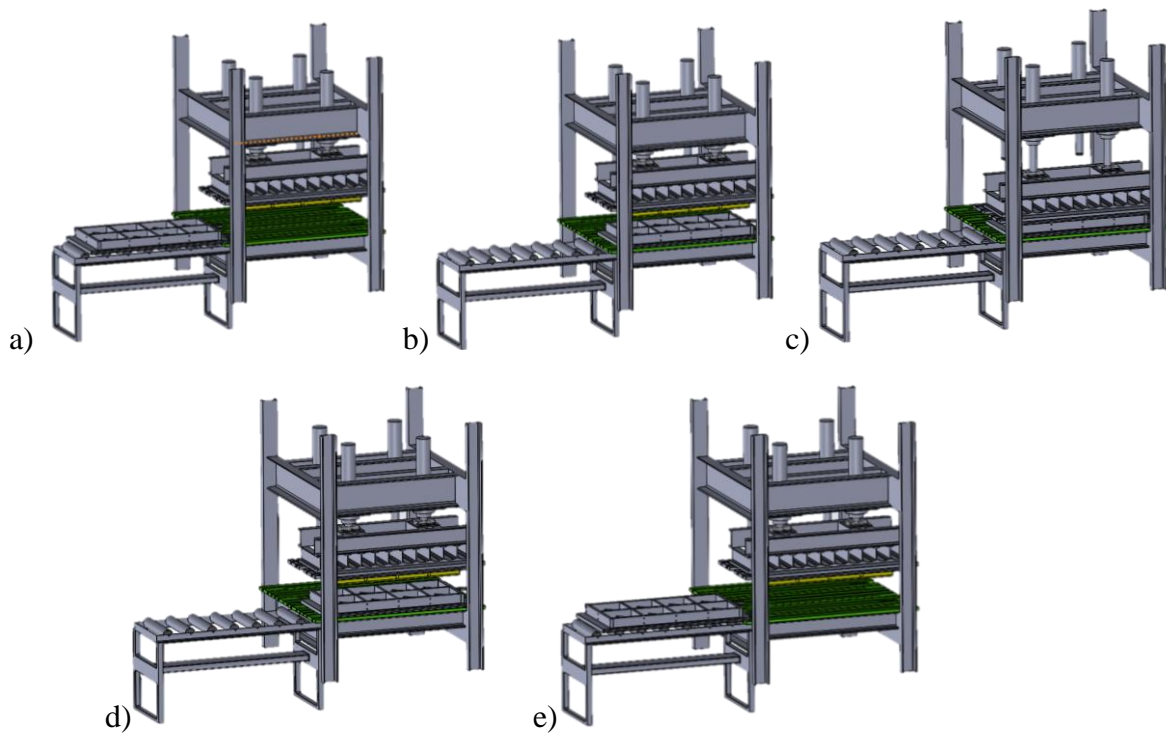


Figura 72- Sequência de prensagem

Em termos produtivos, no momento em que se remove as peças e se efetua um novo carregamento, não é possível fazer nenhuma prensagem. Esta é uma operação inteiramente manual que dura sensivelmente entre 2 a 3 minutos. Logo, este é um tempo que pode ser otimizado por cada ciclo de prensagem.

Nesta proposta é necessário adquirir um molde universal inferior, acoplado ao outro molde já existente. Assim é possível executar uma prensagem, enquanto o operador extrai as peças e faz o carregamento da próxima prensagem.

A Figura 73 esquematiza esse processo:

- a) extração e carregamento do molde amarelo, enquanto o molde vermelho prensa;
- b) abertura da prensa;
- c) avanço dos moldes;
- d) extração e carregamento do molde vermelho, enquanto o molde amarelo prensa.

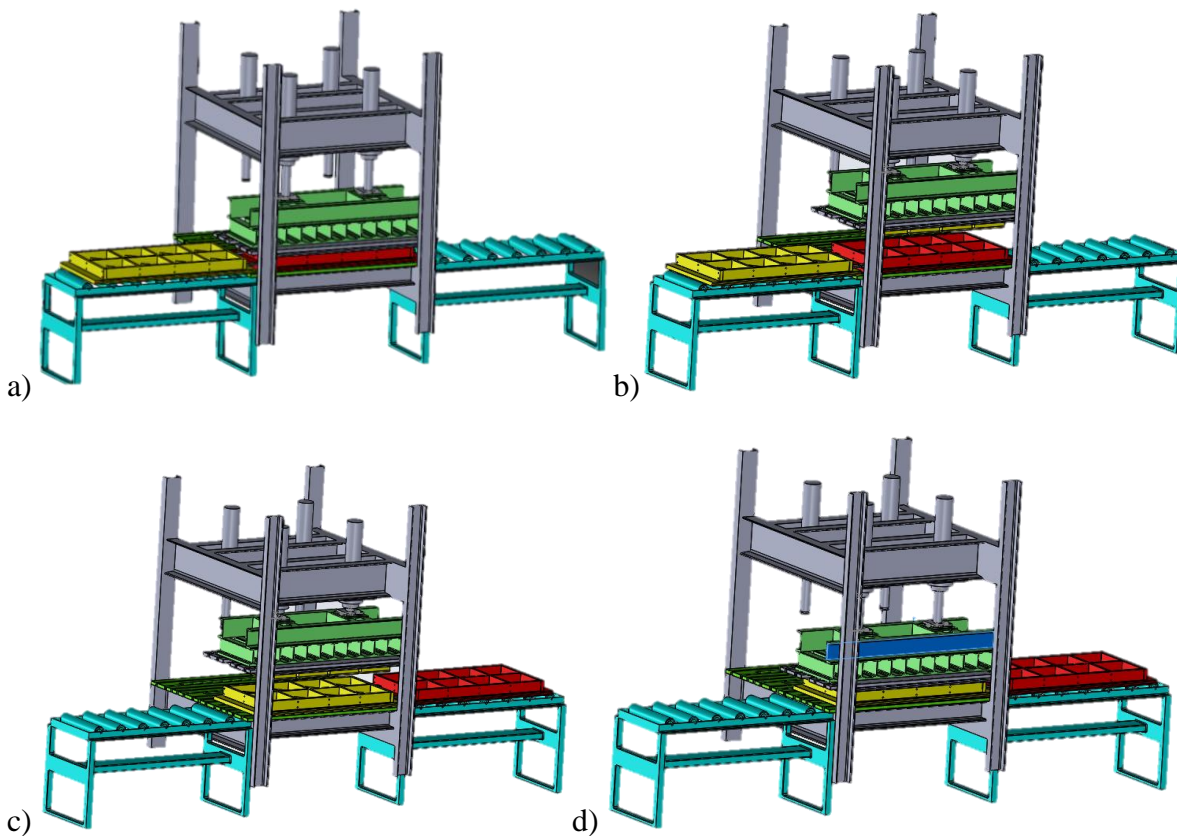


Figura 73 - Sequência de prensagem com o segundo molde inferior

De modo a fazer o avanço e recuo do molde para as suas posições, procedeu-se ao dimensionamento de um atuador pneumático linear. A escolha recaiu neste tipo de atuador, pois a empresa dispõe de uma rede de ar comprimido.

O conjunto formado pelos dois moldes inferiores pesa um total de 270 kg e desloca-se ao longo de 1300mm. Logo, o actuador teria de ter capacidade de mover os moldes ao longo desta distância.

Como o espaço útil disponível na prensa é bastante limitado, o actuador -seleccionado teria de ser um que não possuísse haste.

Desde modo, recorreu-se à ferramenta de dimensionamento de atuadores lineares pneumáticos disponível página *web* da FESTO e introduziu-se as seguintes características fundamentais necessárias para o dimensionamento deste tipo de atuador::

- Pressão de serviço: 6bar;
- Curso: 1300mm;
- Carga a mover: 270 kg;
- Sem haste.



Assim, foi seleccionado o atuador linear sem haste DGC-K-80, apresentado na Figura 76.



Figura 76- Atuador linear sem haste DGC-K-80

O único espaço físico existente de modo a acoplar o atuador e este ficar centrado com o eixo de translação dos moldes é na parte debaixo da prensa.

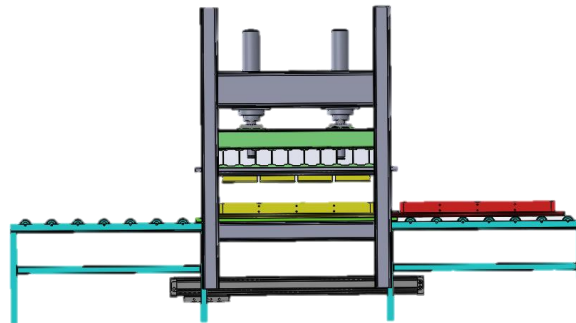


Figura 77 - Posição do atuador na prensa

### 9.8. Outras propostas de melhorias

As peças de cortiças produzidas apresentam uma boa qualidade estrutural. Mas a evolução dos parâmetros qualitativos será sempre contínua. Desde modo, pesquisou-se acerca de algum tipo de produto existente no mercado que conferisse alguma plasticidade à peça. No entanto não se chegou a realizar nenhuma etapa experimental, pois o produto em causa não chegou a ser adquirido.

No final do estágio na empresa, estava a ser efetuado um estudo acerca da existência de algum tipo de produto que conferisse às peças características de extinção de combustão.

Esta característica pode ser bem implementada nas peças e posteriormente poderá ser alvo de estudo e de ensaios laboratoriais segundo a norma EN 13501-1 que classifica a reação ao fogo dos materiais.

## 9. Conclusão

Este estágio inserido na empresa permitiu aplicar grande parte do conhecimento adquirido ao longo do mestrado em situações práticas e reais nomeadamente na conceção, desenvolvimento e otimização de produtos.

O desenvolvimento e a interação com este tipo de produtos, e a forma como foram solucionados todos os problemas associados, foi de imenso enriquecimento pessoal e profissional, pois muitos dos problemas eram resolvidos com acesso a poucos recursos físicos e sempre em alto clima de pressão.

O estagiário desempenhou função como responsável de produção e chefia do corpo de operadores, sendo o responsável máximo por todos os processos fabris e implementação de novas técnicas produtivas, alterações às peças, planeamento produtivo e controlo diário de produção.

Foi possível desenvolver projetos em paralelo às peças de cortiça, tais como a criação de planos produtivos para as peças de granulado de borracha, elaboração de protótipos de máquinas para ginásio urbanos e salas de musculação.

O estágio permitiu realizar inúmeras reuniões com diversos clientes, promoveu o contacto com fornecedores e outras empresas.

.

## 10. Bibliografia

Gil L. (s.d.), *A Cortiça como Material de Construção – Manual Técnico*, Ed APCOR- Associação Portuguesa de Cortiça, Santa Maria de Lamas, Portugal

Gil L. (1998), *Cortiça-Produção Tecnologia e Aplicação*, Ed INETI, Lisboa

Gil L. (1987), *Cortiça - Tecnologia de processamento e constituição química*, Monografia Curso Mestrado Química Orgânica Tecnológica, UNL/LNETI, Ed. DTIQ, N° 3, Lisboa.

Oliveira M.A., Oliveira L. (2000), *The cork*, Ed. Corticeira Amorim, Rio de Mouro

Prates, M.J.L. (1993), *Características e comportamento mecânico de aglomerados negros de cortiça*, Dissertação Curso Mestrado em Eng<sup>a</sup> Mecânica, IST, Lisboa

Fernandez L.V. (1974), *Estudio de la calidad de los aglomerados de corcho acusticos y vibraticos*, AITIM, Série C, N° 62, Madrid.

<http://www.apcor.pt>