



Universidade de Aveiro
2021

**André Marques
Rafeiro**

**Desenvolvimento de Moldes e Ferramentas para a
Cerâmica Utilitária**



Universidade de Aveiro
2021

**André Marques
Rafeiro**

Desenvolvimento de Moldes e Ferramentas para a Cerâmica Utilitária

Relatório de Estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizado sob orientação científica do Doutor Pedro Alexandre de Almeida do Vale Antunes, Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, e com a coorientação científica do Doutor Joaquim Alexandre Mendes de Pinho da Cruz, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

Ao meu avô António.

O júri / The jury

Presidente / President

Prof. Doutor Victor Fernando Santos Neto
Professor Auxiliar em Regime Laboral da Universidade de Aveiro

Vogais / Committee

Doutor Pedro Gonçalo Pereira Duarte
Investigador em Inovação e Fabrico Digital, Centro Tecnológico do Calçado de Portugal (arguente principal)

Prof. Doutor Pedro Alexandre de Almeida do Vale Antunes
Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro (orientador)

Agradecimentos / Acknowledgements

Porque um trabalho nunca é só realizado pelo autor, mas por todas aquelas pessoas que de certa forma permitem concretizá-lo, aqui agradeço a todos os que me ajudaram e incentivaram não só ao longo do período de estágio e de redação deste relatório, mas também ao longo de todo o meu percurso académico.

À minha família, nomeadamente aos meus pais, ao meu irmão e à minha avó, por todo o esforço e dedicação para que nada me faltasse, para que conseguisse progredir o meu futuro e alcançar os meus objetivos. A eles devo aquilo que sou hoje.

À Carolina, minha companheira de todos os momentos, por todo o apoio incondicional ao longo deste percurso e por toda a sua paciência.

Aos meus amigos, companheiros sempre presentes, pela amizade e pelas aventuras ao longo deste percurso.

Ao Professor Doutor Pedro Antunes, pela orientação deste trabalho e todo o apoio, disponibilidade e profissionalismo que demonstrou. Ao Professor Doutor Joaquim Alexandre Pinho da Cruz, pela coorientação e pela ajuda disponibilizada sempre que necessário.

À *Mesa Ceramics* e a todos os seus colaboradores, particularmente ao Eng.º Martinho Gonçalves e à Eng.ª Odete Cartaxo, por terem criado todas as condições para a realização do estágio e pela orientação e dedicação ao longo deste período. Um especial obrigado ao Sr. Jorge, modelador subcontratado pela empresa, e ao Eng.º Fonseca, da *Modesp*, que foram elementos fundamentais na aprendizagem dos conceitos essenciais para o desenvolvimento de projetos de alguns componentes cerâmicos.

A todos e a cada um deixo o mais sincero e grato abraço. Muito obrigado!

Palavras-chave

Cerâmica Utilitária; Grés; Madres; Moldes; Calibradores

Resumo

O presente trabalho tem como finalidade o projeto e desenvolvimento de madres, moldes, calibradores e outras ferramentas para cerâmica utilitária nas instalações da entidade de acolhimento, algo que até ao momento do estágio curricular era totalmente subcontratado ao exterior.

O projeto e desenvolvimento das madres, moldes e calibradores foi efetuado segundo dois métodos, um mais tradicional e outro mais tecnológico e automatizado, tendo-se conseguido observar as vantagens e desvantagens de cada um e produzir uma série de produtos desenhados e otimizados através dos múltiplos componentes projetados. Realizou-se também o projeto de inúmeras ferramentas para algumas fases do processo produtivo de produtos cerâmicos, que permitiram aumentar a produtividade da empresa, otimizar o processo produtivo da mesma e reduzir custos e desperdício de material. Os projetos realizados abrangeram várias áreas da engenharia e do *design* de produto, culminando num conjunto de componentes em tudo proveitosos para a entidade de acolhimento e na aquisição novos de conhecimentos e competências por parte do estudante acerca do mundo da cerâmica, tendo-se atingido todos os objetivos delineados inicialmente.

Keywords

Utilitarian Ceramics; Stoneware; Master Moulds; Moulds; Calibrators

Abstract

The present work aims at presenting the project and development of the master moulds, moulds, calibrators and other tools for utilitarian ceramics in the facilities of the host entity, something that was fully subcontracted abroad until the curricular internship took place.

The project and development of master moulds, moulds and calibrators was carried out according to two methods, a more traditional one and another which was more technological and automated. Through the process it was possible to observe the advantages and disadvantages of each and produce several products designed and optimized through the multiple projected components. The project of creating countless tools for some phases of the production process of ceramic products was performed, as well, which enabled the increase of the productivity of the company, by optimizing its production process and reducing costs and waste of material. The projects implemented covered diverse areas of engineering and product design, allowing benefits, both for the host entity and for the student, culminating with the former making use of the creation of a set of beneficial components and the latter acquiring more knowledge and developing essential skills to put into action in the world of ceramics. Therefore, all the objectives initially outlined managed to be plainly achieved.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos	1
1.3. Guia de Leitura	2
2. A Entidade de Acolhimento.....	3
2.1. Introdução – <i>Mesa Ceramics</i>	3
2.2. <i>Core Business</i>	3
2.3. Processo Produtivo e Estrutura Organizacional.....	4
3. Revisão do Estado da Arte	6
3.1. O Processo de Desenvolvimento de Produto.....	6
3.1.1. Introdução	6
3.1.2. Etapas do Processo de Desenvolvimento do Produto	8
3.1.2.1. Identificação e Planeamento.....	8
3.1.2.2. Desenvolvimento Concetual	10
3.1.2.3. <i>Design</i> de Sistemas.....	11
3.1.2.4. <i>Design</i> de Detalhe	11
3.1.2.5. Testes e Melhoramentos	11
3.1.2.6. Produção e Lançamento do Produto	11
3.2. A Cerâmica.....	13
3.2.1. Introdução e Contextualização Histórica.....	13
3.2.2. A Indústria Cerâmica	13
3.2.2.1. Classificação dos Materiais Cerâmicos	13
3.2.2.2. Classificação dos Produtos Cerâmicos de Loiça Utilitária e Decorativa	14
3.2.2.3. A Loiça de Grés.....	15
3.2.3. A Cerâmica em Portugal.....	16
3.2.4. Processos Gerais de Produção	17
3.2.4.1. Introdução	17
3.2.4.2. Preparação da Pasta.....	18
3.2.4.2.1. Matérias-Primas.....	18
3.2.4.2.2. Circuito de Preparação de Pasta Plástica e Barbotina	19
3.2.4.2.3. Circuito de Preparação de Pasta Atomizada.....	20
3.2.4.3. Conformação.....	21
3.2.4.3.1. MMC.....	21
3.2.4.3.2. Conformação por Via Líquida	25
3.2.4.3.2.1. Conformação por Enchimento à Lambugem.....	25
3.2.4.3.2.2. Conformação por Enchimento Sob Pressão	26

3.2.4.3.3.	Conformação por Via Plástica.....	27
3.2.4.3.3.1.	Contramoldagem (Conformação por <i>Roller</i>)	27
3.2.4.3.3.2.	Conformação por Prensagem Plástica (Prensagem <i>RAM</i>)	29
3.2.4.3.4.	Conformação por Via Seca	30
3.2.4.3.4.1.	Conformação por Prensagem Isostática.....	30
3.2.4.4.	Secagem	31
3.2.4.5.	Vidragem e Decoração.....	32
3.2.4.6.	Cozedura.....	33
3.2.4.7.	Escolha e Embalagem.....	33
4.	Projeto de MMC.....	35
4.1.	Introdução	35
4.2.	Contacto e Estudo do Processo de Desenvolvimento de Produtos na <i>Mesa</i>	35
4.3.	Estudo Autónomo Segundo o Método de Integração do <i>CAD/CAM</i> no Projeto e Desenvolvimento de MMC	36
4.4.	Visita a Empresas e <i>Ateliers</i>	37
4.4.1.	Método Tradicional de Desenvolvimento de MMC.....	37
4.4.2.	Método de Integração do <i>CAD/CAM</i> no Projeto e Desenvolvimento de MMC	40
4.5.	Projeto de MMC Segundo o Método de Integração do <i>CAD/CAM</i>	41
4.5.1.	Projeto de MMC para Conformação por <i>Roller</i>	41
4.5.1.1.	Correção dos Desenhos dos Produtos Efetuados no Estudo Autónomo e Projeto de MMC para os Mesmos	42
4.5.1.2.	Projeto de MMC para Outros Produtos.....	46
4.5.2.	Projeto de MM para Conformação por Enchimento sob Pressão.....	48
4.5.2.1.	Projeto de MM para Treino	49
4.5.2.2.	Projeto de MM para um Protótipo	52
4.5.3.	Projeto de MM para Prensagem <i>RAM</i>	54
5.	Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos.....	57
5.1.	Introdução	57
5.2.	Geração de Ideias, Geração de Conceitos e Esboços.....	57
5.3.	<i>Design</i> dos Produtos e Melhorias dos Mesmos	59
5.4.	Simulações Numéricas para Otimização dos <i>Designs</i> dos Produtos	60
5.5.	Projeto e Desenvolvimento de MMC Segundo os Métodos de Integração do <i>CAD/CAM</i> e Tradicional	62
5.5.1.	Projeto e Desenvolvimento de MM Segundo os Processos de Integração do <i>CAD/CAM</i> e Tradicional para o Prato	63
5.5.2.	Projeto e Desenvolvimento de MMC Segundo os Processos de Integração do <i>CAD/CAM</i> e Tradicional para a Tigela	64

5.5.3.	Projeto e Desenvolvimento de MM Segundo os Processos de Integração do CAD/CAM e Tradicional para a Travessa	66
5.6.	Produtos Obtidos Após Toda a Sequência de Produção e Análise dos Mesmos..	69
6.	Desenvolvimento de Ferramentas	70
6.1.	Introdução	70
6.2.	Melhorias Propostas	71
6.2.1.	Introdução	71
6.2.2.	<i>Spindle</i> de Dimensão <i>M</i> (Utilizado na <i>Mesa</i>)	71
6.2.3.	Projeto de <i>Spindle</i> de Dimensão Ajustável	72
6.2.4.	Otimização do Projeto de <i>Spindle</i> de Dimensão <i>M</i>	73
6.2.5.	Projeto de <i>Spindle</i> de Dimensão <i>S</i>	75
6.2.5.1.	Estudo da Rentabilidade do Projeto.....	76
6.2.6.	Projeto de <i>Spindle</i> de Dimensão <i>L</i>	76
6.2.7.	Projeto de <i>Spindle</i> para Canecas	77
6.3.	Projeto e Desenho de <i>Frames</i> para o Equipamento de Enchimento Sob Pressão	79
7.	Outros Trabalhos Desenvolvidos ao Longo do Estágio.....	81
7.1.	Introdução	81
7.2.	Engenharia Inversa de um Produto	81
7.3.	Modelação de Produtos.....	83
7.4.	Modelação de um Produto Decorativo	83
7.5.	Estudo e Impressão de uma Alpiota	85
7.6.	Componente em <i>L</i> para as Cabines de Vidragem	86
7.7.	Projeto de um Exaustor para Fabricação de Moldes para Conformação por Enchimento Sob Pressão	87
8.	Conclusões.....	89
9.	Referências	91
Anexo A.....		93
Anexo B.....		95
Anexo C.....		97
Anexo D.....		99
Anexo E.....		105
Anexo F.....		107
Anexo G.....		109
Anexo H.....		111
Anexo I.....		114
Anexo J.....		122

Anexo K.....	125
Anexo L.....	127
Anexo M.....	130
Anexo N.....	132
Anexo O.....	135
Anexo P.....	137
Anexo Q.....	143
Anexo R.....	151
Anexo S.....	160
Anexo T.....	169
Anexo U.....	176
Anexo V.....	178
Anexo W.....	181
Anexo X.....	189
Anexo Y.....	191
Anexo Z.....	193

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Síntese dos processos de conformação mais utilizados nas instalações da Mesa Ceramics.....	5
Tabela 3.1 - Tabela síntese das atividades normalmente desenvolvidas na fase de desenvolvimento concetual [5].....	10
Tabela 3.2 – Composição e subdivisão da indústria cerâmica nacional, segundo a CAE – Rev.3 [15].	14
Tabela 3.3 - Características e composição típicas de produtos de loiça utilitária e decorativa [16].	15
Tabela 3.4 - Tempo médio, em dias, de cada etapa até à obtenção do primeiro produto pelo método de fabrico tradicional [24].	22
Tabela 3.5 - Tempo médio, em dias, de cada etapa até à obtenção do primeiro produto pelo método de fabrico apresentado por Maruccio et al. [24].....	24

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Vista frontal do exterior da empresa Mesa Ceramics.	3
Figura 2.2 – Fluxograma do processo produtivo de produtos de grés da empresa Mesa Ceramics.	4
Figura 2.3 – Planta da arquitetura da empresa Mesa Ceramics.....	5
Figura 3.1 – Exemplo de uma equipa típica e de todos os inputs necessários ao desenvolvimento de um produto [7].	7
Figura 3.2 - Processo genérico de desenvolvimento de um produto, incluindo as seis etapas de desenvolvimento e algumas das tarefas e responsabilidades de cada uma das respetivas áreas.	9
Figura 3.3 - Distribuição percentual da indústria cerâmica por localização geográfica em 2019 (Fontes: [19], [20]).....	16
Figura 3.4 - Distribuição percentual do número de empresas pelos subsectores da indústria cerâmica em 2019 (Fonte: [19]).	17
Figura 3.5 - Diagrama de formação do bolo de filtração num filtroprensa de câmaras, à esquerda [12], e exemplo de pasta extrudida, à direita [21].	20
Figura 3.6 – Representação esquemática de um atomizador, à esquerda [16], e formas de grânulos obtidos por atomização com bicos de pressão, à direita [12].....	20
Figura 3.7 - Fluxograma de fabrico de uma peça cerâmica pelo método tradicional [24].	22
Figura 3.8 – Madre de gesso, à esquerda, e primeiro molde de gesso, à direita, fabricadas pelo método tradicional.....	23
Figura 3.9 - Desenho do calibrador pelo método de fabrico tradicional a partir do primeiro molde de gesso.	23
Figura 3.10 - Fluxograma de fabrico de uma peça cerâmica pelo método apresentado por Maruccio et al. [24].	24
Figura 3.11 -Madre de poliuretano, à esquerda, e calibrador em nylon, à direita, produzidos pelo método apresentado por Maruccio et al. [24].	25
Figura 3.12 - Etapas de conformação por enchimento à lambugem [16].....	26
Figura 3.13 - Sistema de enchimento por espessura obrigada [27].....	27
Figura 3.14 -Representação esquemática da conformação por Roller: conformação externa, à esquerda e conformação interna, à direita [12].	28
Figura 3.15 - Sequência ilustrativa das etapas de prensagem RAM. Legenda: V - vácuo; P – Pressão [30].....	30
Figura 3.16 - Prensagem isostática segundo a técnica do molde húmido (à esquerda) e seco (à direita) [32].	31
Figura 3.17 - Imagem ilustrativa de um secador associado à conformação por Roller de loiça em porcelana. [12].....	32
Figura 3.18 - Estação de vidragem automática, à esquerda, e tapete de esponja humedecida, à direita.....	32
Figura 3.19 - Curva de cozedura típica de produtos de grés.....	33
Figura 4.1 – CAD de um dos pratos utilizados na fase de estudo autónomo e respetivas linhas do molde e do calibrador para a conformação por Roller.....	37
Figura 4.2 – CAD de uma das tigelas utilizadas na fase de estudo autónomo e respetivas linhas do molde e do calibrador para a conformação por Roller.....	37
Figura 4.3 – Exemplo de um molde cuja zona do frete não permite a contração da peça [25], à esquerda, e de uma madre com um frete intermédio, à direita.....	39
Figura 4.4 – Montagem de um recetáculo metálico, à esquerda, e primeiro molde obtido, à direita.....	39
Figura 4.5 – a) Montagem de um recetáculo para obtenção do molde do lado oposto da peça; b) molde do lado oposto da peça obtido e c) desenho manual do calibrador a partir do primeiro molde.	40

Figura 4.6 – Compensações da base e do bordo efetuadas ao design inicial do prato utilizado no estudo autónomo (dimensões em mm).	42
Figura 4.7 – Desenho do molde, a azul-escuro, e do calibrador, a azul-claro, necessários na conformação por Roller do prato utilizado no estudo autónomo (dimensões em mm).43	43
Figura 4.8 – Componentes necessários para a conformação Roller do prato utilizado no estudo autónomo: a) madre; b) madre e anel limitador; c) molde; d) calibrador e e) conjunto do molde, do prato e do calibrador.....	44
Figura 4.9 – Desenho do molde, a azul-escuro, e do calibrador, a azul-claro, necessários na conformação por Roller da tigela utilizada no estudo autónomo (dimensões em mm).	45
Figura 4.10 – Componentes necessários para a conformação Roller da tigela utilizada no estudo autónomo: a) madre; b) madre e anel limitador; c) molde; d) calibrador e e) conjunto do molde, da tigela e do calibrador.	46
Figura 4.11 – Compensações da base e do bordo efetuadas ao design do prato desenvolvido pela designer (dimensões em mm).	47
Figura 4.12 – Componentes necessários para a conformação Roller do prato desenvolvido pela designer: a) madre; b) molde; c) calibrador e d) conjunto do molde, do prato e do calibrador.....	47
Figura 4.13 – Componentes necessários para a conformação Roller da caneca: a) madre; b) molde; c) calibrador e d) conjunto do molde, da caneca e do calibrador.....	48
Figura 4.14 – CAD de um prato complexo e irregular, à esquerda, e de uma tigela grande, à direita.....	49
Figura 4.15 – Compensações da base e do bordo efetuadas ao design da tigela grande (dimensões em mm).	49
Figura 4.16 – Componentes necessários para a conformação por enchimento sob pressão do prato complexo e irregular: a) e c) madres; b) e d) moldes; e) e f) montagem CAD dos moldes e do prato.	51
Figura 4.17 – Componentes necessários para a conformação por enchimento sob pressão da tigela grande: a) e c) madres; b) e d) moldes; e) e f) montagem CAD dos moldes e da tigela.....	51
Figura 4.18 – Tigela Natura 11,5 da Mesa Ceramics.	52
Figura 4.19 – CAD da tigela com um frete circular, à esquerda, e impressão 3D de parte da mesma, à direita.	52
Figura 4.20 – Componentes necessários para a conformação por enchimento sob pressão da tigela Natura 11,5: a) e c) madres; b) e d) moldes; e) e f) montagem CAD dos moldes e da tigela.....	54
Figura 4.21 – Madres da tigela Natura 11,5 obtidas após maquinação.....	54
Figura 4.22 – Componentes necessários para a conformação por prensagem RAM da tigela Natura 16: a) e c) madres; b) e d) moldes; e) e f) montagem CAD dos moldes e da tigela.	56
Figura 5.1 – Diagrama da divisão de trabalhos do processo de desenvolvimento de novos produtos.....	57
Figura 5.2 – Estrutura Torii do templo Itsukushima [36], à esquerda, e esboços do conceito, à direita.....	58
Figura 5.3 – Modelação CAD dos produtos idealizados: a) prato; b) tigela e c) travessa. 59	59
Figura 5.4 – Frete projetado inicialmente, à esquerda, e frete após modificações, à direita.	60
Figura 5.5 – Primeira impressão 3D dos produtos: a) prato; b) tigela e c) travessa.....	60
Figura 5.6 – Compensações do prato do projeto após as otimizações apresentadas (dimensões em mm).	63
Figura 5.7 – Componentes necessários para a conformação por enchimento convencional do prato do projeto: a) e b) moldes; c) montagem CAD dos moldes e do prato.	63

Figura 5.8 – Componentes necessários para a conformação por enchimento convencional do prato do projeto pelo método tradicional: a) segunda impressão 3D do prato; b) e c) moldes de gesso.....	64
Figura 5.9 – Desenho do molde, a azul-escuro, e do calibrador, a azul-claro, necessários na conformação por Roller da tigela do projeto (dimensões em mm).....	65
Figura 5.10 – Componentes necessários para a conformação Roller da tigela do projeto: a) madre; b) molde; c) calibrador e d) conjunto do molde, da tigela e do calibrador.....	65
Figura 5.11 – Componentes necessários para a conformação Roller da tigela do projeto: a) segunda impressão 3D da tigela; b) madre de gesso; c) molde de gesso e d) calibrador impresso em 3D.....	66
Figura 5.12 – Compensação da aba da travessa do projeto (dimensões em mm).	67
Figura 5.13 – CAD da travessa do projeto, à esquerda, e segunda impressão 3D da travessa, à direita.	67
Figura 5.14 – Componentes necessários para a conformação por prensagem RAM da travessa do projeto: a) e c) madres; b) e d) moldes; e) e f) montagem CAD dos moldes e da travessa.	68
Figura 5.15 – Moldes para a prensagem RAM da travessa do projeto, obtidos pelo método tradicional.	68
Figura 5.16 – Pratos, tigelas e travessas obtidas após todo o processo produtivo.....	69
Figura 6.1 – Diagrama da divisão de trabalhos do desenvolvimento de ferramentas.	70
Figura 6.2 – Spindle “universal” utilizado na Mesa Ceramics até à data do estágio.	71
Figura 6.3 – Spindle de dimensão ajustável cujo sistema de ajuste foi baseado no utilizado nas canadianas.....	72
Figura 6.4 – Spindle de dimensão ajustável cujo sistema de ajuste surgiu de uma otimização do anterior.....	73
Figura 6.5 – Estrutura do spindle otimizada para três hastes: a) CAD do modelo reaproveitado; b) CAD do modelo novo e c) impressão 3D do modelo novo.	74
Figura 6.6 – Estrutura do spindle otimizada para três hastes: a) e b) estrutura do spindle produzida e c) impressão 3D das hastes de dimensão M projetadas com diferentes ângulos.	75
Figura 6.7 – Impressão 3D das hastes de dimensão S projetadas através de ferramentas CAD, à esquerda, e montagem das mesmas na estrutura já impressa, à direita.	75
Figura 6.8 – Spindle de dimensão S: a) produzido; b) produzido e com uma peça com pequenas dimensões e c) comparação entre os spindles de dimensão M antes da otimização e de dimensão S produzido para testes em impressão 3D e em AISI 302.	76
Figura 6.9 – Spindle de dimensão L: a) Impressão 3D das hastes do spindle respetivo; b) spindle com uma peça de grandes dimensões e c) comparação entre este e o spindle de dimensão M antes de otimização.....	77
Figura 6.10 – Componentes do spindle para canecas: a) CAD do suporte superior; b) CAD da estrutura principal adaptada; c) CAD da haste e d) impressão 3D de todos estes componentes e respetiva montagem.	78
Figura 6.11 – Spindle para canecas produzido, à esquerda, e em utilização numa cabine de vidragem automática com a respetiva peça, à direita.....	78
Figura 6.12 – Frame utilizado para o equipamento de enchimento sob pressão: a) frame entregue com a máquina; b) frame com o sistema pneumático já montado e respetivos vacuum suckers e c) frame montado no braço robótico.	79
Figura 6.13 – Alguns componentes necessários para a montagem do frame.	80
Figura 6.14 – Assmby completo dos componentes principais do frame.	80
Figura 7.1 – Diagrama da divisão de trabalhos dos outros trabalhos desenvolvidos ao longo do estágio.	81
Figura 7.2 – a) Scanner Picza utilizado; b) nuvem de pontos obtidas após o processo de scan.....	82

Figura 7.3 – Modelação CAD após o processo de engenharia inversa do produto, aplicação de espessura às superfícies modeladas e ampliação do mesmo.....	82
Figura 7.4 – Exemplos de duas canecas modeladas através de ferramentas CAD.	83
Figura 7.5 – Vaso cuja modelação foi sugerida.....	83
Figura 7.6 – Diferentes perspetivas do vaso modelado.....	84
Figura 7.7 - Diferentes perspetivas do vaso após a sua impressão 3D.....	84
Figura 7.8 – Alpiota de gesso para acabamento de pires.	85
Figura 7.9 – Impressão 3D da alpiota.	85
Figura 7.10 – Alpiota: a) impressa em 3D com a “almofada de espuma”; b) detalhe da zona de contacto entre esta e a máquina automática rotativa de acabamento e c) em acabamento de pires.	86
Figura 7.11 – Modelo CAD da cabine de vidragem, com especial destaque para a zona de fixação dos novos componentes à estrutura da cabine.....	86
Figura 7.12 – Componente em L utilizado na fixação dos suportes das pistolas pulverizadoras nas cabines já existentes na Mesa.	87
Figura 7.13 – Componente em L: a) modelado, através de ferramentas CAD; b) e c) produzido.....	87
Figura 7.14 – CAD das chapas principal, à esquerda, e lateral, à direita, do exaustor.	88
Figura 7.15 – Assembly do CAD das chapas principal e laterais do exaustor.	88
Figura 7.16 – Exaustor produzido e montado na sala de preparação de moldes para conformação por enchimento sob pressão.	88

Lista de Símbolos e Acrónimos

AISI	American Iron and Steel Institute (Instituto Americano do Ferro e do Aço)
CAD	Computer Aided Design (Desenho Assistido por Computador)
CAM	Computer Aided Manufacturing (Fabrico Assistido por Computador)
CNC	Controlo Numérico por Computador
FDM	Fused Deposition Modeling (Modelação por Extrusão e Deposição de Plástico)
FEM	Finite Element Method (Método de Elementos Finitos)
MM	Madres e Moldes
MMC	Madres, Moldes e Calibradores
m	Massa
mm	Milímetro
V	Volume
ρ	Massa volúmica
%	Percentagem
°	Grau

1. Introdução

Neste capítulo procede-se ao enquadramento geral do trabalho desenvolvido, introduzindo-se resumidamente o contexto, os objetivos e as motivações que o regem, bem como as temáticas abordadas. Por fim, apresenta-se um guia de leitura com o propósito de descrever a estrutura geral utilizada neste documento.

1.1. Enquadramento

A indústria cerâmica é um setor de grande antiguidade e tradição em Portugal. A crescente exigência dos mercados nacionais e internacionais tem obrigado à sua constante evolução e otimização. Cada vez mais se assiste à implementação de técnicas e de tecnologias de engenharia em ambiente empresarial cerâmico, transformando os arcaicos processos de desenvolvimento e produção em processos mais tecnológicos e automatizados.

É neste sentido que surge a oportunidade de desenvolver um estágio curricular, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, na empresa *Mesacer Ceramics, Lda* (apesar de ser este o nome comercial, no decorrer deste documento referir-se-á a empresa como *Mesa Ceramics* ou somente *Mesa*). A empresa, fundada em 2017, atua no subsector da cerâmica de loiça utilitária e decorativa e não possui nenhum projetista de madres, moldes e calibradores (MMC) para os diferentes processos produtivos e respetivas máquinas e equipamentos, vendo-se obrigada a requisitar esse serviço externamente. Este estágio, e o respetivo relatório, têm como finalidade colocar o estagiário em contacto direto com o ambiente empresarial da *Mesa Ceramics*, através do desenvolvimento de casos concretos de diversas peças cerâmicas desde o seu desenho até à obtenção das peças finais. O relatório focar-se-á primordialmente na fase de projeto e desenvolvimento de MMC, necessários ao desenvolvimento das peças já produzidas na empresa e de peças novas, não necessitando esta, no futuro, de solicitar este serviço a fontes externas.

1.2. Objetivos

O objetivo principal deste trabalho já foi referido na secção anterior. No entanto, destacam-se os seguintes objetivos propostos no decorrer do estágio:

- I. Contacto com a área de novos produtos e conhecimento do método existente na empresa;
- II. Realização de uma análise ao procedimento existente atualmente e proposta de melhorias;
- III. Estudo das peças existentes, produzidas no método tradicional, bem como de uma proposta de automatização com utilização de ferramentas 3D, como o Desenho Assistido por Computador (*Computer Aided Design – CAD*), o Fabrico Assistido por Computador (*Computer Aided Manufacturing – CAM*) e o fabrico aditivo pela tecnologia de modelação por extrusão e deposição de plástico (*Fused Deposition Modeling – FDM*);
- IV. Testes (impressão 3D dos protótipos);
- V. Aplicação do método de desenvolvimento de produto a partir de uma peça nova em 3D, desenvolvendo toda a sequência de MMC, por um método mais tradicional e por outro mais tecnológico, até a obtenção da peça final;
- VI. Estudo de melhorias nas ferramentas existentes, por forma a otimizar a *performance* e o processo produtivo das peças. Estudo de melhorias na redução de desperdício e rigor final da peça.

Pretende-se que este documento seja uma mais-valia para a indústria cerâmica e que possa ser consultado por leitores menos especializados na área, procedendo-se, sempre que possível, à apresentação de conceitos essenciais para o enquadramento em cada uma das matérias fundamentais do trabalho.

1.3. Guia de Leitura

Na elaboração deste documento optou-se por dividir a sua estrutura em nove capítulos tão curtos e sintetizados quanto possível. Cada capítulo, por sua vez, está dividido em secções, referentes a cada temática abordada. Todo o trabalho é acompanhado das figuras e tabelas necessárias para a sua melhor compreensão.

No Capítulo 1, intitulado de Introdução, procede-se à corrente introdução do trabalho, através do enquadramento dos seus temas centrais e da definição dos objetivos principais. No Capítulo 2 apresenta-se A Entidade de Acolhimento na qual foram desenvolvidos todos os trabalhos realizados ao longo do período de estágio, através de uma pequena introdução sobre a mesma, da descrição do seu núcleo de negócios e da apresentação da sua estrutura organizacional.

Segue-se o Capítulo 3, intitulado de Revisão do Estado da Arte. Neste são abordados os conceitos fundamentais para a compreensão dos conteúdos apresentados e desenvolvidos ao longo do documento. Para um melhor entendimento acerca de cada tema e para contextualizar o trabalho efetuado, é realizada uma breve revisão da literatura sobre o processo de desenvolvimento de um produto e, mais pormenorizadamente, sobre a temática da cerâmica, particularmente, sobre o processo produtivo de produtos em grés.

O Capítulo 4, intitulado de Projeto de MMC, é o cerne de todo o trabalho aqui apresentado. Neste, é descrito como são desenvolvidos os produtos na entidade de acolhimento, com especial atenção para a fase de projeto dos componentes referidos para os diferentes processos de conformação presentes numa das unidades industriais da empresa. Posteriormente, são apresentados dois métodos diferentes de realizar e desenvolver esse projeto, através de visitas de estudo a empresas externas à Mesa e de um estudo autónomo realizado. Na parte final deste capítulo, identificam-se os pormenores mais importantes a considerar no projeto dos componentes referidos, e necessários, em cada método de conformação e aplicam-se esses conceitos no projeto de diferentes produtos.

O Capítulo 5 é responsável por apresentar todas as fases do Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos, desde a etapa de geração de ideias e de conceitos, até se produzirem os produtos desejados, nas instalações da entidade de acolhimento. Pelo meio, dedica-se particular atenção à fase do projeto dos componentes necessários para se realizar a conformação dos produtos selecionados, tendo em conta os conceitos estudados no capítulo anterior.

Seguem-se os Capítulos 6 e 7, intitulados, respetivamente, de Desenvolvimento de Ferramentas e de Outros Trabalhos Desenvolvidos ao Longo do Estágio. No primeiro, apresenta-se integralmente o desenvolvimento de uma série de ferramentas essenciais às fases posteriores à conformação dos produtos, nomeadamente na fase de transporte de produtos para acabamento e na fase de vidragem. No segundo, tal como o nome indica, apresentam-se outros trabalhos que foram desenvolvidos ao longo do estágio, uns por iniciativa própria e outros por sugestão dos responsáveis da Mesa.

O Capítulo 8 é responsável não só por apresentar as Conclusões de todo trabalho realizado e do estágio efetuado, como também do percurso percorrido ao longo dos últimos cinco anos como estudante do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Por fim, apresentam-se ainda os Anexos utilizados ao longo do período de estágio e de desenvolvimento e redação do respetivo relatório, onde também se encontram documentos que completam e ajudam a uma melhor compreensão de todo o trabalho.

2. A Entidade de Acolhimento

2.1. Introdução – Mesa Ceramics

A Mesa Ceramics (Figura 2.1) é uma empresa portuguesa que se foca no desenvolvimento e produção de produtos de grés com *design* moderno e diferenciador, qualidade de excelência e com total respeito pelo ambiente. Fundada em 2017 e situada no Eco-Parque Empresarial de Estarreja, a empresa tem trabalhado com a missão de ser líder no setor da cerâmica utilitária e decorativa na Europa, desenvolvendo e modernizando os seus processos de produção e o *design* dos seus produtos por forma a conseguir responder às necessidades dos mais variados clientes, como encomendas exigentes de *private label* ou pedidos de *mass market* com dimensões consideráveis [1].



Figura 2.1 – Vista frontal do exterior da empresa Mesa Ceramics.

A seleção das matérias-primas, compradas ao exterior por parte da Mesa, segue um processo de escolha rigoroso para garantir que estas incorporam os melhores recursos naturais. O processo produtivo da empresa utiliza um sistema de monocozedura a alta temperatura (1170°C), que garante a durabilidade e a resistência dos seus produtos a choques térmicos, mecânicos e químicos e a usabilidade dos mesmos em microondas, congeladores, fornos e máquinas de lavar. Os testes de qualidade e resistência dos produtos são realizados internamente, no laboratório da empresa, através de equipamentos avançados. Além disso, a Mesa Ceramics obedece precisamente aos padrões internacionais de segurança alimentar, não contendo chumbo nem cádmio nos seus produtos [2].

Desta forma, a Mesa Ceramics é capaz de apresentar uma grande diversidade de texturas, cores, vidros e decorações nos seus produtos, sem contudo esquecer a durabilidade e a sustentabilidade dos mesmos, através da procura incessante das melhores matérias primas e de tecnologias de vanguarda [3].

2.2. Core Business

A grande aposta comercial da Mesa Ceramics tem sido o Canal HORECA (estabelecimentos hoteleiros, de restauração e similares). Impulsionada pelo aumento e atratividade do turismo e pelo crescimento exponencial de *chefs* formados em alta cozinha pelo mundo, a Mesa tem apostado na venda de produtos próprios, sempre com o propósito de expandir o seu nome e ser reconhecida internacionalmente. A loiça desenvolvida para este setor pretende refletir o estilo, a paixão, a inovação e a unicidade da cozinha e dos seus clientes. Para além do Canal HORECA, a Mesa Ceramics tem apostado também na comercialização dos seus produtos para outras empresas com a sua própria marca, das quais se podem destacar companhias de renome como a Zara Home ou a Casa [2].

2.3. Processo Produtivo e Estrutura Organizacional

À sequência de transformações e operações que permitem a transformação de matérias-primas em produtos, dá-se o nome de processo produtivo. No caso da *Mesa Ceramics*, este começa com a compra de matérias-primas a empresas externas e pela subcontratação do projeto de madres e calibradores, produzindo, depois, internamente os moldes para os diversos processos de conformação existentes na empresa. Uma vez conformados, os produtos seguem para as etapas de secagem e acabamento, vidragem e se aplicável decoração, cozedura, escolha, embalagem e expedição. Na secção 3.2.4 abordar-se-ão na íntegra todas estas fases e a sua contribuição na produção final de um produto. A Figura 2.2 apresenta o fluxograma do processo produtivo da *Mesa Ceramics*.

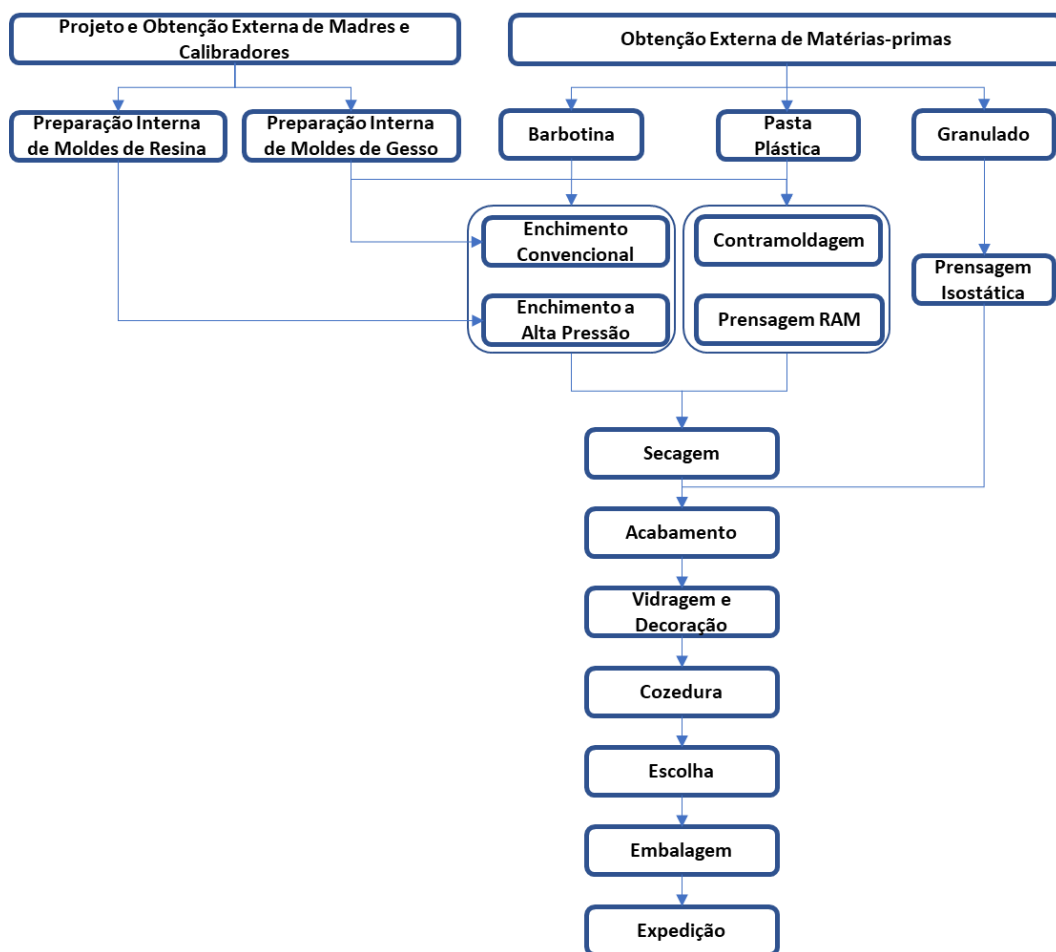


Figura 2.2 – Fluxograma do processo produtivo de produtos de grés da empresa Mesa Ceramics.

A planta da *Mesa* é apresentada na Figura 2.3. Como é possível verificar, o chão de fábrica da empresa é constituído essencialmente por: (1) Unidade Industrial I, onde se realiza a conformação por via seca, através de granulado; (2) Unidade Industrial II, onde se realizam as conformações por vias líquida e plástica; (3) secador; (4) forno; (5) laboratório; (6) vidragem; (7) impressão digital; (8) escolha e retoque; (9) embalagem e (10) armazém. Na Unidade Industrial II, encontram-se três máquinas de conformação por *Roller* (duas dedicadas exclusivamente à conformação de pratos e uma dedicada exclusivamente à conformação de chávenas e tigelas), uma máquina de prensagem *RAM*, uma máquina de enchimento sob pressão, locais para realização de enchimento convencional e locais para o acabamento de peças. É também neste local que se preparam os moldes de gesso para as conformações. Na Tabela 2.1 encontra-se uma síntese dos processos de conformação mais utilizados na *Mesa*, que serão abordados em pormenor na secção 3.2.4.3.

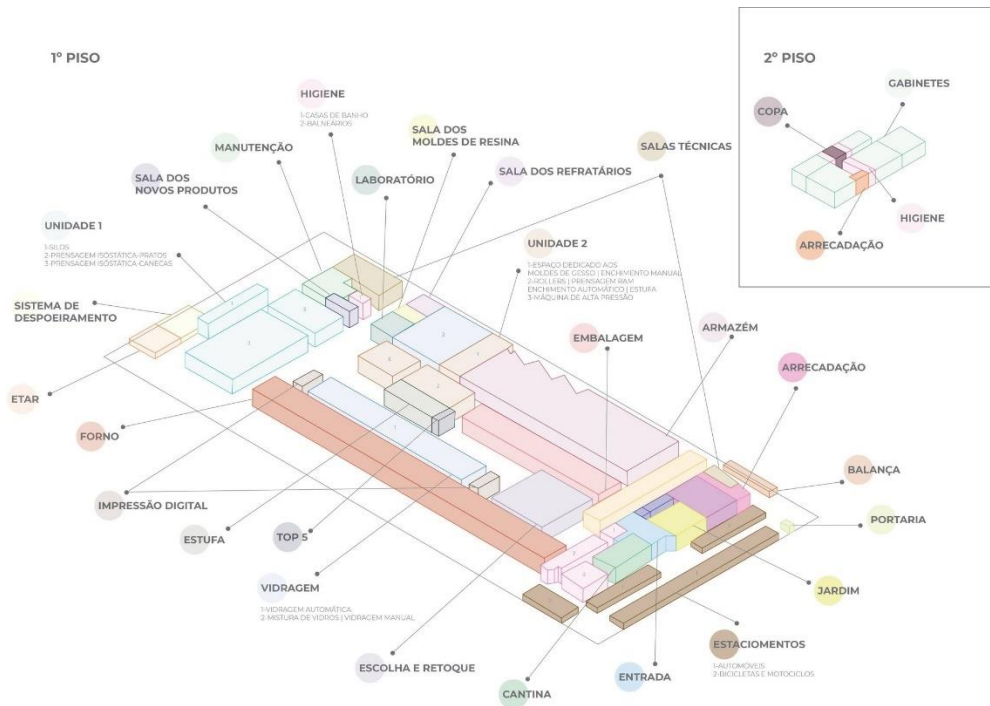


Figura 2.3 – Planta da arquitetura da empresa Mesa Ceramics.

Tabela 2.1 – Síntese dos processos de conformação mais utilizados nas instalações da Mesa Ceramics.

Pasta Cerâmica	Tipo de Conformação	Figura Ilustrativa
Por Via Líquida (Barbotina) (40%)	Enchimento Convencional	
	Enchimento Sob Pressão	
Por Via Plástica (Pasta Plástica) (20%)	Conformação por Roller	
	Prensagem RAM	
Por Via Seca (Granulado Atomizado) (1 - 10%)	Prensagem Isostática (Técnicas dos Moldes Húmido e Seco)	

3. Revisão do Estado da Arte

Neste capítulo são abordados os conceitos essenciais para a compreensão dos conteúdos presentes no atual documento. Em cada tema é realizada uma breve revisão da literatura para introduzir e contextualizar o trabalho realizado. Inicialmente, apresenta-se resumidamente o processo de desenvolvimento de um produto, nomeadamente do modelo apresentado pelos autores Ulrich e Eppinger [4], com o objetivo de se exporem os conceitos e as tarefas realizadas, pelas diferentes áreas, em cada uma das etapas de desenvolvimento de um produto. Posteriormente é abordado, de forma mais pormenorizada, o tema da cerâmica, onde é realizada uma introdução e contextualização histórica do setor da cerâmica, seguida da classificação dos materiais cerâmicos e do enquadramento deste setor em Portugal. Por fim, aborda-se todo o processo produtivo de produtos em grés, desde a fase da preparação da pasta cerâmica, passando pelas fases de conformação e preparação de MMC e terminando na fase de escolha e embalagem dos produtos para expedição.

3.1. O Processo de Desenvolvimento de Produto

3.1.1. Introdução

O processo de desenvolvimento de produtos é um dos processos mais importantes para muitas empresas, uma vez que as permite acompanhar a incessante evolução do mercado, ou até estar na vanguarda do mesmo, através do projeto e desenvolvimento de produtos novos e mais competitivos em menor espaço de tempo. Neste sentido, o sucesso económico destas empresas depende diretamente da sua capacidade e rapidez de identificar as necessidades dos consumidores ou oportunidades de negócio, através da criação, produção e comercialização de produtos de sucesso que lhes proporcionem o maior lucro possível [5], [6].

Para que um produto seja considerado um produto de sucesso é necessário que este apresente características que satisfaçam as necessidades e os desejos dos consumidores e, ao mesmo tempo, que seja rentável financeiramente. Entre as principais características de um produto de sucesso destacam-se: (1) a qualidade do produto; (2) o custo do produto; (3) o tempo de desenvolvimento; (4) o custo de desenvolvimento e (5) a capacidade de desenvolvimento [4].

No passado, o processo tradicional de desenvolvimento de um produto era uma atividade linear e segmentada com uma baixa colaboração entre as várias áreas da empresa. No entanto, esse processo tem vindo a evoluir para um processo multidisciplinar em que a integração das distintas áreas da empresa, ou mesmo fora dela, é imprescindível e em que quase todas as fases se desenvolvem em simultâneo. Atualmente, embora a composição específica de cada equipa de desenvolvimento dependa particularmente da tipologia e das características de cada produto, é quase incontornável não incluir áreas como o *design*, a engenharia, o *marketing* e a produção no desenvolvimento de qualquer produto (Figura 3.1) [6].

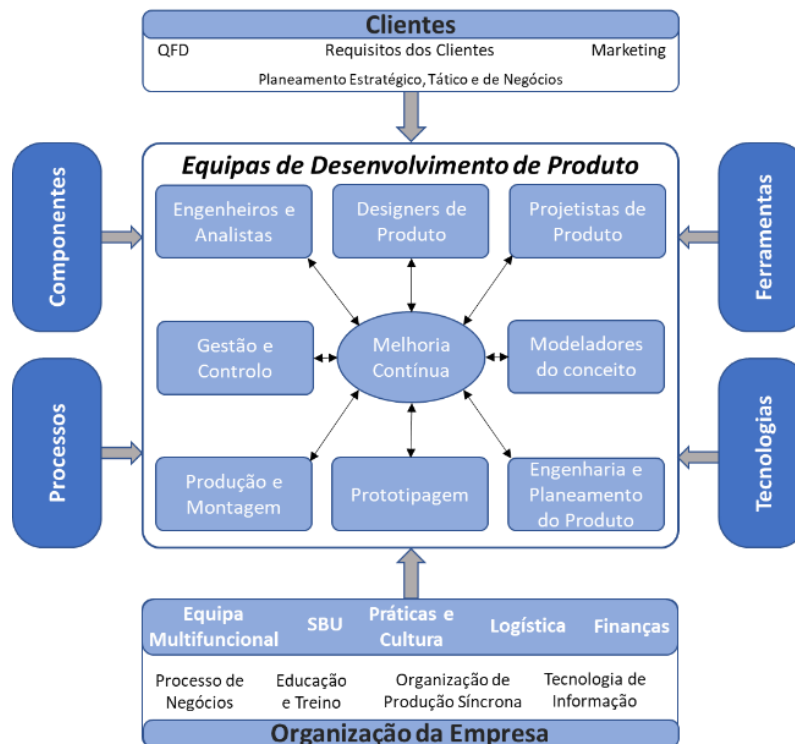


Figura 3.1 – Exemplo de uma equipa típica e de todos os inputs necessários ao desenvolvimento de um produto [7].

O *marketing* tem como principal função efetuar a comunicação entre a empresa e os consumidores, ajudando a primeira a identificar as oportunidades de negócio e as necessidades dos consumidores e definindo os segmentos de mercado. Normalmente, é também o *marketing* que define o preço de venda do produto e promove as campanhas de lançamento e as formas de promoção do mesmo no mercado [4].

O *design* tem como principal função definir a aparência, os elementos e as funcionalidades do produto, para que este vá ao encontro das necessidades e desejos dos consumidores. Desta forma, esta área exige competências de *design* de engenharia e de *design* industrial, cada um as suas determinadas particularidades, embora ambos se possam confundir em algum momento do processo de desenvolvimento. Os *designers* industriais focam-se principalmente na estética e nas funcionalidades do produto, tendo especial atenção aos elementos funcionais do produto, nomeadamente a ergonomia, antropometria ou aos elementos de interface com o utilizador. Por outro lado, no *design* de engenharia, os engenheiros focam-se primordialmente em questões relacionadas com a análise e o fabrico do produto, abordando, por exemplo, aspetos referentes a sistemas mecânicos, eletrónicos ou a *software* e sendo, por isso, um *design* mais rigoroso [4], [5].

Após o produto ser projetado pelos *designers* e engenheiros segue-se a sua produção, que consiste na conceção e operacionalização dos sistemas de fabrico com o objetivo de se obter o produto físico. Muitas das vezes, a produção inclui também funções como as compras, a distribuição das tarefas (gestão de produção), o planeamento dos recursos humanos ou a instalação do produto [4].

3.1.2. Etapas do Processo de Desenvolvimento do Produto

O processo de desenvolvimento de produto pode ser definido como uma sequência de tarefas, das mais variadas áreas industriais, que uma empresa necessita para desenhar, projetar, produzir e comercializar um produto. Algumas empresas têm bem definido e estruturado o seu próprio processo de desenvolvimento, enquanto outras podem nem saber descrever convenientemente os processos que utilizam. Na verdade, não existe uma única forma de estruturar o processo de desenvolvimento de um produto, pois cada empresa, e mesmo até cada projeto dentro da mesma empresa, encerra em si características diferentes, o que leva a que, em muitos casos, cada projeto seja único e tenha as suas próprias etapas de desenvolvimento. Apesar das diferenças organizacionais, normalmente um processo de desenvolvimento bem estruturado, sistematizado e documentado apresenta, quase invariavelmente, inúmeras vantagens, das quais se destacam: (1) garantia de qualidade do produto desenvolvido; (2) melhor coordenação entre as diferentes equipas de desenvolvimento; (3) garantia do seguimento da calendarização e da metodologia definida no planeamento inicial e (4) melhor gestão e melhoria continua dos projetos através da realização de análises de *benchmarking* entre o projeto desenvolvido e projetos desenvolvidos anteriormente, permitindo identificar possíveis áreas com problemas e as respetivas soluções [4].

Um dos modelos mais conhecidos e utilizados para o processo de desenvolvimento de um produto é o apresentado por Ulrich e Eppinger [4]. Segundo estes autores, um processo genérico de desenvolvimento de produto é composto por seis fases (Figura 3.2), iniciando-se pela fase de planeamento e terminando no momento em que o produto é lançado e colocado à venda no mercado [4], [5]. De seguida apresentam-se as seis fases deste modelo de processo de desenvolvimento.

3.1.2.1. Identificação e Planeamento

Esta fase é muitas vezes conhecida como “fase zero”, uma vez que, na verdade, é realizada antes da aprovação do projeto e da definição do processo de desenvolvimento do produto. Nesta fase é estabelecido o conhecido “caderno de encargos” do projeto.

Os novos produtos podem ser divididos em produtos solicitados pelo mercado (*market-pull products*) e produtos resultantes de desenvolvimentos tecnológicos (*technology-push products*). Os primeiros resultam de uma análise minuciosa do mercado, onde o departamento de *marketing* da empresa estuda a possibilidade das vendas poderem aumentar se for produzido um novo produto capaz de satisfazer as necessidades de um determinado segmento de consumidores. Por outro lado, os produtos resultantes de desenvolvimentos tecnológicos, tal como o nome indica, derivam de investigações e desenvolvimento de novas tecnologias por parte da estrutura organizacional da empresa. A tecnologia é, posteriormente, materializada num produto e este é produzido aquando de uma oportunidade de mercado [5].

Desta forma, esta fase inicia-se pela identificação de uma oportunidade de mercado, que resulta de novos desenvolvimentos tecnológicos por parte da empresa ou pela procura das necessidades e objetivos do mercado, e conclui-se quando é definida a principal missão do projeto, através da especificação dos principais objetivos do projeto e do seu mercado alvo [4].

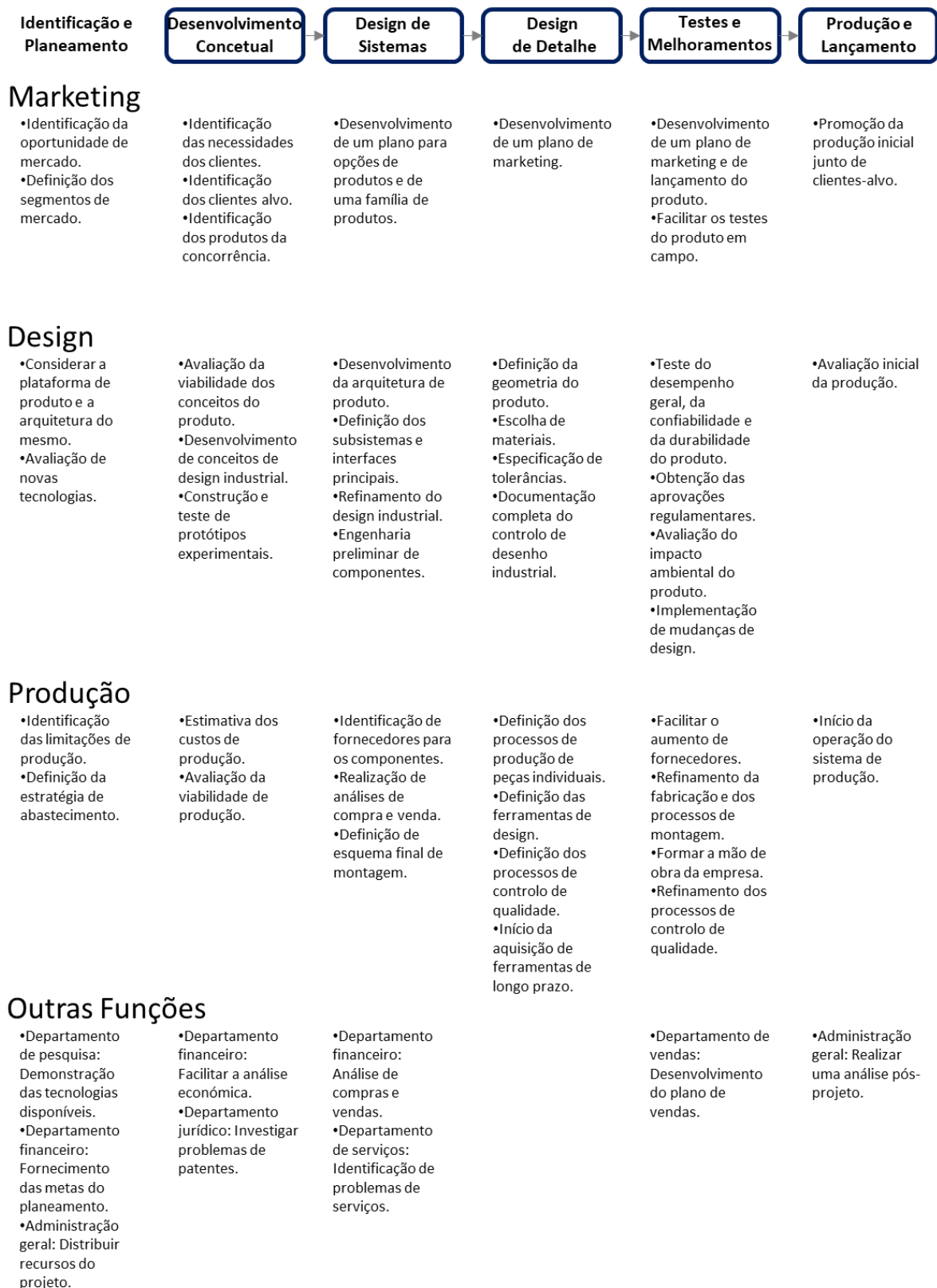


Figura 3.2 - Processo genérico de desenvolvimento de um produto, incluindo as seis etapas de desenvolvimento e algumas das tarefas e responsabilidades de cada uma das respetivas áreas.

3.1.2.2. Desenvolvimento Concetual

Após a fase de identificação e planeamento, e se o projeto de desenvolvimento for aprovado, segue-se a de desenvolvimento concetual, que é considerada uma das fases principais. Nela são identificadas as necessidades do mercado e definidas as características principais do produto, com o propósito de se conseguir gerar um conjunto de conceitos para o produto e, posteriormente, definir e selecionar um conceito único. Um conceito é uma descrição da forma, da função e dos recursos do produto e é normalmente acompanhado por um conjunto de especificações, de uma avaliação dos produtos da concorrência e de uma análise económica, com o objetivo de se avaliar se o produto é rentável para a empresa [4]. Na Tabela 3.1 apresenta-se uma síntese das atividades desenvolvidas, normalmente, nesta fase.

Tabela 3.1 - Tabela síntese das atividades normalmente desenvolvidas na fase de desenvolvimento concetual [5].

Identificar as necessidades dos clientes	O departamento de <i>marketing</i> realiza entrevistas a possíveis compradores, com o objetivo de identificar as necessidades dos clientes e definir algumas características do produto, como por exemplo, o desempenho, o tamanho, o peso, <i>etc.</i> A lista deve também incluir as necessidades que os clientes podem não conhecer ou, simplesmente, aceitam sem questionar.
Definir as características alvo	Após identificadas as necessidades dos clientes por parte do departamento de <i>marketing</i> , as especificações alvo do novo produto são estabelecidas com a ajuda dos <i>designers</i> e dos engenheiros da empresa, e podem ser definidas como uma “lista de desejos” dos clientes.
Analisar os produtos da concorrência	A análise de produtos da concorrência poderá orientar e fornecer um ponto de partida aos <i>designers</i> , evitando que estes comecem o novo projeto “do zero”. Esta análise permite explorar outros produtos e identificar atributos bem-sucedidos dos mesmos, bem como compreender as falhas dos produtos da concorrência e a implementação de melhorias que permitam ao novo produto ser superior aos da concorrência.
Gerar conceitos de produto	Os <i>designers</i> e os engenheiros geram, em equipa, vários conceitos de produto com o objetivo de desenvolverem produtos tecnicamente mais viáveis e que vão ao encontro dos requisitos dos clientes e às características alvo definidas anteriormente.
Selecionar um conceito de produto	É realizada uma avaliação dos conceitos gerados, que pode ocorrer dentro da empresa e/ou envolver as opiniões de alguns clientes, com o propósito de selecionar um conceito final.
Definir as características finais do produto	As características do produto devem ser redefinidas e refinadas após a definição do conceito do produto. Com base neste conceito, nas análises de viabilidade técnica, no tempo de vida previsto, no preço de venda e nas limitações financeiras, as características do produto podem sofrer alterações, principalmente se existirem atributos do produto em conflito ou se a relação custo-benefício não for favorável.
Realizar uma análise económica	As atividades de projeto têm implicações económicas importantes nas despesas de desenvolvimento, nos custos de produção e no preço de venda do produto. Desta forma, deve haver uma constante revisão económica do projeto, tendo-se em consideração as despesas de desenvolvimento do produto e os benefícios esperados do mesmo.
Definir um plano de desenvolvimento	Por fim, deve definir-se um plano de desenvolvimento completo que inclua uma lista de atividades, recursos e despesas necessárias, bem como uma calendarização com metas que permitam definir as datas de progressão do projeto.

3.1.2.3. *Design de Sistemas*

A fase de *design* de sistemas consiste em definir a arquitetura do produto, decompondo-o em subsistemas e em componentes. Após a aprovação do plano de desenvolvimento do produto e da conceção do desenvolvimento concetual, o departamento de *marketing* analisa as variantes que podem ser adicionadas ao produto ou a criação de famílias de produtos e, posteriormente, os *designers* e os engenheiros estudam a respetiva arquitetura. Esta arquitetura consiste em definir os grupos de componentes e os principais sistemas e subsistemas do produto, bem como em organizá-los para funcionarem de forma adequada após a sua montagem. Esta fase tem elevada importância, uma vez que permite simplificar a produção e reduzir custos à empresa, através da subdivisão das equipas de desenvolvimento, da modularização de alguns sistemas ou da identificação de alguns componentes que podem ser normalizados [5].

3.1.2.4. *Design de Detalhe*

Na fase de *design* de detalhe, ou também conhecida como *design* para fabrico (*design for manufacturing*), é estabelecida, de forma pormenorizada, a especificação da geometria, dos materiais, das dimensões, dos acabamentos superficiais e das tolerâncias de todos os componentes do produto. É também realizado o plano de processos dos sistemas de produção de cada componente e selecionadas ou desenhadas as ferramentas necessárias para tal. Por fim, é elaborada toda a documentação técnica de cada componente e/ou subsistema, como por exemplo desenhos de definição, desenhos de conjunto e perspectiva explodida, e é habitual a utilização de ferramentas de modelação *3D* do produto, bem como a realização de análises de cálculo estrutural e de simulações aos componentes que assim o exigirem [4]. As simulações são normalmente realizadas recorrendo a *softwares* específicos de análise de elementos finitos, como o *Abaqus* ou o *Solidworks*.

3.1.2.5. *Testes e Melhoramentos*

Nesta fase são contruídas e avaliadas diferentes versões do produto em pré-produção com o objetivo de simular, dentro de determinados limites, o produto final. Inicialmente são produzidos os primeiros protótipos, *alpha prototypes*, que são utilizados para ensaios experimentais com o objetivo de avaliar se o produto se comporta como projetado e satisfaz as necessidades dos consumidores. Numa fase seguinte são fabricados outros protótipos, *beta prototypes*, que são testados exaustivamente dentro da empresa ou juntos dos consumidores, com o objetivo de avaliar o desempenho e a fiabilidade do produto e detetar possíveis erros e alterações de engenharia ao produto final [4].

Antes da produção dos primeiros *alpha prototypes*, é comum nos projetos industriais utilizarem-se tecnologias de fabrico aditivo como solução de prototipagem, uma vez que este permite realizar testes de validação do desempenho do produto com um custo reduzido. O fabrico aditivo, vulgarmente conhecido como impressão *3D*, permite a obtenção de modelos físicos diretamente a partir de informação digital, sendo estes fabricados por deposição de várias camadas. Como método de comunicação de *design*, validação do modelo ou mesmo até pré-produção do produto, o fabrico aditivo permite reduzir custos e encurtar o tempo no processo de desenvolvimento (pois permite rápidas iterações de projeto até à produção) e caracteriza-se por ser um processo automático, de baixa vigilância e seguro. De entre as várias tecnologias de fabrico aditivo existentes destaca-se a *FDM*. Resumidamente, as impressoras *FDM* são alimentadas por uma bobine de material termoplástico, que entra numa cabeça extrusora cuja finalidade é aquecer o material e depositá-lo através de um bico, camada sobre camada, até à obtenção da peça final [8].

3.1.2.6. *Produção e Lançamento do Produto*

Nesta fase são produzidos e montados os primeiros produtos finais, respeitando todos os processos de produção e de montagem especificados na documentação técnica para

produção em série do produto. Os produtos produzidos nesta fase são, muitas vezes, enviados a determinados consumidores com o objetivo de estes realizarem uma avaliação e de se identificarem possíveis problemas nos componentes disponibilizados pelos fornecedores, na fabricação ou na montagem final. Posteriormente, a empresa realiza uma transição gradual, implementando melhorias no produto, até considerar que este pode ser produzido em série e lançado no mercado.

Por fim, após o produto estar disponível no mercado, é comum realizarem-se avaliações do mesmo e das opiniões dos consumidores, do ponto de vista técnico e/ou comercial, para se identificarem formas de o melhorar, bem como de melhorar os processos de fabrico e montagem do mesmo [4].

3.2. A Cerâmica

3.2.1. Introdução e Contextualização Histórica

O termo “cerâmica” deriva do grego *Keramiké*, que por sua vez deriva de *Keramos*, e *designa* os produtos resultantes da conformação de matérias primas naturais ou sintéticas, que sofrem um posterior tratamento térmico (cozedura ou sinterização) que lhes confere a coesão necessária e as propriedades finais requeridas [9], [10].

A história da Tecnologia do Processamento Cerâmico é marcada pela ocorrência de marcos importantes associados ao desenvolvimento tecnológico. As primeiras peças de cerâmica, obtidas pela mistura manual de matérias-primas e por conformação manual, datam da época de 5000 a.C. [11]. No entanto, foi no século XX, principalmente após a 2ª Guerra Mundial, que se assistiu a uma revolução na caracterização e fabricação de produtos cerâmicos e, nos dias de hoje, os processos de produção são muito mais complexos, mecanizados e automatizados. Na primeira metade do século XX desenvolveram-se e começaram a ser utilizados novos materiais cerâmicos cada vez mais refinados, introduziram-se aditivos orgânicos no processamento destes materiais e verificou-se uma produção cada vez mais industrializada e desenvolvida. Na segunda metade do mesmo século, a informática e a microscopia eletrónica surgiram na indústria cerâmica, o que permitiu um aumento significativo no controlo e na gestão dos processos de produção e um elevado acréscimo na análise da microestrutura e granulometria dos materiais, com limites de deteção inferiores a uma parte por milhão [12].

3.2.2. A Indústria Cerâmica

3.2.2.1. Classificação dos Materiais Cerâmicos

A indústria cerâmica é caracterizada pela sua antiguidade e tradição. Os produtos cerâmicos apresentam características de cor, durabilidade, reduzida manutenção e fácil adaptabilidade, o que lhes confere um elevado potencial de desenvolvimento em termos de funcionalidade e *design* e possibilita ao setor um sistemático reinventar [13].

Embora inicialmente o propósito da indústria cerâmica tenha sido satisfazer as necessidades do setor da construção, a evolução tecnológica e o desenvolvimento das funcionalidades da cerâmica permitiram destapar o potencial que esta indústria evidencia noutros setores industriais, como por exemplo na medicina e nas indústrias aeronáutica, aeroespacial, automóvel, mecânica, entre outras. Neste sentido, com o decorrer do tempo, surgiram várias possíveis classificações de materiais cerâmicos. Uma classificação comum, e muitas vezes utilizada, separa os materiais cerâmicos em dois grandes grupos: os cerâmicos tradicionais e os cerâmicos técnicos ou avançados. De uma forma muito resumida, os cerâmicos tradicionais caracterizam-se por utilizarem essencialmente matérias-primas naturais, predominantemente de natureza argilosa, enquanto as matérias-primas utilizadas na produção dos cerâmicos técnicos são essencialmente sintéticas [14].

Um outro tipo de classificação muito utilizado permite subdividir o setor da indústria cerâmica em cinco subsectores, os quais se denominam por: Cerâmica Estrutural, Cerâmica de Pavimentos e Revestimentos, Cerâmica de Louça Sanitária, Cerâmica Utilitária e Decorativa e Cerâmicas Especiais. Esta subdivisão foi realizada segundo as notações comunitária (NACE¹) e extracomunitária (*Harmonized Commodity Description and Coding*

¹ NACE - Designação dada à classificação estatística das atividades económicas na Comunidade Europeia. Resulta de legislação da União Europeia que determina a existência e a utilização obrigatória de uma classificação uniforme entre todos os estados-membros.

Systems - HS²), que possibilitam caracterizar objetivamente o tipo de produto cerâmico que se produz em cada setor e que categorização lhe está associada [13].

Em Portugal, a indústria da cerâmica rege-se de acordo com Classificação Portuguesa das Atividades Económicas - Revisão 3 (*CAE - Rev.3*), que segue a notação comunitária NACE. A Tabela 3.2 permite dividir e enquadrar a indústria cerâmica de acordo com a *CAE - Rev.3*.

Tabela 3.2 – Composição e subdivisão da indústria cerâmica nacional, segundo a *CAE - Rev.3* [15].

Secção	Divisão	Grupo	Classe	Subclasse	Designação
C	23	232	2320	23200	Fabricação de produtos refratários
		233			Fabricação de produtos cerâmicos para a construção
			2331		Fabricação de azulejos, ladrilhos, mosaicos e placas de cerâmica
				23311	Fabricação de azulejos
				23312	Fabricação de ladrilhos, mosaicos e placas de cerâmica
			2332		Fabricação de tijolos, telhas e de outros produtos cerâmicos para a construção
				23321	Fabricação de tijolos
				23322	Fabricação de telhas
				23323	Fabricação de abobadilhas
				23324	Fabricação de outros produtos cerâmicos para a construção
		234			Fabricação de outros produtos de porcelana e cerâmicos não refratários
			2341		Fabricação de artigos cerâmicos de uso doméstico e ornamental
				23411	Olaria de barro
				23412	Fabricação de artigos de uso doméstico de faiança, porcelana e grés fino
				23413	Fabricação de artigos de ornamentação de faiança, porcelana e grés fino
				23414	Atividades de decoração de artigos cerâmicos de uso doméstico e ornamental
			2342	23420	Fabricação de artigos cerâmicos para usos sanitários
			2343	23430	Fabricação de isoladores e peças isolantes em cerâmica
			2344	23440	Fabricação de outros produtos em cerâmica para usos técnicos
			2349	23490	Fabricação de outros produtos cerâmicos não refratários

A *CAE - Rev.3* permite dividir esta indústria em três subsectores base [15]:

- *CAE 23 2* - Fabricação de produtos cerâmicos refratários;
- *CAE 23 3* - Fabricação de produtos cerâmicos para a construção;
- *CAE 23 4* - Fabricação de outros produtos de porcelana e cerâmicos não refratários.

3.2.2.2. Classificação dos Produtos Cerâmicos de Loiça Utilitária e Decorativa

Os produtos cerâmicos de loiça utilitária e decorativa, cujas classificações NACE e *CAE* são 2341, podem ser classificados quanto ao seu processo de fabrico, características finais e matérias-primas utilizadas em porcelana, grés, faiança e barro vermelho (Tabela 3.3).

² HS - Nomenclatura internacional para a classificação internacional dos produtos, permitindo aos países classificar os produtos transacionados através de uma base de classificação comum.

Tabela 3.3 - Características e composição típicas de produtos de loiça utilitária e decorativa [16].

Tipo de produto	Características e composição típicas	Porosidade	Revestimento
Porcelana	Temperatura de cozedura: 1300 - 1400 °C Absorção de água: < 0,5 % Caulino: 35 – 45 % Argilas plásticas: 5 – 10 % Feldspato: 25 – 35 % Quartzo: 20 – 25 %	Compacta	Com ou Sem Revestimento
Grés	Temperatura de cozedura: 1100 – 1250 °C Absorção de água: < 3 % Caulino: 15 – 45 % Argila plástica: 12 – 38 % Feldspato: 27 – 48 % Quartzo: 5 – 18 %	Compacto	Com ou Sem Revestimento
Faiança	Temperatura de cozedura: 1050 - 1100 °C Absorção de água: 10 – 15 % Caulino: 10 – 35 % Argilas plásticas: 20 – 25 % Calcite ou dolomite: 25 – 35 % (faiança calcítica ou dolomítica) Feldspato: 10 – 20 % (faiança feldspática) Quartzo: 10 – 30 %	Porosa	Com Revestimento
Barro vermelho	Temperatura de cozedura: 900 - 1050 °C Absorção de água: 20 – 25 % Argilas plásticas e quartzo	Poroso	Sem Revestimento

A loiça de barro vermelho é produzida a partir de pastas menos cuidadas e coradas, de cor geralmente vermelha, apresenta elevada porosidade e temperatura de cozedura relativamente reduzida, na ordem dos 900 °C - 1050 °C. A faiança é fabricada através de pasta ligeiramente corada, geralmente mais pura que a do barro vermelho, e apresenta temperaturas de cozedura entre os 1050 °C e os 1200 °C. Por sua vez, o grés caracteriza-se por ter uma elevada resistência mecânica e química, cor variável e uma reduzida absorção de água após cozedura a temperaturas entre os 1100 °C e os 1250 °C. Por último, a porcelana é conhecida por apresentar elevada translucidez e resistência mecânica, cor branca, uma porosidade praticamente nula e temperaturas de cozedura na ordem dos 1300 °C - 1400 °C [14], [16].

3.2.2.3. A Loiça de Grés

A composição química, mineralógica, o tipo de estrutura e as ligações químicas dos materiais cerâmicos influenciam diretamente as suas propriedades mecânicas, térmicas, elétricas e químicas [17].

Os produtos cerâmicos de loiça utilitária e decorativa de grés correspondem ao CAE 23412. O grés é um produto cerâmico de alto fogo que surge da mistura de argila plástica, caulino, feldspato e quartzo, sendo que as proporções de cada componente variam consideravelmente. As características principais da loiça de grés são a reduzida porosidade e a reduzida absorção de água após cozedura (tipicamente inferior a 3 %), que a distingue da loiça de barro vermelho e da faiança, e a opacidade, que a distingue da porcelana. A cor da pasta que dá origem aos produtos de grés não é tão branca como a da porcelana, sendo geralmente acinzentada ou acastanhada, uma vez que argila utilizada na sua fabricação costuma ser acompanhada de impurezas, principalmente ferro e carbono [16], [18].

O facto de o grés ser um produto cerâmico que possui uma porosidade extremamente reduzida, ser denso e ter uma absorção de água inferior a 3 % confere-lhe excelentes

propriedades mecânicas e químicas. Estas características fazem dos produtos de grés uma ótima solução para loiça de hotel, a qual necessita de responder eficazmente a frequentes utilizações no forno ou no congelador. A temperatura de cozedura varia entre os 1100 °C e os 1250 °C, em função da percentagem dos componentes da pasta que podem facilitar ou dificultar o processo. O processo de cozedura varia de empresa para empresa, algumas utilizam um processo de monocozedura, outras um de bicozedura. No entanto, no primeiro caso tem-se conseguido utilizar temperaturas cada vez menores e, consequentemente, este tem sido cada vez mais utilizado na produção em grande escala [18].

3.2.3. A Cerâmica em Portugal

Como referido na secção 3.2.2.1, em Portugal o setor da cerâmica engloba diversas atividades e estas estão divididas em diferentes subsectores, de acordo com a CAE – Rev.3. Segundo os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) referentes ao ano de 2019, a indústria cerâmica apresentava, em Portugal, a seguinte estrutura relativamente ao número total de empresas, pessoal ao serviço das mesmas e volume de negócios:

- Número de Empresas (nº): 1 168;
- Pessoal ao serviço das Empresas (nº): 18 458;
- Volume de negócios (€): 1 177 822 504.

Em Portugal, a distribuição geográfica das empresas na indústria cerâmica não é uniforme ao longo do território nacional, como é possível verificar pela Figura 3.3. Tomando como referência a divisão territorial sugerida pela Nomenclatura Comum das Unidades Territoriais Estatísticas (NUTS), de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1059/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho de 26 de maio de 2003, facilmente se constata que é nas regiões centro e norte que a cerâmica tem uma atividade mais predominante, agregando, respetivamente, 42,6 % e 29,3 % do total das empresas da indústria cerâmica. É ainda importante referir que, de acordo com os dados disponibilizados pelo INE em 2019, o domínio da região centro é comum a todos os subsectores da indústria cerâmica e a praticamente todas as suas atividades económicas.

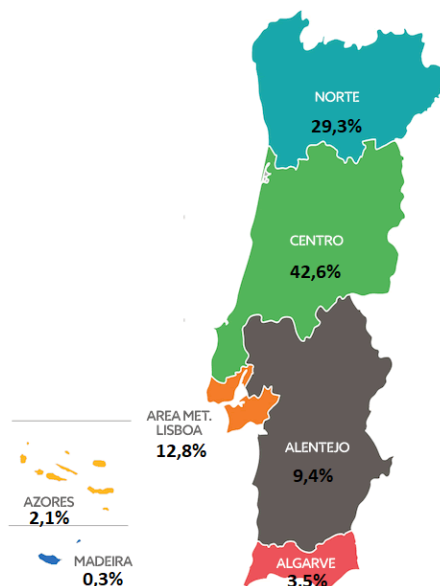


Figura 3.3 - Distribuição percentual da indústria cerâmica por localização geográfica em 2019 (Fontes: [19], [20]).

Uma outra análise relativa à distribuição das empresas pelos três subsectores principais da cerâmica (Figura 3.4) é, também, importante.

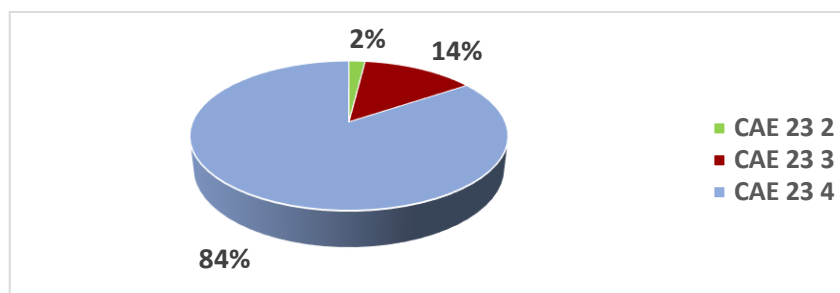


Figura 3.4 - Distribuição percentual do número de empresas pelos subsectores da indústria cerâmica em 2019 (Fonte: [19]).

Como é possível verificar, segundo os dados disponibilizados pelo INE, das 1 168 empresas que existiam no ano de 2019 no setor da cerâmica, cerca de 84 % (986 empresas) operam na CAE 234 – Fabricação de outros produtos de porcelana e cerâmicos não refratários. Este número, aliado ao facto de ser a região centro a grande “dominadora” da indústria cerâmica, demonstra a importância que este subsector tem para a região e para a indústria cerâmica e, conseqüentemente, para o seu volume de negócios e para as contas financeiras do país.

Por fim, é ainda importante referir que o subsector da cerâmica utilitária e decorativa é fortemente exportador. Em 2015, este setor foi responsável por 37 % do volume de exportação de cerâmica nacional e Portugal foi o quinto maior fornecedor mundial, números que mais uma vez demonstram a importância deste subsector na indústria cerâmica e no país [13].

3.2.4. Processos Gerais de Produção

3.2.4.1. Introdução

A produção de produtos cerâmicos necessita de uma complexa interação de matérias-primas, processos tecnológicos, pessoas e investimentos. O processo de fabrico de qualquer produto cerâmico tem como objetivo promover uma série de modificações que permitem a transformação de matérias-primas em produtos, através de uma determinada sequência de operações que dependem do tipo de produto cerâmico a produzir [12]. Nesta secção será abordado o processo produtivo de produtos em grés, com especial ênfase para os processos de conformação.

O processamento cerâmico de qualquer produto começa, normalmente, com a preparação da pasta obtida através da combinação de uma ou mais matérias-primas, um ou mais líquidos e um ou mais aditivos de processamento. Segue-se a conformação, que pode ser por via plástica (extrusão, que na cerâmica utilitária e decorativa é utilizada exclusivamente para extrudir pasta plástica para outro método de conformação; contramoldagem e prensagem de pasta plástica), por via líquida (enchimento de barbotina e enchimento sob pressão) e por via seca (prensagem isostática). O tipo de processo de conformação depende da complexidade do produto que se pretende produzir e tem uma relação direta com a consistência da pasta utilizada. Após a conformação, os produtos passam para um processo de secagem com o objetivo de remover algum ou todos os líquidos residuais de processamento. Seguidamente, já secos, os produtos são submetidos a operações de acabamento, para eliminação de rebarbas e/ou defeitos da conformação, e de vidragem e decoração. Posteriormente, é realizado um tratamento térmico final, denominado de cozedura³, para se obter uma microestrutura sinterizada. Por último, os produtos passam

³ Os produtos cerâmicos podem sofrer três tipos de cozeduras, no entanto, normalmente, os produtos em grés para cerâmica utilitária e decorativa utilizam um processo de monocozedura, que corresponde a uma única cozedura do vidrado e da decoração em simultâneo.

para uma fase de escolha, onde são selecionados aqueles que obedecem aos padrões definidos internamente e assegurem as expectativas dos clientes, e, posteriormente, efetua-se o seu embalamento [12]. O fluxograma da Figura 2.2, apresentado na secção 2.3, é um exemplo de um possível processo de produção existente na indústria cerâmica de produtos de loiça utilitária e decorativa de grés.

3.2.4.2. Preparação da Pasta

Dependendo da dimensão da empresa e da unidade de produção, as operações de preparação da pasta cerâmica podem ser realizadas dentro da empresa ou esta pode ser adquirida externamente. Na maior parte das empresas de pequena dimensão, a pasta é comprada externamente sob a forma de lastras de filtropensa, rolos extrudidos ou de granulado atomizado [12].

A preparação de uma pasta cerâmica consiste na associação cuidada de determinadas matérias-primas. A sua seleção é de grande relevância e é condicionada pelo custo do material, processo de fabrico e características do produto final pretendido. Para além disso, o controlo cuidadoso das várias matérias-primas permite evitar que o surgimento de eventuais defeitos nas peças finais esteja ligado a esta fase do processo. Após a caracterização da composição da pasta, deve verificar-se a percentagem de humidade de todas as suas matérias-primas, e se estas estiverem dentro dos valores aceitáveis, procede-se então ao seu doseamento por pesagem nas quantidades adequadas [17].

De seguida apresentam-se as matérias-primas mais comuns na produção de pastas cerâmicas e os processos de obtenção de pasta plástica, barbotina e pasta atomizada. Uma vez que na empresa *Mesa Ceramics* a pasta é adquirida externamente, essas operações serão abordadas de forma resumida e sem grande detalhe.

3.2.4.2.1. Matérias-Primas

As matérias-primas utilizadas na produção de produtos cerâmicos, neste caso em grés, podem ser classificadas em dois grupos: matérias-primas plásticas e duras. As primeiras são argilas e caulinos e as segundas são feldspatos e areia de quartzo. Existe ainda uma outra classificação muito comum que divide as matérias-primas em: argilas ou plastificantes, fundentes (feldspatos) e inertes ou desengordurantes (areia de quartzo) [12], [14].

As argilas são matérias-primas constituídas maioritariamente por minerais das argilas, sendo responsáveis pela característica plástica das pastas cerâmicas, isto é, pela capacidade que estas têm para se deformarem irreversivelmente após a aplicação de uma força e de manterem a deformação quando a força é retirada. As argilas são constituídas essencialmente por filossilicatos com dimensões reduzidas (inferior a 3 µm) e forma lamelar e, entre os vários tipos de filossilicatos existentes na indústria cerâmica tradicional, destacam-se a caulinite, a montmorilonite e a illite [14], [16].

Os fundentes são compostos, geralmente minerais, que, uma vez fundidos a temperaturas relativamente baixas, provocam a formação de uma fase líquida durante a fase de cozedura, cuja tensão superficial promove a aproximação de partículas não fundidas e, conseqüentemente, o preenchimento dos poros e a consolidação da peça. Os fundentes mais comuns são o feldspato, a calcite e a dolomite [14].

Os desengordurantes são compostos pouco reativos às temperaturas habituais de cozedura e têm como principal objetivo evitar retrações excessivas na secagem e cozedura das pastas cerâmicas, regulando o coeficiente de expansão térmica. O inerte mais utilizado é o quartzo, sob a forma de areia, muito devido ao facto de ser muito abundante na superfície terrestre [14].

Por fim, é importante referir a água. Ainda que esta não possa ser considerada uma matéria-prima cerâmica, uma vez que é eliminada ao longo do processo produtivo, a sua utilização é indispensável no fabrico de materiais cerâmicos. Dependendo da energia de ligação da água aos outros materiais que compõem a pasta, esta pode ser totalmente eliminada no processo de secagem ou apenas durante a fase de cozedura [14].

3.2.4.2.2. Circuito de Preparação de Pasta Plástica e Barbotina

A granulometria grosseira das matérias-primas plásticas e o estado de aglomeração das duras influenciam diretamente a qualidade da pasta cerâmica. Neste sentido, as matérias-primas plásticas são turbodiluídas, por ação mecânica da rotação das hélices de um diluidor (ou diluidor-misturador), com o objetivo de destruir os aglomerados e dar origem a entidades de dimensão mais pequena, dispersas num líquido. Por outro lado, as matérias-primas duras são moídas em moinhos de bolas, com o objetivo de se gerarem esforços – choque e esforços tangenciais – e provocar a fratura das partículas sólidas. Existem vários tipos de equipamentos de moagem e a sua seleção é realizada consoante a granulometria e a homogeneização desejadas. Por sua vez, a velocidade de rotação do moinho influencia o tipo de fratura das partículas, altas velocidades de rotação provocam fraturas por choque e baixas provocam, predominantemente, fraturas por esforços tangenciais. É importante salientar que, no circuito de preparação de pasta para conformação plástica e enchimento, não há adição de desfloculantes nas fases de moagem e diluição, o que implica que as suspensões de sólidos presentes nos moinhos e diluidores apresentem teores de água elevados [12].

Seguidamente, a suspensão do moinho é bombeada para o tanque onde se realizou a diluição e realiza-se a mistura das duas suspensões por agitação, normalmente com a mesma hélice, mas com cerca de metade da velocidade angular utilizada na diluição. Uma vez realizada a mistura, esta sofre operações de peneiração e é posteriormente armazenada em tanques equipados com agitadores permanentes. Dos tanques, as suspensões são bombeadas para os filtros prensa, que promovem a eliminação de grande parte da água de processamento. Dentro das câmaras de filtração dos filtros prensa, a água contida na suspensão é sujeita a uma pressão tal, que a obriga a passar através de um filtro (tecido em algodão, polipropileno, poliamida ou poliéster), conseguindo-se que as partículas sólidas fiquem retidas na câmara e que a água seja descarregada para o exterior. Posteriormente esta operação é repetida ciclicamente até se verificar que não sai líquido pelos orifícios de descarga. A água descarregada para o exterior, por meio de um canal de escoamento, pode ou não sofrer um processo de recuperação [12].

Por fim, as lastras de filtro prensa obtidas podem ser utilizadas na preparação de barbotina ou de pasta plástica. No primeiro caso, as lastras são diluídas na presença de água e desfloculante, originando barbotinas com a densidade e viscosidade pretendidas. No segundo, as lastras sofrem um processo inicial de moagem, para eliminar os efeitos de diferenças de humidade, e são extrudidas na forma de rolos com diâmetro e comprimento variáveis, de acordo com a dimensão das peças a produzir [12]. A Figura 3.5 apresenta o diagrama de formação do bolo de filtração, à esquerda, e um exemplo de rolos de pasta extrudida, à direita.

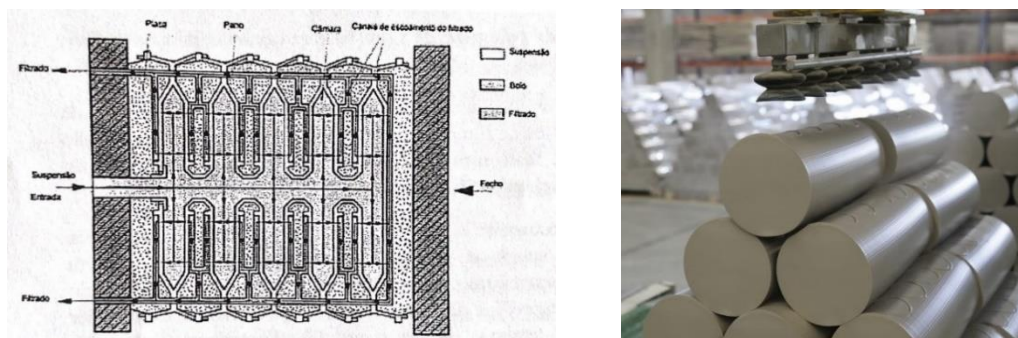


Figura 3.5 - Diagrama de formação do bolo de filtração num filtroprensa de câmaras, à esquerda [12], e exemplo de pasta extrudada, à direita [21].

3.2.4.2.3. Circuito de Preparação de Pasta Atomizada

A fase inicial do circuito de preparação de pasta atomizada é em tudo idêntica à abordada na pasta plástica e barbotina, salientando-se apenas o facto de serem adicionados desfloculantes nos processos de moagem e diluição, bem como de aditivos, normalmente antes da etapa de atomização, que permitam melhorar as características dos granulados e aumentar a resistência mecânica dos produtos prensados [12].

A partir do momento em que a suspensão se encontra nos tanques com agitadores permanentes, esta é bombeada para um tanque de alimentação de um atomizador, após sofrer uma nova peneiração. O processo de secagem por atomização tem o mesmo objetivo dos filtroprensa, isto é, eliminar o excesso de líquido (água) do processamento. No entanto, a atomização visa obter um granulado (pó cerâmico) com determinadas propriedades de humidade, densidade e granulometria que permitam a prensagem adequada. Neste processo, a suspensão aquosa é pulverizada, por bicos de pressão e bombas de pistão, no interior de uma câmara isolada termicamente, onde circula uma corrente de ar seco e quente, com a pressão suficiente para provocar a secagem (Figura 3.6, à esquerda). Desta forma, na atomização a humidade da mistura é quase totalmente eliminada por evaporação, formando-se um pó, o granulado (Figura 3.6, à direita). A forma dos grânulos obtidos por atomização depende das propriedades da suspensão, das características do atomizador e das condições de operação [12], [16].

Antes de ser enviado para os silos de armazenamento, onde o granulado permanece em repouso até 24 a 36 horas até ser enviado para a prensagem, este é normalmente sujeito a uma nova operação de peneiração, uma vez que se formam aglomerados muito húmidos e de grandes dimensões no interior da câmara do atomizador. O período de repouso do granulado nos silos permite uniformizar a humidade do mesmo. Por fim, o granulado deixa os silos e alimenta as prensas através de operações de dosagem, maioritariamente automatizadas e geridas informaticamente [12].

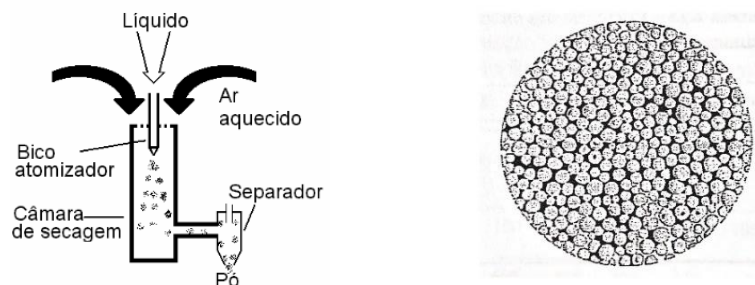


Figura 3.6 – Representação esquemática de um atomizador, à esquerda [16], e formas de grânulos obtidos por atomização com bicos de pressão, à direita [12].

3.2.4.3. Conformação

O processo de conformação é uma das etapas mais importantes no processo produtivo de produtos de loiça utilitária, uma vez que é nesta que o material adquire a forma e as características estruturais pretendidas [22]. De acordo com a composição e o estado do material e da forma que se pretende obter, entre outras particularidades, utilizam-se diferentes processos de conformação e todos podem existir numa mesma empresa [14]. Genericamente, os processos de conformação para produtos de loiça utilitária são divididos em função do teor de humidade da suspensão em: conformação por via líquida (enchimento convencional e sob pressão), conformação por via plástica (contramoldagem e prensagem plástica) e conformação por via seca (prensagem isostática). Como se verá em detalhe, em quase todos os tipos de conformação estudados é também necessário projetar e desenvolver madres, moldes e contramoldes (ou calibradores) para que a conformação seja possível. Uma vez que este é o capítulo mais importante no desenvolvimento deste trabalho, será abordado pormenorizadamente de seguida.

3.2.4.3.1. MMC

Ao longo da história da cerâmica foram surgindo novas técnicas e tecnologias para facilitar e melhorar os processos de conformação. Inicialmente as peças eram moldadas manualmente, com a ajuda de um torno. No entanto, isso dava origem a peças diferentes umas das outras e o tempo de conformação de cada peça era bastante elevado. Neste sentido, para tornar o processo mais fácil e eficiente, surgiram os moldes ou formas [17].

A matéria-prima mais utilizada na produção de moldes (e até de modelos e de madres) para a produção de peças cerâmicas é o gesso, principalmente devido: à sua capacidade de transmitir às peças finos pormenores e permitir a reprodutibilidade das propriedades físicas; estabilidade dimensional; boa capacidade de absorção de água; facilidade de desmoldagem; durabilidade; baixo custo e fácil manuseamento [23]. O gesso é armazenado no estado sólido e, quando é necessário produzir formas, este é misturado com água nas proporções adequadas de modo a se obter a consistência pretendida. Esta mistura é feita nas proporções massa de gesso para massa de água e depende do tipo de gesso utilizado e do tipo de conformação (por exemplo, o gesso utilizado na prensagem *RAM* tem de resistir a esforços superiores ao utilizado noutras conformações, sendo obrigatoriamente diferente do utilizado na conformação por *Roller* e este diferente do utilizado no enchimento convencional). Atualmente já existem outros materiais para fabricar moldes, como as resinas acrílicas ou as resinas epóxis utilizadas, por exemplo, no enchimento sob pressão [17]. No Anexo A apresentam-se as proporções massa de gesso para massa de água para os diferentes gessos utilizados na produção de moldes na *Mesa Ceramics*.

Existe mais do que uma forma de produzir MMC. Seja ela qual for, inicialmente é necessário ter em conta a percentagem de retração que a peça irá sofrer desde a sua conformação (peça verde) até ao final da sua cozedura (peça cozida). A equação (3.1) traduz a ampliação que é necessária ter em conta no projeto de MMC de forma a considerar a retração que a peça irá sofrer. Esta retração depende de vários fatores, entre os quais o tipo de método de conformação e o tipo de matéria-prima utilizada.

$$\frac{\text{Dimensão peça verde (mm)} - \text{Dimensão peça cozida (mm)}}{\text{Dimensão peça crua (mm)}} \times 100 = \text{Retração (\%)} \quad (3.1)$$

Atualmente, o método tradicional é ainda o mais utilizado na produção de produtos cerâmicos. Segundo *Maruccio et al.* [24], neste método, o desenho e fabrico de novos produtos cerâmicos requer várias semanas de trabalho até se obter a conformação do primeiro produto e é baseada numa aproximação de tentativa-erro, muito influenciada pela experiência de cada pessoa envolvida em cada etapa do processo (modelador/oleiro, operador de conformação, etc.). A Figura 3.7 apresenta o fluxograma de fabrico de uma

peça cerâmica pelo método tradicional e a Tabela 3.4 o tempo médio de cada etapa até à obtenção do primeiro produto.

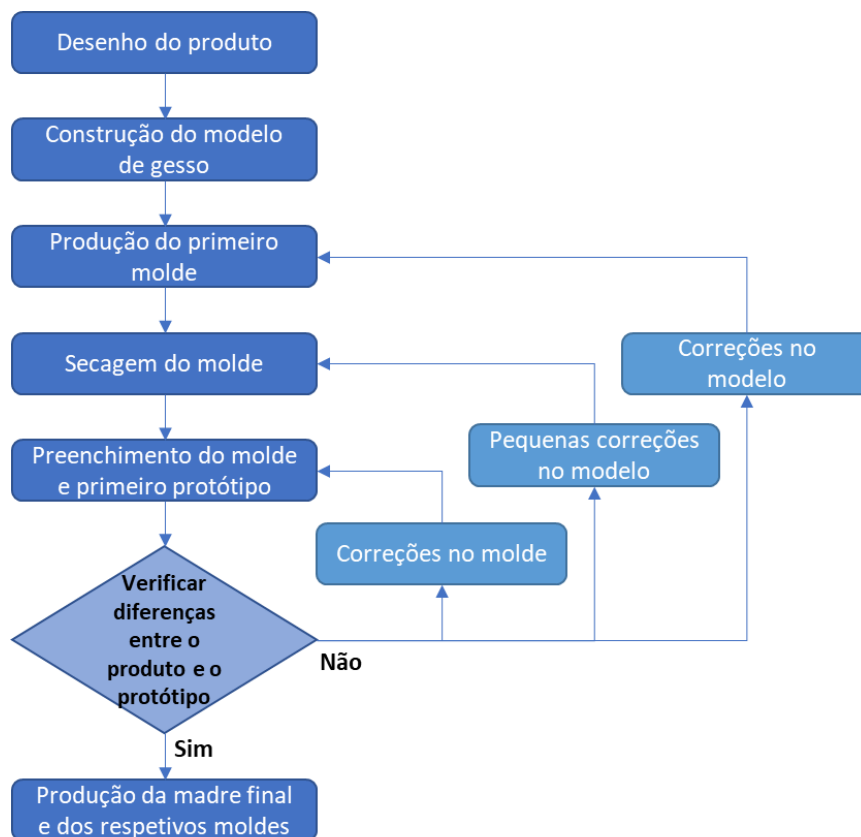


Figura 3.7 - Fluxograma de fabricação de uma peça cerâmica pelo método tradicional [24].

Tabela 3.4 - Tempo médio, em dias, de cada etapa até à obtenção do primeiro produto pelo método de fabricação tradicional [24].

Fase	Duração
Produção do modelo de gesso	4-20 dias
Produção do primeiro molde	2-7 dias
Secagem do molde	7 dias
Verificação do primeiro molde através da produção do primeiro protótipo	7 dias
Número de iterações até à convergência	3-6
Tempo de desenvolvimento do novo produto cerâmico (min., máx.)	34, 76 dias
Tempo médio de desenvolvimento	55 dias

O processo inicia-se com a modelação manual do modelo do próprio objeto, tendo em conta a retração que a peça irá sofrer ao longo de todas as etapas de produção, dada pela equação (3.1). Esta modelação é normalmente realizada em gesso, na roda do oleiro e com auxílio de determinadas ferramentas. Seguidamente, obtém-se o primeiro molde de gesso a partir do modelo, do qual é negativo. A madre, em gesso ou resinas, obtém-se a partir do primeiro molde, sendo por consequência igual ao modelo e o negativo desse

molde [25]. A madre resulta de um trabalho cuidado por parte do oleiro e a sua produção tem de ter em consideração o posterior encaixe dos moldes nas máquinas *Roller* (utilizando-se para o efeito um anel limitador, que tem exatamente a forma desse mesmo encaixe) e nas prensas *RAM* (utilizando-se para o efeito uma caixa metálica, denominada *chassis*). A madre permite a posterior produção seriada dos vários moldes de trabalho, a partir dos quais se formam os produtos cerâmicos [23]. A conformação por *Roller*, como será visto em detalhe na secção 4.5.1. e no decorrer do trabalho, para além de madres e moldes (MM) necessita também do desenho de calibradores, que, segundo o método mais antigo, é realizado manualmente a partir da primeira forma da peça. Nas Figura 3.8 apresentam-se uma madre de gesso (à esquerda) e a primeira forma que lhe deu origem (à direita) e na Figura 3.9 apresenta-se o desenho de um calibrador a partir da primeira forma.



Figura 3.8 – Madre de gesso, à esquerda, e primeiro molde de gesso, à direita, fabricadas pelo método tradicional.

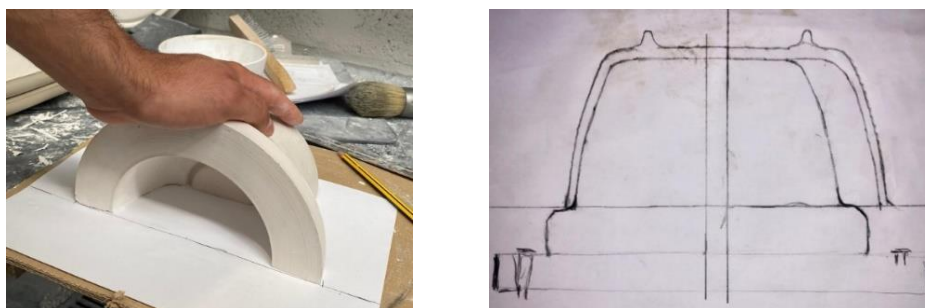


Figura 3.9 - Desenho do calibrador pelo método de fabrico tradicional a partir do primeiro molde de gesso.

Hoje em dia, a otimização e a redução do tempo é um dos tópicos principais de qualquer processo industrial. *Maruccio et al.* [24] apresentam um novo método de desenvolvimento de produto, já utilizado em algumas empresas, que permite a automatização de algumas fases do processo, através de ferramentas computacionais e de técnicas mais sofisticadas e tecnologicamente mais avançadas. Segundo *Maruccio et al.* [24], este método permite reduzir drasticamente o número de iterações necessárias para passar do primeiro protótipo até ao modelo final e, conseqüentemente, o tempo de fabrico do mesmo (Figura 3.10 e Tabela 3.5).

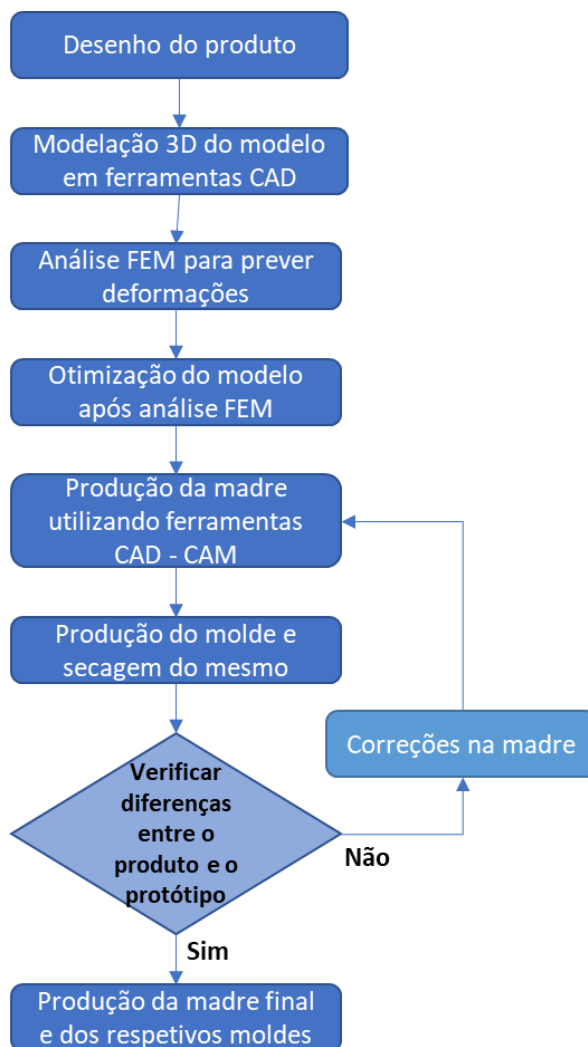


Figura 3.10 - Fluxograma de fabrico de uma peça cerâmica pelo método apresentado por Maruccio et al. [24].

Tabela 3.5 - Tempo médio, em dias, de cada etapa até à obtenção do primeiro produto pelo método de fabrico apresentado por Maruccio et al. [24].

Fase	Duração
Modelação CAD e análise FEM do modelo e produção do primeiro molde	7-15 dias
Secagem do molde	7 dias
Verificação do primeiro molde através da produção do primeiro protótipo	7 dias
Número de iterações até à convergência	1-3
Tempo de desenvolvimento do novo produto cerâmico (min., máx.)	21, 43 dias
Tempo médio de desenvolvimento	32 dias

Segundo *Maruccio et al.* [24], a partir do desenho da peça, efetuado habitualmente por um *designer*, realiza-se a sua modelação computacional através de ferramentas de Desenho Assistido por Computador (*Computer Aided Design - CAD*), tendo-se mais uma vez em conta a retração já referida. Após se ter a peça modelada, realiza-se uma análise de

elementos finitos (*Finite Element Method* – FEM), que permite prever o comportamento do produto em questão em determinadas situações e sob o efeito de determinados esforços, reduzindo-se os erros entre o produto final obtido e o produto desenhado e tentando-se melhorar a geometria do mesmo.

Após a análise estar completa e através de certas operações computacionais que dependem do tipo de peça e do tipo de conformação, obtém-se a modelação da madre. Por fim, realiza-se a maquinação da mesma, normalmente num bloco de poliuretano, através de ferramentas de Fabrico Assistido por Computador (*Computer Aided Manufacturing* - CAM) e obtém-se a madre física. O processo posterior para produzir os moldes de gesso é o mesmo do que o explicado no método anterior. Neste caso, o desenho do calibrador para conformação por *Roller* é também realizado com auxílio do CAD aquando do projeto da madre. Na Figura 3.11 apresentam-se uma madre de poliuretano (à esquerda) e um calibrador de *nylon* (à direita), obtidos pelo processo acima descrito.



Figura 3.11 -Madre de poliuretano, à esquerda, e calibrador em nylon, à direita, produzidos pelo método apresentado por Maruccio et al. [24].

O fabrico das madres é uma fase crítica de todo o processo, sendo necessário ter em consideração que a matéria-prima a usar deve ter pouca ou inexistente expansão, permitindo conservar as medidas desejadas na peça, e a superfície da madre deve ser lisa e de grande durabilidade. O mesmo acontece com os calibradores utilizados para conformação por *Roller*, que são normalmente de *nylon* ou aço.

3.2.4.3.2. Conformação por Via Líquida

O processo de conformação por via líquida é realizado a partir de uma suspensão com teor de humidade próximo dos 40 %, com ou sem aplicação de pressão externa à suspensão, enchimento sob pressão ou enchimento convencional, respetivamente [12], [16].

3.2.4.3.2.1. Conformação por Enchimento à Lambagem

Também denominado por enchimento convencional, enchimento por barbotina ou simplesmente enchimento, o enchimento à lambagem é talvez o processo de conformação mais antigo e de menor investimento inicial. Caracteriza-se por permitir conformar produtos das mais variadas formas (simples ou complexas) com investimento reduzido, no entanto apresenta baixa produtividade (número de peças produzidas por hora de trabalho), pouca rentabilidade em utilização, difícil automatização, necessidade de grandes espaços, de utilização de muita mão-de-obra e de grandes gastos energéticos durante a secagem, pois as peças têm bastante água [14], [26].

As etapas do ciclo de conformação por enchimento à lambagem são: (1) enchimento da forma de gesso com a suspensão (barbotina); (2) permanência da barbotina dentro do molde de gesso o tempo necessário para formar a parede sólida da peça com a espessura pretendida (o molde vai absorvendo a água da barbotina através de sucção capilar); (3) vazamento do excesso de barbotina (peças cheias a céu aberto); (4) endurecimento e

consolidação da peça através de pré-secagem da peça no molde de gesso; (5) desmoldagem e (6) limpeza, fecho e preparação do molde para um novo ciclo [12].

O molde poroso toma uma importância significativa neste processo, uma vez que tem de ter capacidade de absorver alguma da água da barbotina, permitindo que as partículas sólidas vão formando, progressivamente, a parede da peça (por efeito de sucção capilar). A espessura desta parede depende do tempo de contacto da barbotina com o molde (sendo proporcional à raiz quadrada do tempo de permanência da barbotina no molde), da porosidade do mesmo, da densidade e viscosidade da barbotina, da permeabilidade da parede formada, *etc.* [12], [16], [26]. A Figura 3.12 apresenta, em síntese, as etapas de conformação por enchimento à lambugem.

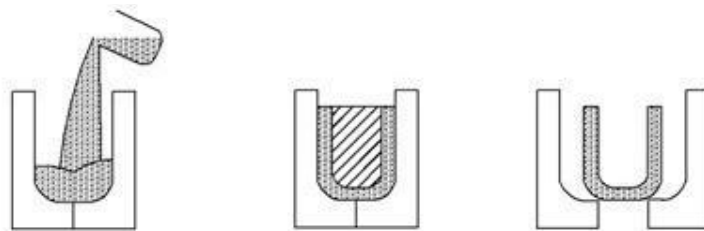


Figura 3.12 - Etapas de conformação por enchimento à lambugem [16].

Para poder ser facilmente separada do molde e manuseada com segurança, a peça deve sofrer uma determinada retração, perdendo alguma água retida e aumentando a sua consistência. A percentagem de retração e a rapidez deste processo depende dos vários fatores já referidos anteriormente, enfatizando-se a percentagem de retração da barbotina [12].

3.2.4.3.2.2. Conformação por Enchimento Sob Pressão

O enchimento sob pressão é uma tecnologia avançada de conformação utilizada principalmente na indústria cerâmica sanitária e de loiça. Este processo também utiliza barbotina, como no enchimento convencional, mas os moldes são poliméricos, mais resistentes mecanicamente e contêm uma rede de poros e um sistema de pequenas tubagens internas. Relativamente ao enchimento convencional, o enchimento sob pressão é um processo muito mais automatizado, permite obter produtos com qualidade superior e apresenta maior produtividade. O acabamento superficial posterior dos produtos obtidos por este processo é reduzido, a precisão dimensional é superior, a formação da parede é muito mais rápida e os moldes não necessitam de passar pela etapa de secagem e têm um tempo de vida muito superior. No entanto a produção destes é muito mais complexa e cara, sendo apenas justificada para a produção de grandes séries de produtos [16], [26].

O processo de enchimento sob pressão requer a utilização de moldes, frequentemente obtidos através de processos heterogêneos de polimerização de resinas epóxis, resinas acrílicas (como, por exemplo o poli(metil metacrilato) – PMMA) ou poliésteres, com elevada resistência mecânica, que permitam suportar elevadas pressões (que podem variar entre 3 - 40 bar) ao longo da conformação. Os moldes utilizados são moldes poliméricos porosos que têm uma rede de poros e um sistema de pequenas tubagens internas, permitindo a injeção controlada da suspensão, sob uma pressão hidrostática, que promove o escoamento da água pelo molde e permite a formação da peça. Após a conformação, a pressão é retirada, o molde é aberto e é injetado ar comprimido e água através da rede de poros do molde, facilitando desmoldagem da peça e, ao mesmo tempo, promovendo a limpeza do molde [16].

As fases do ciclo de conformação necessárias para o processo de enchimento sob pressão são: (1) enchimento do molde polimérico poroso com barbotina; (2) formação da parede

sólida da peça, cuja duração depende da estrutura porosa do molde, da permeabilidade da parede formada e da viscosidade, densidade e temperatura da barbotina; (3) endurecimento e consolidação da peça conformada, por efeito da eliminação do excesso de líquido retido e (4) desmoldagem da peça (Figura 3.13) [27].

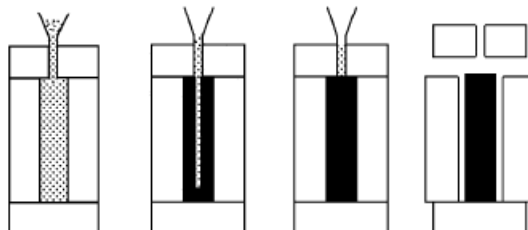


Figura 3.13 - Sistema de enchimento por espessura obrigada [27].

A formação da parede da peça junto ao molde é conseguida por um processo *designado* de desigualdade de espessura obrigada ou entre moldes, isto é, a espessura de parede formada é igual à distância entre as paredes do molde. O molde absorve a água da barbotina e faz baixar o nível da suspensão no interior do mesmo, sendo necessário reabastecer o molde com barbotina. Este abastecimento pode ser realizado de modo contínuo porque, no enchimento sob pressão, o molde é fechado. A força motriz necessária para o escoamento da água da suspensão para o molde deve-se à pressão criada artificialmente, através da aplicação de uma pressão hidrostática do lado da suspensão. Neste caso, a pressão hidrostática é gerada por bombas projetadas previamente [27].

3.2.4.3.3. Conformação por Via Plástica

A conformação por via plástica utiliza pasta com conteúdo de água na ordem dos 20 %. Neste processo, as partículas sólidas estão separadas por uma película líquida (líquido de processamento) que facilita o seu deslizamento relativo, quando é ultrapassada a tensão de cedência do sistema pelo esforço de deformação. Se aos esforços de conformação estiverem associados esforços tangenciais de deformação, a conformação designa-se contramoldagem ou conformação por *Roller*. Por outro lado, se este esforço for gerado por forças de compressão uniaxial e a deformação transversal se processar sem constrangimentos, a conformação *designa-se* prensagem de pasta plástica ou prensagem *RAM* [12].

3.2.4.3.3.1. Contramoldagem (Conformação por *Roller*)

A conformação em máquinas *Roller* é um dos processos mais utilizados na indústria, consequência, principalmente, do seu grande rendimento produtivo. O processo de conformação por *Roller* pode ser quase completamente automatizado e permite produzir, por hora, várias centenas de peças, consoante a dimensão das mesmas, destreza do operador ou nível de automatização da máquina [28]. No entanto, a utilização deste tipo de máquinas está limitada à produção de peças com um eixo de revolução, como por exemplo, pratos, tigelas, canecas, *etc.*

Existe uma grande variedade de máquinas de conformação por *Roller*, oferecendo uma ampla diversidade de opções às indústrias de produção de loiça utilitária. O tipo de máquina *Roller*, as suas especificações e o *design* da peça a conformar influenciam diretamente o projeto de MMC. A conformação pode ser externa (Figura 3.14 à esquerda) ou interna (Figura 3.14 à direita) e, apesar da variedade de máquinas e de todas as suas variantes, o princípio de funcionamento de uma *Roller* não difere muito de máquina para máquina nem de peça para peça, destacando-se as seguintes etapas (conformação externa): (1) posicionamento do molde de gesso no suporte da mesa (*designado* na indústria por *panela*) da máquina *Roller*; (2) corte da proporção ideal de uma “pastilha” de

pasta a conformar, colocando-a no interior do molde; (3) movimento de subida do suporte da mesa, ou descida do calibrador, ou os dois movimentos em simultâneo, provocando uma redução gradual da distância entre o molde e o calibrador, até um valor mínimo que estabelece a espessura da peça (esse valor mínimo é ditado pelo desenho da peça e é calibrado nas opções da máquina). Deste movimento resulta a prensagem do centro da pastilha da pasta, originando o seu escoamento na direção externa. A prensagem da pasta e o escoamento da mesma para a periferia são garantidos devido à inclinação do calibrador (com um ângulo normalmente entre 10-15° com a vertical) ou devido a um movimento de avanço e recuo do calibrador, prensando a pasta contra as paredes da forma. A pasta sobre o molde é sujeita a esforços tangenciais, devido a diferenças de velocidade periférica entre o molde e o calibrador, que originam grandes velocidades de deformação e obrigam a uma diminuição da espessura da pasta. O excesso de pasta é removido pela ação de um cortador e (4) a conformação termina quando a forma e o calibrador se separam e retomam as suas posições iniciais. A peça permanece aderente à superfície do molde e ambos são retirados para a operação de secagem, permitindo uma nova forma tomar a posição da anterior e a repetição do ciclo [12].

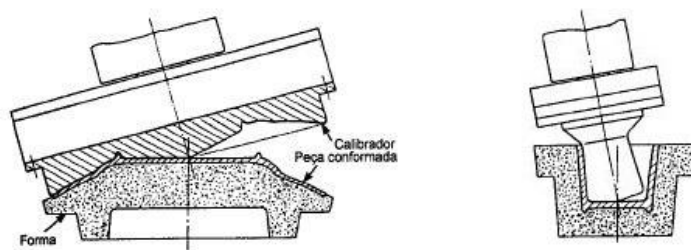


Figura 3.14 -Representação esquemática da conformação por Roller: conformação externa, à esquerda e conformação interna, à direita [12].

Neste tipo de conformação, o molde e o calibrador rodam no mesmo sentido, mas o primeiro roda mais rapidamente que o segundo, sendo que a diferença de velocidades angulares entre ambos é da ordem dos 2-3 %. As diferenças de velocidade geram elevadas velocidades que, em cada ponto da peça, são proporcionais à diferença de velocidade periférica entre o calibrador e a forma. A partir de uma determinada velocidade de deformação, a pasta sofre escoamento Newtoniano, que é fundamental para a eliminação de texturas residuais introduzidas na fase de extrusão da pasta. No entanto, como o escoamento não ocorre no centro da peça, onde as velocidades periféricas são muito baixas, as texturas características da extrusão podem manter-se e dar origem a fissuras durante a secagem [12].

É comum aquecer-se o calibrador com o objetivo de evitar a aderência da pasta neste. Este aquecimento permite a criação de uma película de vapor entre o calibrador e a pasta, que evita a separação desta do molde [17].

Como referido, é comum a fase de extrusão provocar excentricidades e texturas residuais na pasta. Para as eliminar, é necessário trabalhar com excesso de pasta, relativamente ao que é estritamente necessário para conformar a peça. O excesso de pasta depende, entre outros, do tamanho da peça a conformar. Por exemplo, em peças pequenas, em que as pastilhas de pasta são colocadas diretamente sobre o molde de gesso sem qualquer tratamento prévio, o excesso de pasta é removido pelo cortador, durante a conformação, e representa entre 20-50 % da massa da peça em verde conformada. Neste sentido, a conformação por *Roller* origina uma grande quantidade de pasta residual, e a textura e distribuição de humidade nesta traduz efeitos das operações de processamento a que foi sujeita, podendo até incorporar partículas de gesso. Esta pasta residual, *designada de*

apara, pode ser reciclada e introduzida novamente no processo, desde que seja numa fase inicial para passar pelas fases de diluição, peneiração, separação magnética e filtro-prensagem, afastando o risco de contaminação [12], [17].

3.2.4.3.3.2. Conformação por Prensagem Plástica (Prensagem RAM)

O processo de conformação por prensagem RAM consiste numa compressão uniaxial de uma pasta plástica através de um molde permeável, normalmente de gesso, constituído por duas partes: a parte inferior, que permanece fixa durante a conformação, e a parte superior, que é a responsável pelo movimento uniaxial. As máquinas de prensagem RAM são normalmente hidráulicas e semiautomáticas, exigindo alguma operação manual, e permitem a conformação de peças das mais variadas formas. Ao contrário da conformação por Roller, a prensagem RAM é muito versátil, sendo possível produzir peças simétricas e assimétricas, com várias variações de espessura e profundidade, sendo esta última limitada pelo tamanho da prensa. A prensagem RAM apresenta maior rendimento produtivo que o enchimento convencional, mas menor que a conformação por Roller, conseguindo realizar até cerca de cinco ciclos por minuto, dependendo mais uma vez da dimensão da peça, da destreza do operador ou do nível de automatização da máquina [28], [29].

Os moldes de gesso, previamente produzidos, contêm no seu interior serpentinas que permitem, através da injeção de ar comprimido, expelir a água que passa para o gesso durante a prensagem e, conseqüentemente, desmoldar as peças. Os mesmos moldes são envolvidos por uma caixa metálica, ou *chassis*, que tem como função auxiliar o gesso a suportar os esforços a que é sujeito, permitir o seu transporte, manuseio e montagem sem os danificar. O *chassis* pode ser redondo, oval ou retangular e a dimensão é limitada pelo tamanho da prensa. Durante o processo de conformação atingem-se grandes esforços de compressão, podendo atingir-se pressões que variam entre 6-28 bar, dependendo, entre outros fatores, do tipo de molde, da sua consistência, das características reológicas da pasta e da espessura da peça conformada. O tempo de vida útil dos moldes depende de muitos fatores, mas em média é possível realizar cerca de 2500 ciclos de prensagem. Os pinos dos moldes, *designados* na indústria cerâmica por malhetes, garantem o correto alinhamento entre a parte inferior e superior [29].

As etapas de conformação da prensagem plástica são: (1) montagem e alinhamento dos moldes inferior e superior na máquina de conformação; (2) colocação da pastilha de pasta sobre o molde inferior, mantendo o molde superior na posição mais elevada. Mais uma vez, como na conformação por Roller, é comum a pasta extraída apresentar excentricidades e texturas residuais, sendo necessário trabalhar com excesso de pasta; (3) descida do molde superior até ao ponto máximo do curso que define a espessura da peça (nesta etapa a pasta residual é expelida para fora do molde, sendo posteriormente retirada pelo operador aquando da desmoldagem total da peça). Tal como na conformação por Roller, as aparas de pasta podem, e devem, ser reintroduzidos no processo de fabrico após extrusão, sofrendo todas as etapas já referidas; (4) injeção de ar comprimido no molde inferior, através das serpentinas de circuito de ar do mesmo, permitindo a pré desmoldagem da peça; (5) subida do molde superior e da peça conformada. A peça fica segura ao molde superior devido ao vácuo, uma vez que essa metade do molde ainda não foi pressurizada; (6) injeção de ar comprimido no molde superior através das serpentinas de circuito de ar do mesmo e (7) desmoldagem total da peça [28]. Na Figura 3.15 apresenta-se uma sequência ilustrativa das etapas do ciclo de prensagem RAM.

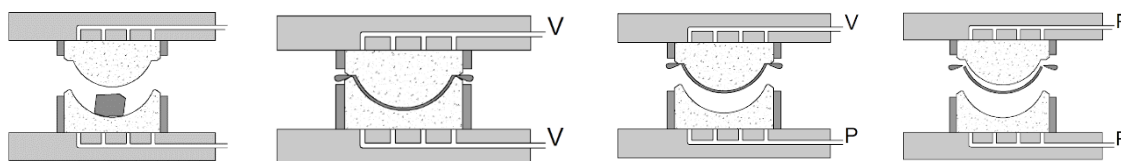


Figura 3.15 - Sequência ilustrativa das etapas de prensagem RAM. Legenda: V - vácuo; P – Pressão [30].

3.2.4.3.4. Conformação por Via Seca

A conformação por via seca é realizada por prensas a partir de granulado atomizado com uma humidade que pode variar entre 1 a 10 %, sendo normalmente inferior a 6 % [14]. Este tipo de processo apresenta inúmeras vantagens: (1) permite elevadas cadências de produção com o emprego de mão-de-obra reduzida, uma vez que é possível automatizar todas as etapas do ciclo de prensagem; (2) permite obter peças com bom controle dimensional e com reduzida necessidade de acabamento; (3) reduz o tempo e os efeitos da operação de secagem, pois os granulados têm percentagens de humidade reduzida e (4) apresenta retrações associadas à secagem reduzidas. O facto dos moldes para louça terem um custo elevado e as formas possíveis de conformar serem limitadas apresentam-se como as principais desvantagens [31].

Existem, fundamentalmente, dois tipos de prensagem: uniaxial ou unidirecional, direccionada para o fabrico de pavimento e revestimento, e isostática, direccionada para o fabrico de louça [14]. Neste trabalho será apenas abordada esta última, de forma breve e introdutória.

3.2.4.3.4.1. Conformação por Prensagem Isostática

O processo de conformação por prensagem isostática caracteriza-se pela elevada uniformidade de compactação, pois a pressão é idêntica em todos os pontos da superfície da peça. Neste tipo de conformação, o granulado é colocado num molde flexível dentro de uma câmara com um fluido hidráulico (água ou óleo), ao qual é aplicada uma pressão em todas as direções (isostática) [31].

Existem dois tipos de prensagem isostática, a de molde húmido e a de molde seco. Na primeira, o granulado é introduzido no interior de um molde flexível e impermeável ao fluido pressurizado, geralmente de borracha natural ou sintética ou de silicones, a partir dos silos de armazenamento. O molde é fechado e submerso no líquido contido na câmara de pressão, este é pressurizado por uma bomba hidráulica e a pressão transmite-se uniformemente para o interior do molde. Uma vez realizada a prensagem, a pressão é reduzida progressivamente e ocorre uma expansão tanto do molde como da peça, facilitando a remoção desta. Na técnica do molde seco, o molde tem canais internos por onde circula um fluido pressurizado, não se necessitando de o submergir num fluido. O primeiro apresenta como vantagens a homogeneidade de distribuição de pressão na superfície da peça e o menor custo do molde, enquanto o segundo permite velocidades de produção muito superiores, mas com elevada complexidade de desenvolvimento e custos dos moldes [32]. A Figura 3.16 apresenta o processo de prensagem isostática de molde húmido (à esquerda) e seco (à direita).

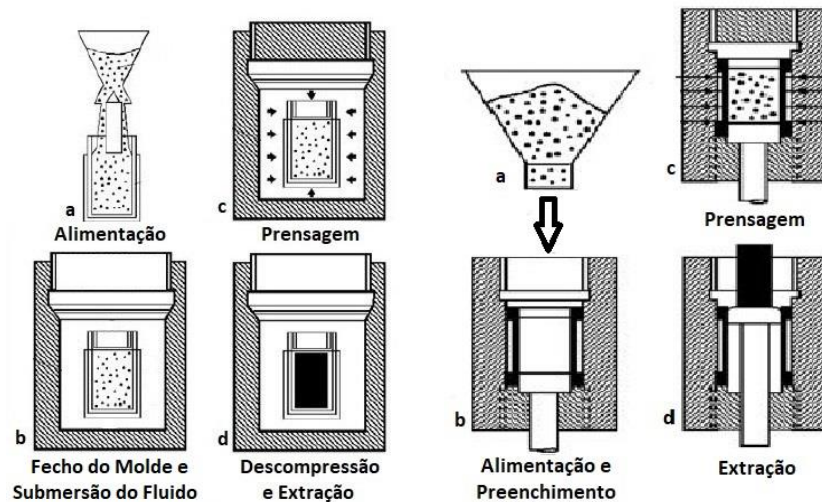


Figura 3.16 - Prensagem isostática segundo a técnica do molde húmido (à esquerda) e seco (à direita) [32].

3.2.4.4. Secagem

Após a conformação procede-se à operação de secagem. Esta tem como objetivo eliminar a água de processamento contida nas peças conformadas, permitindo que estas tenham maior resistência mecânica em cru e consigam suportar as posteriores operações de acabamento (eliminação de rebarbas do bordo), aplicação de elementos complementares de peças especiais (asas de chávenas, por exemplo), vidragem, decoração e preparação para a operação de cozedura [12].

Como referido na secção anterior, os produtos conformados por via líquida apresentam normalmente humidades na ordem dos 40 %, por via plástica esta baixa para cerca de 20 %, enquanto os conformados por via seca, cuja humidade a eliminar é a do granulado de prensagem, é inferior a 10 %. Após a conformação por via plástica e líquida, as peças permanecem aderentes à superfície da forma de gesso e não é possível realizar imediatamente a desmoldagem, pois os esforços de desmoldagem seriam suficientes para deformar as peças ou estas deformar-se-iam por ação do seu próprio peso. Assim, é necessário que ocorra algum endurecimento da pasta e que se verifique alguma retração da peça conformada, o que permitirá que esta possa ser completamente libertada e desmoldada em segurança. Por esta razão, na primeira fase de secagem, que é também a fase em que se verifica maior retração, o molde acompanha habitualmente a peça, o que também permite simultaneamente a secagem do molde de gesso, ficando este imediatamente disponível para uma nova conformação. Os secadores utilizados nesta fase são geralmente secadores de convecção, também denominados de “secadores de couro”, e estão perto das máquinas *Roller* e de enchimento sob pressão, funcionando com limites apertados de temperatura e humidade relativa [12].

Os secadores de convecção são importantes para garantir que as peças conformadas têm uma fácil desmoldagem e que adquirem uma determinada consistência, mas não permitem eliminar toda a água de processamento. Neste sentido, em algumas unidades industriais, as peças são submetidas a uma nova fase de secagem, já sem a presença dos moldes de gesso, com temperaturas mais elevadas e humidades relativas mais baixas. Após o processo de secagem, “única ou dupla”, as peças são acabadas, eliminando-se rebarbas e corrigindo quaisquer imperfeições, e recorre-se a aplicação de elementos complementares [12]. Na Figura 3.17 apresenta-se uma imagem ilustrativa de um secador associado à conformação por *Roller* de loiça em porcelana.

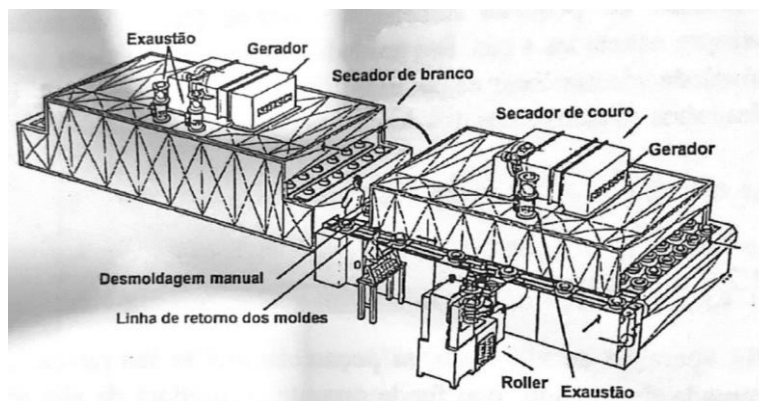


Figura 3.17 - Imagem ilustrativa de um secador associado à conformação por Roller de loiça em porcelana. [12].

3.2.4.5. Vidragem e Decoração

A operação de vidragem tem como finalidade a aplicação de uma camada de vidro às peças descarregadas do secador, recobrimo-as. Antes desta operação, as peças devem ser limpas de poeiras, de modo manual ou automático, através de ar comprimido, esponjas húmidas ou escovas, para garantir a correta aderência do vidro às peças [12].

Após a cozedura, a camada de vidro funde e confere à superfície das peças características de impermeabilidade, brilho, agradabilidade ao toque, resistência à abrasão, facilidade de limpeza, etc. Os vidrados utilizados são aplicados a partir de uma suspensão aquosa de sólidos e é importante garantir o controle reológico destas suspensões, normalmente com massa específica entre 1,3 e 1,4 kg/l, para garantir uma boa qualidade final do vidro, após a operação de cozedura. A vidragem pode realizar-se por pulverização, que é o método mais utilizado na vidragem de peças por monocozedura (Figura 3.18, à esquerda); imersão ou mergulho; por cortina (vidragem externa) e por esguicho (vidragem interna) [12].

A formação da película de vidro não deve ser demasiado rápida nem demasiado lenta, para evitar a formação de defeitos nos produtos, deve consolidar suficientemente e ser aderente à superfície recoberta. A zona do frete ou qualquer local de assentamento é limpo, fazendo passar as peças sobre um tapete de esponja humedecida (Figura 3.18, à direita) [12]. Os fretes, para além de servirem como zonas de contacto entre as peças e as superfícies onde estas estão pousadas, permitem controlar possíveis deformações das peças e conferem-lhes maior resistência mecânica [25].

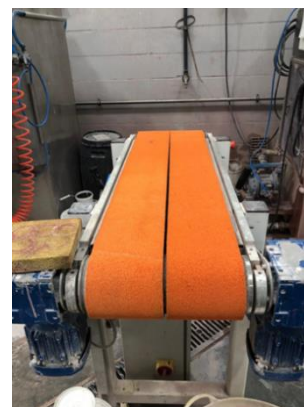


Figura 3.18 - Estação de vidragem automática, à esquerda, e tapete de esponja humedecida, à direita.

Após a operação de vidragem, algumas peças podem ainda sofrer uma operação de decoração, que, nos produtos de grés, ocorre geralmente imediatamente após a vidragem. Existem vários sistemas de aplicação de decoração. A tecnologia de impressão digital, por exemplo, é uma técnica sofisticada, versátil (pois permite uma decoração tanto vertical como horizontal) e tecnologicamente avançada, que permite oferecer uma grande eficiência ao processo produtivo e uma vasta quantidade de cores [33].

3.2.4.6. Cozedura

Após as operações de vidragem, e decoração em determinados produtos, estes são submetidos a um tratamento térmico, onde ocorre um conjunto complexo de transformações, que afetam o suporte e o vidrado, com o objetivo de se obterem produtos com as características tecnológicas e estéticas desejadas. As transformações dependem da natureza químico-mineralógica das matérias-primas utilizadas e da temperatura atingida. Desta forma, é importantíssimo o conhecimento dos mecanismos dessas transformações, para que se consiga estabelecer a curva de cozedura mais adequada. Ao tratamento térmico a que os produtos são submetidos dá-se o nome de cozedura [12].

Os fornos utilizados para a processo de cozedura podem ser fornos contínuos ou intermitentes, dependendo da dimensão da unidade produtora, e permitem controlar a temperatura e a atmosfera de cozedura a cada instante do processo. A temperatura, o tempo e a atmosfera de cozedura dependem das matérias-primas utilizadas, do grau de homogeneização e das características pretendidas na peça final. A duração do ciclo de cozedura de um determinado forno influencia diretamente a capacidade de produção do mesmo e a qualidade de cozedura dos produtos, por isso é importante encontrar um equilíbrio perfeito entre a duração mínima desse ciclo e os níveis de qualidade exigidos do produto [12], [16]. Na Figura 3.19 encontra-se um exemplo de uma curva de cozedura típica de produtos de grés.

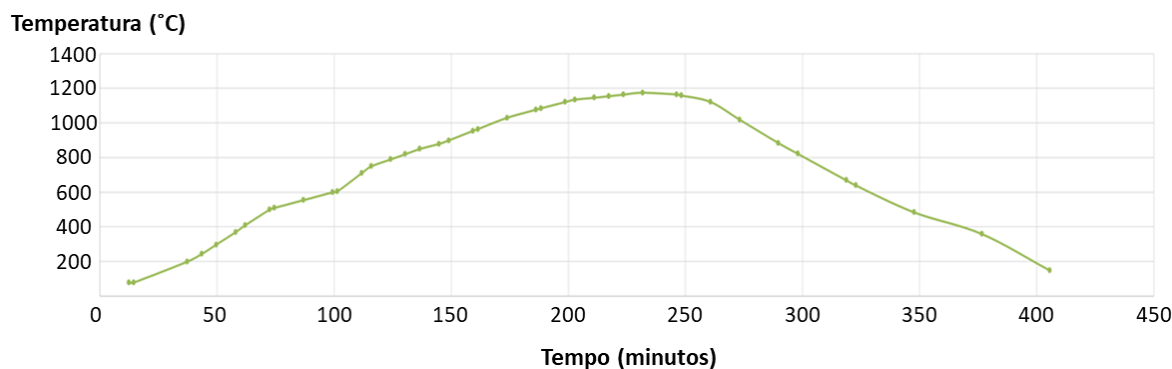


Figura 3.19 - Curva de cozedura típica de produtos de grés.

Dependendo do tipo de loiça a produzir, podem existir uma ou mais etapas de cozedura. O grés é caracterizado por, normalmente, necessitar apenas uma etapa de cozedura, onde o vidrado e da decorado cozem em simultâneo – monocozedura. No entanto, em alguns produtos é necessário recorrer-se a bicozedura, que corresponde a duas cozeduras, sendo a primeira a da peça cerâmica não vidrada e a última a da peça já vidrada e decorada ou até a três cozeduras, que corresponde a um processo de três cozeduras, sendo a última, normalmente, a mais baixa temperatura para a decoração [14].

3.2.4.7. Escolha e Embalagem

Após a cozedura as peças são sujeitas a um processo de escolha. Neste processo, as peças são submetidas a um controlo, normalmente manual por um operador, onde são escolhidas e classificadas as peças de acordo com qualquer defeito existente, que pode ter ocorrido em qualquer fase do processo descrito nas secções antecedentes. Este

controlo é realizado com o objetivo de verificar se as peças obedecem aos padrões definidos internamente e asseguram as expectativas dos clientes [17].

As peças podem também sofrer operações de polimento, geralmente manual, cujo objetivo é polir eventuais superfícies irregulares, e operações de “roçagem”, que tem por finalidade polir o frete ou outras superfícies não vidradas que poderão ter ficado contaminadas durante a cozedura [17].

Por fim, os produtos conforme são embalados de forma adequada e acondicionada, esperando posteriormente o envio para o armazém de expedição. Esta fase do processo pode até parecer simples e não ter grande importância, no entanto é necessário que os produtos sejam bem acondicionados, utilizando plásticos (bolha, por exemplo) entre peças e caixas de cartão, e que as caixas sejam bem identificadas, contendo impressos os elementos identificativos do produto. Este processo permite identificar os produtos facilmente e evitar que estes cheguem ao cliente em mau estado [12].

4. Projeto de MMC

4.1. Introdução

Neste capítulo é descrito e analisado o processo de desenvolvimento de produtos na *Mesa Ceramics*, com especial atenção para o projeto e desenvolvimento de MMC necessários para os diferentes tipos de conformação efetuados na Unidade Industrial II da referida empresa. É descrito, pormenorizadamente, este projeto e processo de desenvolvimento pelos métodos tradicional e com integração do *CAD/CAM*, através dos conteúdos estudados em visitas de estudo a empresas e através de estudo autónomo. Por fim, são identificados pormenores importantes a ter em consideração em todos os projetos de MMC e são apresentados alguns projetos de desenvolvimento.

4.2. Contacto e Estudo do Processo de Desenvolvimento de Produtos na *Mesa*

Apesar de estar cada vez mais tecnológico e automatizado, o setor da cerâmica é ainda muito caracterizado pela sua tradição e pelo conhecimento intrínseco de cada empresa, uma vez que neste setor, na maior parte das vezes, cada empresa tem as suas próprias metodologias e os seus próprios segredos. Por consequência, o esforço necessário para estudar e dominar minimamente a área do desenvolvimento de MMC neste setor teve de ser, forçosamente, redobrado.

Habitualmente, o processo de desenvolvimento de um produto na *Mesa Ceramics* inicia-se através do desenho de novos produtos por parte do *designer* da empresa, que pode ser guiado pela identificação de uma oportunidade de mercado ou pela procura das necessidades dos consumidores. O *designer* pode realizar somente o desenho do produto (ou da família de produtos) ou realizar também a modelação do mesmo, através de ferramentas *CAD*.

Se o *design* do produto for aprovado pelos responsáveis da *Mesa*, então é inicialmente discutido o seu método de produção, com particular destaque para o método de conformação, que dita, obrigatoriamente, a Unidade Industrial de produção do produto em questão. O método de conformação é escolhido de acordo com o *design* do produto, a quantidade de peças pretendidas por hora de trabalho (produtividade) e segundo as vantagens e desvantagens de cada método, apresentadas na secção 3.2.4.3. Após a seleção do processo de conformação, a empresa subcontrata o projeto de MMC a empresas externas tendo em conta que: (1) o projeto e o fabrico dos moldes para as prensas isostáticas é subcontratado normalmente aos fornecedores das máquinas em questão que, no caso da *Mesa Ceramics*, são estrangeiros, o que torna o processo muito demorado e, muitas vezes, mais caro; (2) o projeto e o fabrico de MM (e de calibradores na conformação por *Roller*) para conformação por vias plástica e/ou líquida é subcontratado a uma empresa nacional, denominada *Modesp - Modelação Especializada, Lda*, que se dedica ao projeto e fabrico de madres utilizando um processo idêntico ao descrito por *Maruccio et al.* [24]. Apesar de ser este o nome comercial da empresa, no decorrer deste documento referir-se-á a empresa apenas como *Modesp* e (3) o projeto e o fabrico de MM em gesso para conformação por enchimento convencional é subcontratado a um modelador com um *atelier* particular, que utiliza o método tradicional apresentado na secção **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**

Do ponto de vista da engenharia, o projeto dos moldes para a prensagem isostática aparentava ser o mais complexo e desafiante. No entanto, o facto de, na *Mesa*, esse projeto e a sua respetiva materialização ser realizada por fornecedores estrangeiros tornou impraticável a sua aprendizagem e o seu estudo. Desta forma, o estágio focou-se principalmente no projeto e desenvolvimento de MMC para os tipos de conformação realizados na Unidade Industrial II da fábrica (conformação por *Roller*, conformação por *RAM* e conformação por enchimento sob pressão), compreendendo os métodos de

desenvolvimento tradicional e o apresentado por *Maruccio et al.* [24]. O facto da empresa não possuir nenhum funcionário com experiência no projeto e desenvolvimento de MMC dificultou o respetivo processo de aprendizagem, tendo sido necessário um estudo autónomo a partir de projetos já desenvolvidos, numa primeira fase, visitas de estudo a empresas que se dedicam ao projeto e fabrico de madres utilizando ambos os processos descritos por *Maruccio et al.* [24], numa segunda fase e, por fim, aplicação dos conceitos aprendidos numa terceira fase. Após o projeto de MMC, o processo produtivo e de desenvolvimento de produtos utilizado na *Mesa* segue a sequência indicada na secção 3.2.4, não tendo tido tanto enfoque no decorrer do estágio.

4.3. Estudo Autónomo Segundo o Método de Integração do CAD/CAM no Projeto e Desenvolvimento de MMC

Inicialmente, devido à ausência de um funcionário com experiência no projeto e desenvolvimento de MMC segundo o método de integração do CAD/CAM nos quadros da *Mesa*, o primeiro contacto com este tipo de projetos foi completamente autónomo. Começou pelo estudo e avaliação das MMC físicos presentes na empresa, projetados e desenvolvidos pela *Modesp* com o objetivo de se tentar compreender alguns dos princípios básicos e características do seu projeto, tendo-se concluído que:

1. As madres são, normalmente, produzidas a partir de um bloco de poliuretano de alta densidade e os calibradores a partir de *nylon*. As madres de alumínio têm bom desempenho, mas demoram muito tempo a atingir a estabilidade térmica;
2. Através das madres e de outros componentes essenciais, como anéis limitadores por exemplo, produzem-se os moldes. Uma vez que estes são componentes que se desgastam após alguns ciclos, a utilização de madres permite a sua produção seriada, facilitando e reduzindo muito o seu tempo de fabrico e, conseqüentemente, aumentando a rentabilidade de produção;
3. Os moldes para os processos de conformação por *Roller* e prensagem *RAM* são de gesso, tendo estas propriedades diferentes para cada tipo de conformação. A produção de moldes para conformação por enchimento sob pressão é mais complexa e envolve a manipulação de muitos componentes, entre eles resina epóxi;
4. Qualquer que seja o método de conformação, as madres, os moldes e os calibradores têm sempre dimensões superiores ao do desenho do produto desenvolvido pelo *designer*. Este facto deve-se exclusivamente à retração que os produtos sofrem nas etapas de secagem e cozedura, sendo necessário realizar o projeto de MMC tendo em conta uma determinada percentagem de retração. A percentagem de retração da pasta cerâmica utilizada na *Mesa Ceramics* é cerca de 11 % na pasta para prensagem *RAM* e conformação por *Roller* (Anexo B) e 11,5 % na pasta para conformação por enchimento sob pressão (Anexo C). Sabendo estas percentagens de retração e através da equação (3.1), é possível calcular a ampliação necessária em cada método de conformação;
5. No método de conformação por *Roller* é necessária uma madre, para produzir o molde, e um calibrador. Na prensagem *RAM* e na conformação por enchimento sob pressão são necessárias duas madres, cada uma para produzir cada lado do molde.
6. Qualquer que seja o método de conformação, todos os componentes devem ser projetados com um ângulo de saída positivo, permitindo a desmoldagem da peça com maior facilidade e mantendo integralmente a sua geometria.

De uma forma geral, estas foram as características constatadas na avaliação física de diferentes MMC presentes na *Mesa*. No entanto, cada um destes componentes tem as suas particularidades e, para que a conformação seja realizada de forma perfeita e os produtos obtidos sejam semelhantes aos desenhos pelo *designer*, é necessário um prévio e cuidadoso projeto de MM e, na conformação por *Roller*, também de calibradores.

Para estudar e compreender as particularidades e os detalhes de cada um destes componentes, selecionaram-se uma série de peças produzidas através dos diferentes métodos de conformação presentes na Unidade Industrial II da empresa. Infelizmente, como à data deste estudo o equipamento de enchimento sob pressão adquirido ainda não tinha sido entregue devido a constrangimentos relacionados com a pandemia COVID-19 e como a empresa não tinha modelações computacionais de projetos de madres para conformação por *RAM*, foi dada especial ênfase ao projeto de MMC para conformação por *Roller*. Partindo-se dos desenhos fornecidos pelo *designer* procedeu-se à modelação *CAD* de algumas das peças selecionadas. De seguida, considerou-se a percentagem de retração da pasta cerâmica utilizada para a conformação por *Roller* e ampliaram-se as peças modeladas conforme o valor retribuído pela equação (3.1), através da opção *scale* do *Solidworks*. Posteriormente, foram ensaiados diversos métodos para realizar o projeto de MMC e compararam-se os respetivos desenhos e modelações com os desenhos realizados pela *Modesp*, verificando-se muitas incongruências dimensionais e projetuais. As Figura 4.1 e Figura 4.2 apresentam dois exemplos dos vários projetos realizados para estudo e comprovam as incongruências referidas, onde as linhas a azul correspondem ao desenho efetuado e as linhas a vermelho ao realizado pela *Modesp*.

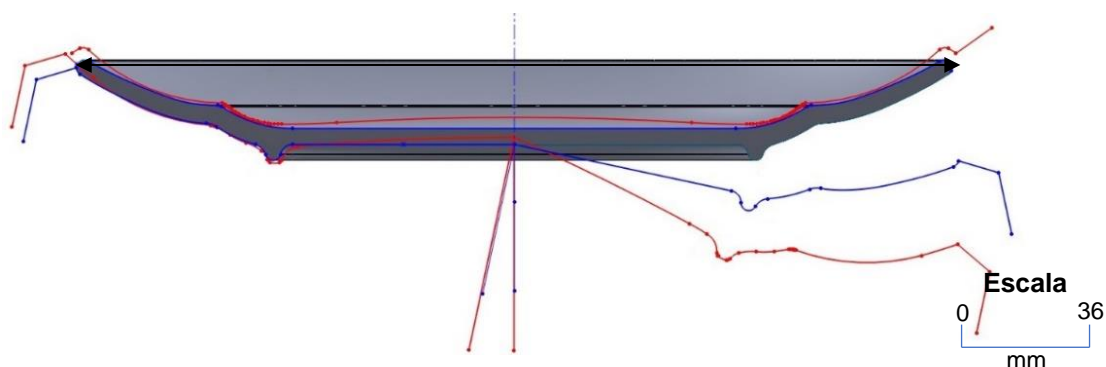


Figura 4.1 – CAD de um dos pratos utilizados na fase de estudo autónomo e respetivas linhas do molde e do calibrador para a conformação por *Roller*.

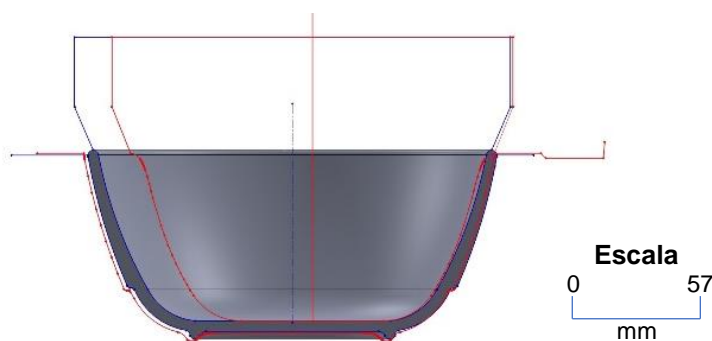


Figura 4.2 – CAD de uma das tigelas utilizadas na fase de estudo autónomo e respetivas linhas do molde e do calibrador para a conformação por *Roller*.

4.4. Visita a Empresas e Ateliers

4.4.1. Método Tradicional de Desenvolvimento de MMC

Com o objetivo de estudar o método tradicional de projetar e produzir MMC e perceber os seus pormenores, realizou-se uma visita de estudo a um *atelier* do modelador ao qual a *Mesa Ceramics* subcontrata alguns trabalhos. Pelas mesmas razões referidas anteriormente, acrescentando o facto da prensa *RAM* da empresa não estar a ser utilizada regularmente, foi dada especial ênfase ao projeto de MMC para conformação por *Roller*.

Normalmente, o desenho 2D da peça chega ao modelador já tendo sido selecionado o respetivo método de conformação pela direção da empresa, de acordo com os objetivos estabelecidos por esta. A primeira etapa realizada pelo modelador, comum a todos os métodos de conformação, consistiu em estudar todos os pormenores e dimensões apresentadas no desenho realizado pelo *designer*. Muitas das vezes, os *designers* não têm total conhecimento sobre os processos de fabrico dos produtos, em particular sobre os métodos de conformação destes, e consequentemente, os desenhos realizados necessitam de sofrer pequenas modificações e compensações para que o produto obtido seja o desejado e a sua produção seja exequível. No entanto, uma vez que nenhuma peça é igual à anterior e cada uma tem as suas próprias características, esta etapa envolve desde logo muito *know how* por parte do projetista/modelador, fruto de conhecimento adquirido ao longo de vários anos de treino e trabalho. Ainda assim, destacam-se algumas das modificações e compensações que podem permitir antecipar possíveis deformações irreversíveis após o processo de conformação dos produtos:

1. Com o objetivo de tornar a peça mais “refinada” e ao mesmo tempo reduzir o seu peso, é comum a redução da espessura da mesma na zona do fundo e na parte superior da aba/bordo. A magnitude dessa redução depende de muitas características, entre as quais a tecnologia de conformação;
2. É necessário ter especial atenção à altura do frete ao fundo da peça, à largura do mesmo e à sua curvatura interior. Os raios do frete das peças devem ser sempre superiores a 1 mm e as suas curvaturas interior e exterior devem ser sempre suavizadas, pois fretes muitos verticais podem impossibilitar a contração da peça no molde e, consequentemente, provocar rachas na base da mesma (Figura 4.3, à esquerda). Devem evitar-se a todo o custo fretes muito altos e com grande espessura, pois, para além de poderem impossibilitar a contração da peça, estes criam, geralmente, zonas de altas tensões perto destes locais, aumentando a probabilidade do aparecimento de rachas e dos produtos saírem defeituosos;
3. Normalmente, quando a distância entre o centro da peça e o frete é elevada, é provável que ocorra abatimento da base da mesma devido ao seu peso. Para contrariar essa condição, é necessário ter em consideração uma compensação vertical (como é possível verificar na linha a vermelho da Figura 4.1) desde o centro da peça até ao seu frete, cuja magnitude depende de muitos fatores e envolve muito conhecimento por parte do projetista, entre os quais: dimensões do produto, geometria e espessura deste, tecnologia de conformação, composição e retração da pasta cerâmica, composição do vidro, temperatura de cozedura, *etc.*;
4. Se a distância entre o centro da peça e o frete for muito elevada e se a compensação referida no ponto anterior não for suficiente, é comum a utilização de um frete adicional intermédio, ajudando a suportar o peso da peça. Na Figura 4.3, à direita, apresenta-se o exemplo de uma madre com um frete intermédio adicionado;
5. Normalmente, quando o diâmetro total da peça e/ou a sua altura são muito elevados, é necessário considerar uma compensação na sua aba lateral (como se verifica na linha a vermelho da Figura 4.1), antevendo o seu abatimento após conformação. Mais uma vez, a magnitude desta compensação depende de todos os fatores referidos no ponto 3 e envolve muito *know how* do projetista.



Figura 4.3 – Exemplo de um molde cuja zona do frete não permite a contração da peça [25], à esquerda, e de uma mãe com um frete intermédio, à direita.

Após realizadas as compensações e modificações necessárias no desenho do *designer*, e sabendo desde o início qual o método de conformação da respetiva peça, inicia-se o processo de modelação manual do modelo do próprio objeto, considerando-se sempre a retração que a peça irá sofrer consoante o seu futuro método de conformação. Os modelos para produção de moldes podem ser produzidos em argila ou gesso, sendo este último o mais comum, na roda do oleiro (ou torno de gesso) e com auxílio de inúmeras ferramentas (como raspadeiras, teques, goivas, ferros de torneiar, etc.). No contexto específico da visita, esta etapa não era relevante e não foi efetuada, tendo sido utilizado para o efeito um prato já fabricado e existente no *atelier*. Uma vez obtido o modelo, este foi pincelado com desmoldante, fixo ao torno de gesso e foi montado um recetáculo⁴ à sua volta. De seguida, foi vazado o gesso para o interior do recetáculo e, após um determinado tempo de secagem, obteve-se o primeiro molde (Figura 4.4). No enchimento convencional, enchimento sob pressão e prensagem *RAM*, nesta fase é necessária a utilização de malhetes (de gesso ou plástico) no molde, permitindo guiar as várias partes deste ao serem abertas e fechadas. A mãe, normalmente em gesso no processo tradicional, corresponde ao negativo do molde e obteve-se após este ter sido pincelado com desmoldante, fixo ao torno de gesso, montado um recetáculo à sua volta e, finalmente, vazado o gesso para o interior deste [25].



Figura 4.4 – Montagem de um recetáculo metálico, à esquerda, e primeiro molde obtido, à direita.

Segundo o processo tradicional, se o objetivo for produzir MM para conformação por enchimento convencional, enchimento sob pressão ou prensagem *RAM*, a próxima fase

⁴ Um recetáculo é um espaço oco destinado a receber um volume de material líquido ou pastoso, gesso neste caso, que se molda a esse mesmo espaço. Podem ser produzidos a partir de madeira, chapa metálica, cartão impermeável, etc. [25]. Na produção de MM para conformação por *Roller*, normalmente, o recetáculo utilizado nesta fase é um anel limitador, permitindo o posterior encaixe entre o molde e as cavidades das máquinas *Roller*. Por outro lado, na produção de MM para prensagem *RAM* o recetáculo é um *chassis*.

seria repetir todo o processo descrito para o lado oposto da peça (Figura 4.5 a) e b)). No entanto, como já referido, nesta visita foi dada especial ênfase ao projeto de MMC para conformação por *Roller*. Neste sentido, já produzidos o molde e a madre, a próxima fase teve como objetivo projetar o calibrador, cujo desenho depende do tipo de peça que se pretende produzir e do tipo de máquina *Roller* utilizada. Para a peça utilizada na visita, cerrou-se o primeiro molde em duas metades, decalcou-se uma delas numa folha branca e desenhou-se apenas metade da superfície em falta (superfície interior, neste caso) do prato manualmente, cumprindo a espessura indicada no desenho efetuado pelo *designer* (Figura 4.5 c)). Para desenhar a outra metade da superfície foi necessário considerar uma translação do centro da peça (conhecida na cerâmica como recuo), garantindo-se que, no processo de produção, o calibrador tinha espaço suficiente para realizar a entrada e saída do molde. A magnitude dessa translação depende, mais uma vez, do tipo de peça. Após se conceber o desenho do calibrador pelo processo tradicional, este é normalmente enviado para produção num torno convencional ou numa máquina de Controlo Numérico por Computador (CNC).



Figura 4.5 – a) Montagem de um recetáculo para obtenção do molde do lado oposto da peça; b) molde do lado oposto da peça obtido e c) desenho manual do calibrador a partir do primeiro molde.

4.4.2. Método de Integração do CAD/CAM no Projeto e Desenvolvimento de MMC

Para esclarecer as diversas dúvidas sentidas aquando do estudo autónomo do processo de integração do CAD/CAM no projeto e desenvolvimento MMC e, ao mesmo tempo, compreender melhor os detalhes deste mesmo método, realizou-se uma visita de estudo à empresa *Modesp*. Mais uma vez, o destaque recaiu principalmente no projeto de MMC para conformação por *Roller*.

Segundo foi referido na visita, a forma de como a informação chega à *Modesp* para o projeto de MMC varia de empresa para empresa e de projeto para projeto. No entanto, dependendo das empresas, dos projetos e da dificuldade dos mesmos, o processo pode iniciar-se segundo os seguintes cenários: (1) chegada do desenho da peça pretendida, realizado pelo *designer*, em papel ou através de numa ferramenta computacional de desenho 2D, como o *AutoCAD*, por exemplo; (2) chegada da modelação virtual da peça, realizado a partir de uma ferramenta CAD ou (3) chegada da própria peça que se pretende conformar, seca ou já cozida. No primeiro caso, se o desenho chegar em papel, é necessário realizá-lo através de numa ferramenta computacional de desenho 2D. No terceiro caso, se a complexidade da peça for reduzida, são realizadas todas as medições necessárias e esta é desenhada computacionalmente através de uma ferramenta de desenho 2D. Por outro lado, se a complexidade da peça for elevada, normalmente esta sofre um processo de engenharia inversa e o seu modelo virtual é obtido com auxílio de um *scanner*. De um modo geral, qualquer que seja a forma de chegada da peça, normalmente é sempre necessário obter o seu desenho 2D computacional ou a sua

modelação *CAD*, com o objetivo de se aplicarem as modificações e compensações abordadas na secção anterior.

Uma vez realizada esta etapa, através de ferramentas *CAD*, são realizadas as modelações virtuais dos produtos cujas compensações se tinham realizado no desenho *2D* computacional. De seguida, considera-se a retração que estes irão sofrer consoante o seu futuro método de conformação. Infelizmente, a *Modesp* não adiantou muito sobre como efetua as seguintes etapas do seu projeto para o desenvolvimento de MMC e quais os detalhes importantes nas mesmas. Foi apenas referido na visita que, após o projeto das madres e calibradores para conformação por *Roller* estar realizado, os modelos são enviados para um *software CAM* e gera-se o código *G*, necessário para controlar os movimentos das máquinas *CNC*.

A última fase da visita resumiu-se ao esclarecimento das dúvidas sentidas na fase de estudo autónomo, destacando-se:

1. As maiores divergências verificadas entre os desenhos de madres e calibradores realizados no estudo autónomo e os realizados pela *Modesp* deviam-se principalmente às modificações e compensações necessárias em algumas peças;
2. Esclareceu-se qual o lado conformado pelo calibrador e qual o lado conformado pelo molde de gesso, na conformação por *Roller*. Embora essa escolha dependa das características de cada produto, foi referido que era seguro afirmar-se que: nos produtos que têm uma base mais funda, como canecas, tigelas, taças pequenas, etc., a superfície interior é conformada pelo calibrador e a superfície exterior pelo molde de gesso (conformação interna). Por outro lado, nos produtos que têm características mais rasas, como pires, pratos rasos, pratos de sobremesa, etc., a superfície exterior é conformada pelo calibrador e a superfície interior pelo molde de gesso (conformação externa);
3. No projeto de calibradores para conformação por *Roller* de produtos mais fundos é necessário considerar-se um recuo para possibilitar a entrada e saída do calibrador no molde de gesso. A magnitude desse recuo depende das dimensões e características de cada produto, podendo ser 5 mm para produtos de dimensões mais pequenas e entre 10 e 15 mm para produtos de maiores dimensões;
4. Na conformação por *Roller* de produtos rasos, particularmente na máquina da *Mesa Ceramics*, é necessário considerar-se uma inclinação entre 9 e 12° no projeto do calibrador;
5. Qualquer que seja a conformação, normalmente as linhas de fecho (ou partição) das madres (e dos calibradores na conformação por *Roller*) localizam-se através do desenho de uma linha vertical ou horizontal, dependendo dos casos, tangente ao bordo dos produtos.

4.5. Projeto de MMC Segundo o Método de Integração do *CAD/CAM*

Compreendidas as particularidades e os detalhes gerais do projeto e desenvolvimento de MMC, principalmente para conformação por *Roller*, passou-se, à modelação computacional de algumas peças e dos respetivos componentes necessários.

4.5.1. Projeto de MMC para Conformação por *Roller*

As visitas de estudo às empresas permitiram desenvolver competências e compreender a importância de certos detalhes que eram impossíveis de aprender de outra forma, principalmente na conformação por *Roller*, que foi o tipo de conformação ao qual se dedicou mais tempo. Desta forma, tentou-se colocar em prática os conhecimentos adquiridos, primeiramente corrigindo os dois projetos realizados no estudo autónomo e, posteriormente, realizando dois projetos completamente novos.

4.5.1.1. Correção dos Desenhos dos Produtos Efetuados no Estudo Autónomo e Projeto de MMC para os Mesmos

Partindo-se dos desenhos do prato e da tigela realizados no estudo autónomo, efetuaram-se as modificações e compensações conforme as competências desenvolvidas nas visitas de estudo e através da análise dos vários desenhos efetuados pela *Modesp*.

Antes de se começarem-se a analisar as compensações necessárias no projeto de MMC para a conformação do prato, é importante referir que, tratando-se de um prato raso, projetou-se a sua produção por uma conformação externa. Através da análise de vários desenhos com dimensões semelhantes ao do prato, efetuados pela *Modesp*, e tendo em conta que a distância entre o centro do prato e o frete deste era cerca de 61 mm e que o seu bordo estava insuficientemente apoiado e distanciados a cerca de 25 mm da base do frete, consideraram-se uma série de compensações prevendo-se o abatimento da base e da aba lateral do prato: (1) uma compensação vertical na parte inferior da sua base de 2,5 mm; (2) uma compensação vertical na parte superior da sua base de 2 mm e (3) uma compensação ínfima de 1,3 mm da sua aba lateral. Na Figura 4.6 apresenta-se o *design* inicial do prato, a azul, e as compensações referidas, a vermelho.

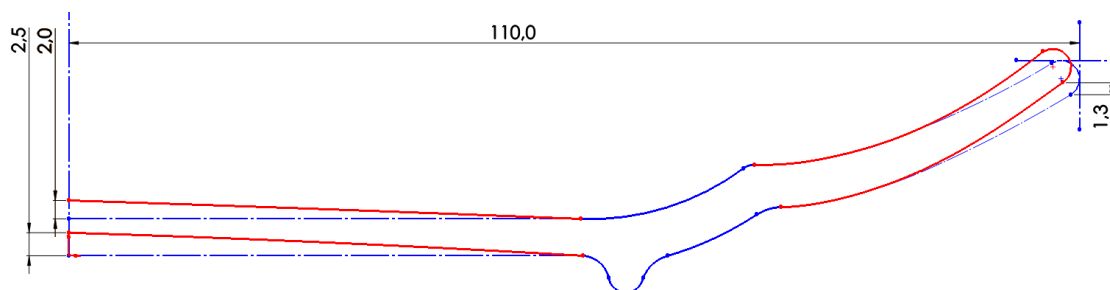


Figura 4.6 – Compensações da base e do bordo efetuadas ao *design* inicial do prato utilizado no estudo autónomo (dimensões em mm).

De seguida, considerou-se a percentagem de retração da pasta cerâmica utilizada para conformação por *Roller* e ampliou-se o prato conforme o valor retribuído pela equação (3.1), através da opção *scale* do *Solidworks*. Uma vez obtido o prato ampliado com as compensações necessárias, iniciou-se o respetivo projeto de MMC. Inicialmente, no *Solidworks*, gerou-se um *sketch* num plano transversal ao prato e, através da opção *Intersection Curve* do *software*, selecionaram-se as superfícies do prato que se pretendiam interseccionar (para projetar a madre selecionaram-se todas as superfícies interiores deste e para o calibrador todas as superfícies exteriores). Nesta fase, prestou-se especial cuidado na zona do bordo do prato para garantir que este era possível de desmoldar (evitando-se ângulos de saída negativos), que a prensagem da pasta e o escoamento da mesma para a periferia era garantida e que o cortador da máquina *Roller* conseguia aceder a esse local facilmente. Neste sentido, considerou-se uma distância entre o calibrador e o molde de cerca de 1 mm na horizontal e 0,5 mm na vertical, como se apresenta na Figura 4.7 (a azul-claro o calibrador e a azul-escuro o molde). Após o bordo ser cortado pelo cortador, este não fica com a geometria circular projetada pelo *designer*, necessitando sempre de uma posterior operação de acabamento.

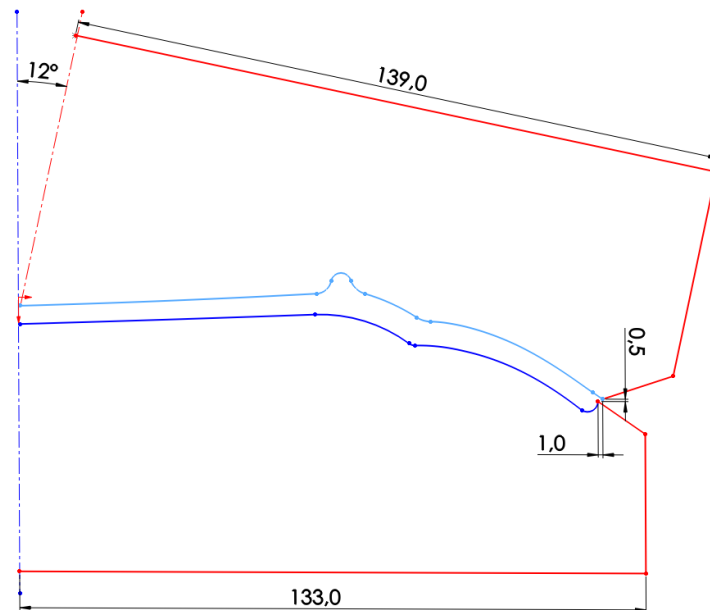


Figura 4.7 – Desenho do molde, a azul-escuro, e do calibrador, a azul-claro, necessários na conformação por Roller do prato utilizado no estudo autónomo (dimensões em mm).

Uma vez efetuado o desenho principal das geometrias do molde de gesso e do calibrador, a etapa seguinte consistiu em modelar a madre, e posteriormente o molde, e o calibrador. Para modelar a madre selecionaram-se as superfícies interiores geradas anteriormente (a azul-escuro na Figura 4.7), juntamente com o segmento interior do bordo da madre e com as superfícies da madre apresentadas a vermelho na mesma figura e, através da linha de simetria do prato, utilizou-se a ferramenta *Revolve* do *Solidworks* para gerar o sólido da madre. Por fim, para gerar o bloco quadrado inferior da madre, utilizou-se a ferramenta *Boss Extrude* e, para garantir o encaixe perfeito entre esta e o anel limitador para posteriormente se produzirem os moldes, utilizou-se precisamente o desenho do anel para pratos, fornecido gentilmente pela *Modesp*. O molde de gesso, sendo o negativo da madre, foi obtido com o auxílio da ferramenta *Intersect* entre a madre e o anel limitador.

De uma forma semelhante modelou-se também o calibrador. Primeiramente, selecionaram-se as superfícies exteriores geradas anteriormente (a azul-claro na Figura 4.7), juntamente com o segmento exterior do bordo do calibrador, e acrescentaram-se os segmentos de reta finais apresentados a cor vermelha na mesma figura. De seguida, garantiu-se a inclinação do calibrador para que a prensagem da pasta fosse efetuada convenientemente, tendo-se utilizado um ângulo de 12° com a vertical (o mesmo ângulo do que o projetado pela *Modesp*). Através da ferramenta *Revolve*, e utilizando como o eixo de revolução o eixo inclinado 12° com a vertical referido, gerou-se o sólido do calibrador. Por fim, o último passo consistiu em projetar um furo central (com 60 mm de diâmetro e 6 mm de profundidade) e quatro furos roscados M8 x 20 (orientados 90° cada e distanciados cada um 62,5 mm do furo central) na superfície superior do calibrador, para posteriormente centrá-lo e fixá-lo à placa específica da máquina *Roller*.

É ainda importante referir que as dimensões das linhas apresentadas a cor vermelha na Figura 4.7 não são muito importantes, apenas se tem de garantir que existe material suficiente na madre e no calibrador para a máquina conseguir conformar o fundo do produto e que estes componentes não colidem um no outro aquando da conformação. Na Figura 4.8 a), b), c), d) e e) apresentam-se, respetivamente, a madre, a madre com o anel limitador (vistos em secção), o molde, o calibrador (visto em secção) e o conjunto do molde, do calibrador e da peça (vistos em secção) do prato projetado. Nos Anexo D e Anexo E

encontram-se, respetivamente, o desenho do calibrador e algumas imagens fotográficas destes componentes deste produto já existentes na *Mesa*.

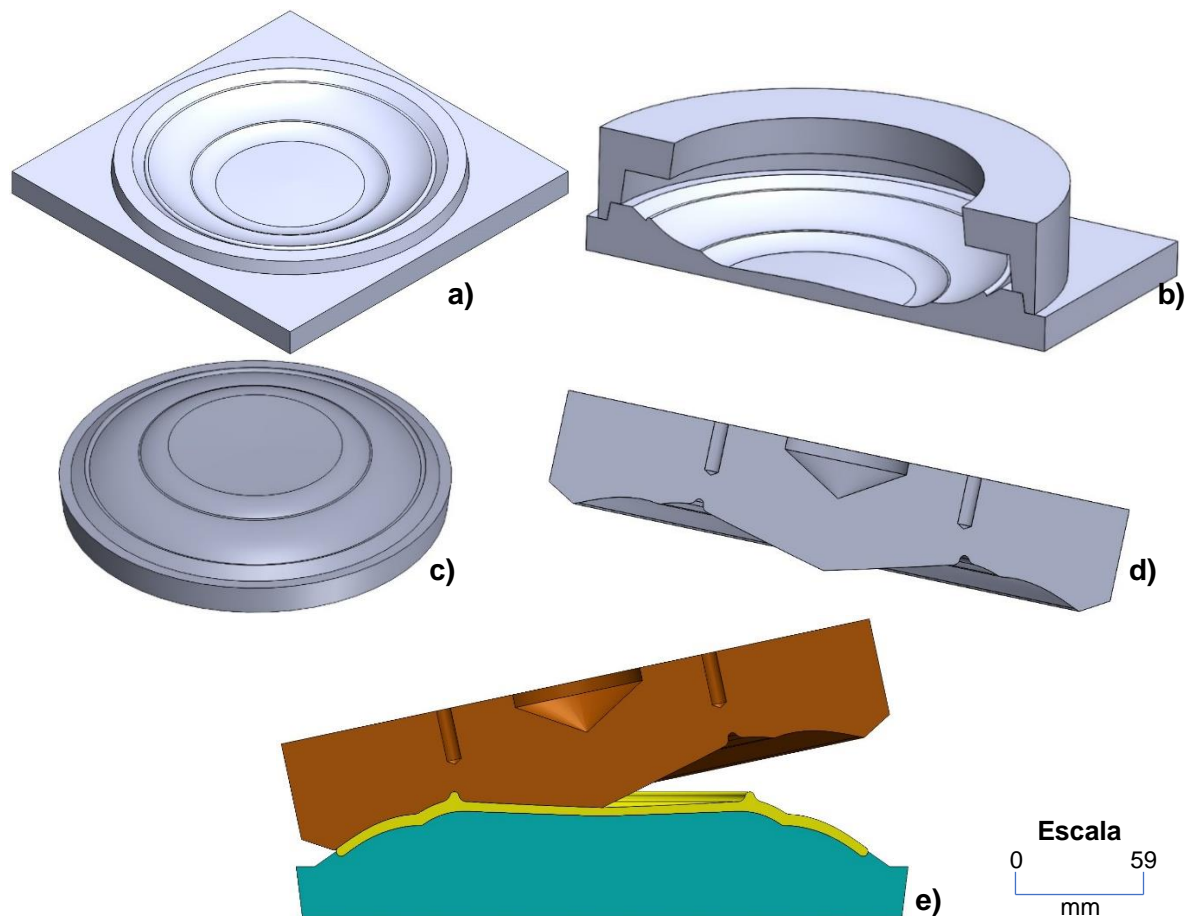


Figura 4.8 – Componentes necessários para a conformação Roller do prato utilizado no estudo autónomo: a) madre; b) madre e anel limitador; c) molde; d) calibrador e e) conjunto do molde, do prato e do calibrador.

O projeto da tigela seguiu procedimentos semelhantes aos descritos para o prato, tendo-se projetado a sua conformação via interna. Pela análise de vários desenhos com dimensões semelhantes ao da tigela, efetuados pela *Modesp*, e tendo em conta que a distância entre o centro da tigela e o frete era reduzido e que o seu bordo estava suficientemente apoiado pelo frete da mesma, considerou-se que não eram necessárias quaisquer compensações. Desta forma, para realizar o projeto de MMC para este produto, partiu-se do desenho efetuado pelo *designer*. De seguida, considerou-se a percentagem de retração da pasta cerâmica utilizada para conformação por *Roller* e ampliou-se a tigela conforme o valor retribuído pela equação (3.1), através da opção *scale* do *Solidworks*. Para efetuar o desenho principal das geometrias do molde de gesso e do calibrador da tigela seguiu-se o mesmo procedimento apresentado no prato, isto é, gerou-se um *sketch* num plano transversal à tigela e, através da opção *Intersection Curve* do *software*, selecionaram-se as superfícies do prato que se pretendiam interseccionar para cada um destes componentes. Para garantir o correto desenho do bordo da tigela e considerando-se todas as características necessárias nesta fase referidas aquando do desenho do bordo do prato, projetou-se uma distância entre o calibrador e o molde de cerca de 1,4 mm na horizontal e 1 mm na vertical, como se apresenta na Figura 4.9 (a azul-claro o calibrador e a azul-escuro o molde).

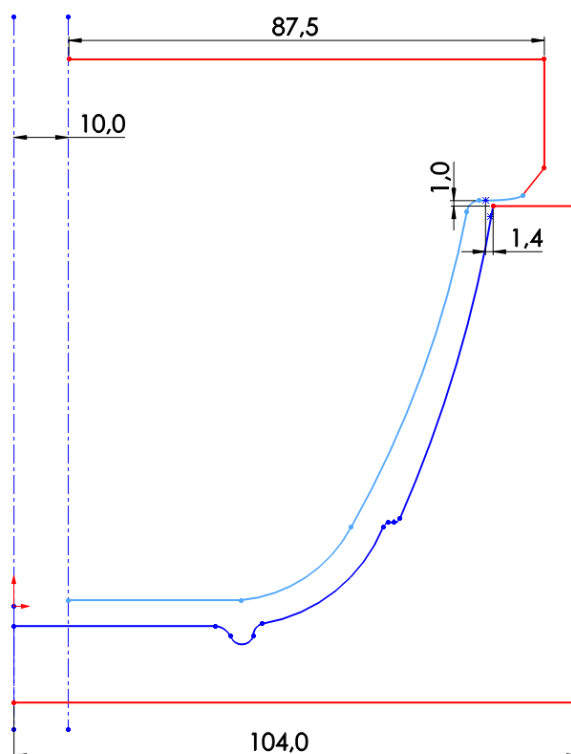


Figura 4.9 – Desenho do molde, a azul-escuro, e do calibrador, a azul-claro, necessários na conformação por Roller da tigela utilizada no estudo autónomo (dimensões em mm).

Uma vez efetuado o desenho principal das geometrias do molde de gesso e do calibrador, a etapa seguinte consistiu em modelar a madre, e posteriormente o molde, e o calibrador. Para modelar a madre da tigela procedeu-se exatamente da mesma forma apresentada no projeto do prato. A única diferença no projeto da madre deve-se apenas ao tipo de anel limitador utilizado, uma vez que se utilizou um limitador adaptado à produção de moldes de tigelas, cujo desenho também foi gentilmente fornecido pela *Modesp*.

A modelação do calibrador foi aquela que mais diferiu da apresentada para o prato, pois a conformação da tigela, ao contrário da do prato, tem de ser interna. Primeiramente, selecionaram-se as superfícies interiores geradas anteriormente (a azul-claro na Figura 4.9), juntamente com o segmento interior do bordo do calibrador, e acrescentaram-se os segmentos de reta finais apresentados a cor vermelha na mesma figura. De seguida, projetou-se o recuo do centro da peça em 10 mm, para garantir que no processo de conformação o calibrador tinha espaço suficiente para realizar a entrada e saída do molde. Através da ferramenta *Revolve*, e utilizando-se como plano de revolução o eixo do recuo, gerou-se o sólido do calibrador. Por fim, o último passo consistiu em projetar um furo central (com 20 mm de diâmetro e 26 mm de profundidade) e três furos roscados M8 x 20 (orientados 120° cada e distanciados 17,5 mm cada um do furo central) na superfície superior do calibrador, para posteriormente centrá-lo e fixá-lo à placa específica da máquina *Roller*.

O referido no projeto anterior sobre as linhas apresentadas a cor vermelha na Figura 4.9 mantêm-se neste e em todos os projetos. Na Figura 4.10 a), b), c), d) e e) apresentam-se, respetivamente, a madre, a madre com o anel limitador (vistos em secção), o molde (visto em secção), o calibrador (visto em secção) e o conjunto do molde, do calibrador e da peça (vistos em secção) da tigela projetada. Nos Anexo D e Anexo F encontram-se, respetivamente, o desenho do calibrador e algumas imagens fotográficas da madre, do anel limitador e do calibrador deste produto já existentes na *Mesa*.

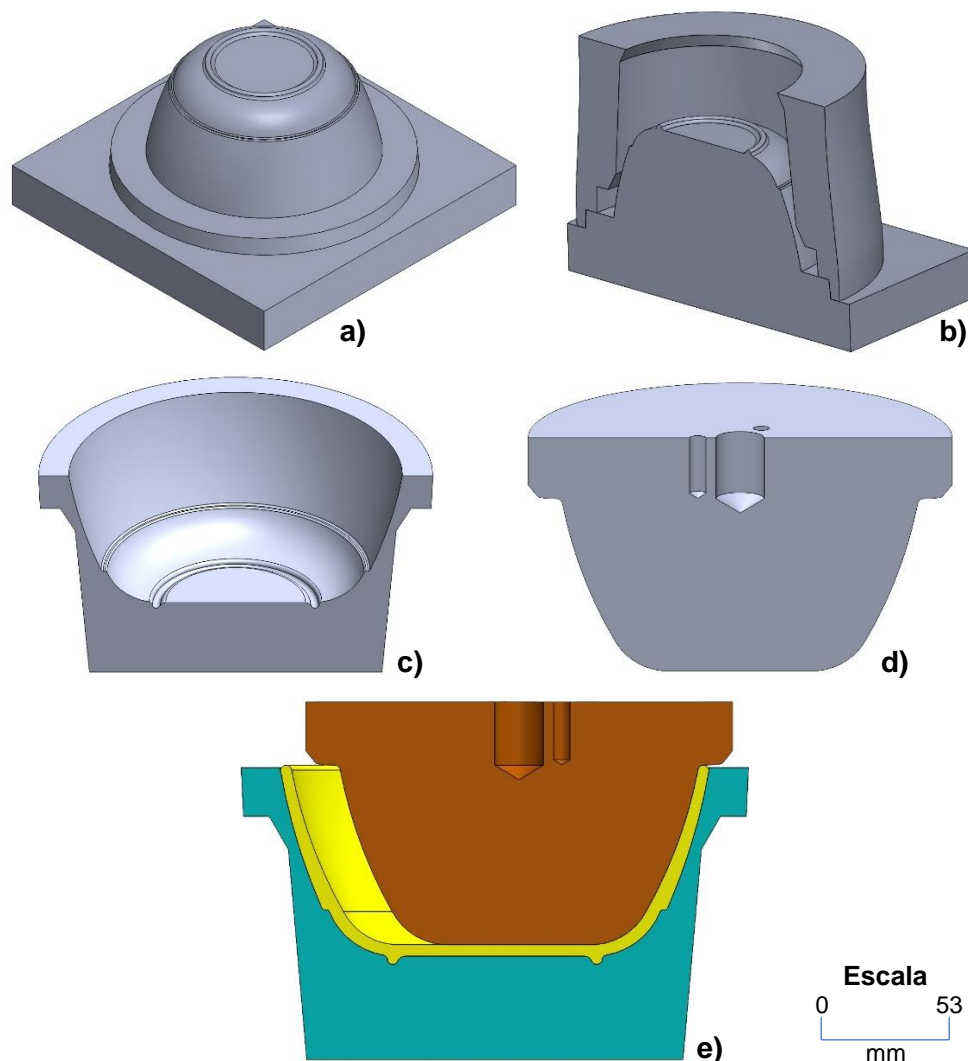


Figura 4.10 – Componentes necessários para a conformação Roller da tigela utilizada no estudo autónomo: a) mãe; b) mãe e anel limitador; c) molde; d) calibrador e e) conjunto do molde, da tigela e do calibrador.

4.5.1.2. Projeto de MMC para Outros Produtos

Além dos projetos para conformação por *Roller* apresentados na secção anterior, efetuaram-se, adicionalmente, mais alguns. Nesta secção apresentam-se dois deles na totalidade, o primeiro de um prato desenvolvido por uma aluna do Mestrado em *Design* da Universidade de Aveiro, que também efetuava o estágio nas instalações da *Mesa Ceramics*, e o segundo de uma caneca desenvolvida pelo *designer* da empresa (cujo projeto de MMC já tinha sido realizado pela *Modesp*). Apesar de se saber desde o início que estes componentes não iriam ser materializados, decidiu-se avançar com o projeto na mesma, numa vertente meramente de aprendizagem.

O *design* do prato, e as respetivas compensações, são possíveis de observar na Figura 4.11. Após consideradas essas mesmas compensações, que são exclusivas para cada produto, todo o processo de desenvolvimento de MMC para o prato seguiu exatamente o mesmo procedimento do projeto do prato da secção anterior, não se justificando a explicação detalhada de cada etapa. Na Figura 4.12 a), b), c) e d) apresentam-se, respetivamente, a mãe, o molde, o calibrador (visto em secção) e o conjunto do molde, do calibrador e da peça (vistos em secção) do prato projetado. O anel limitador utilizado no

projeto deste prato também foi o mesmo do utilizado no projeto do prato da secção anterior, não se vendo necessidade de apresentar a figura respetiva. No Anexo D encontra-se o desenho do calibrador projetado.

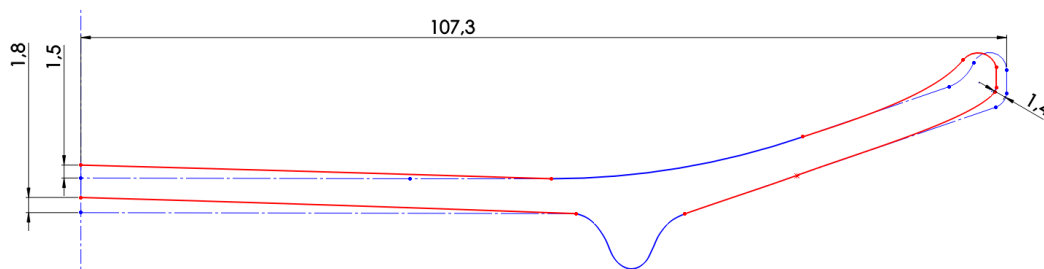


Figura 4.11 – Compensações da base e do bordo efetuadas ao design do prato desenvolvido pela designer (dimensões em mm).

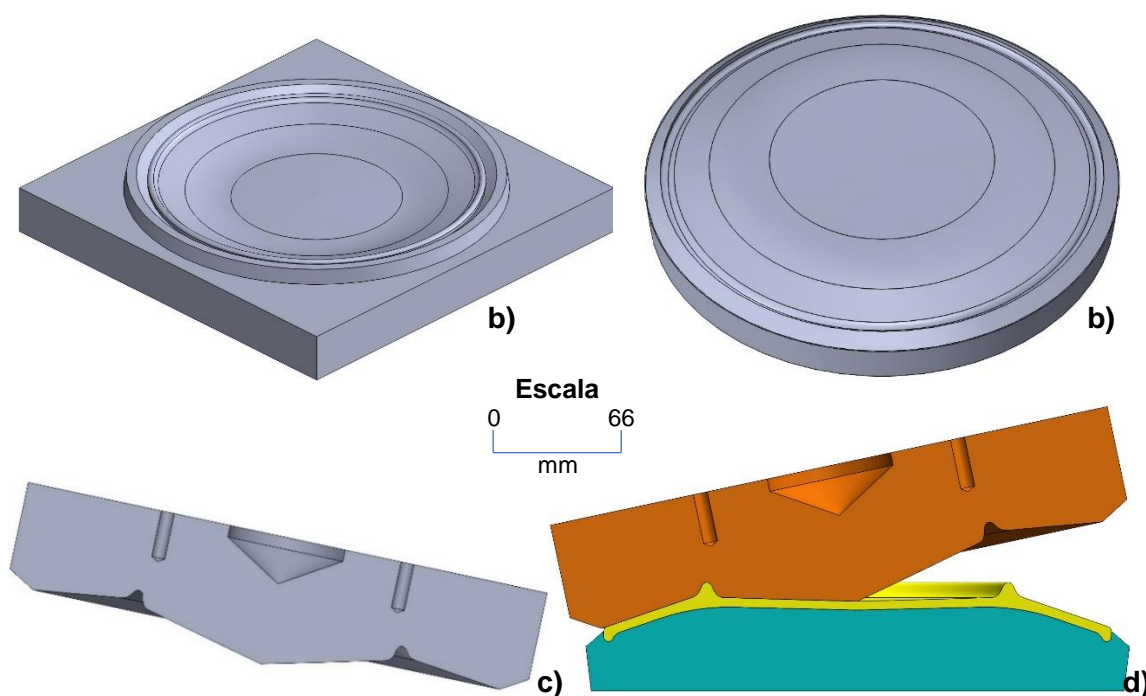


Figura 4.12 – Componentes necessários para a conformação Roller do prato desenvolvido pela designer: a) madre; b) molde; c) calibrador e d) conjunto do molde, do prato e do calibrador.

Tal como o prato, o projeto de MMC para a caneca também seguiu exatamente o mesmo procedimento de desenvolvimento apresentado na secção anterior, não se justificando, mais uma vez, a explicação detalhada de cada etapa. Neste caso, devido às reduzidas dimensões e à geometria da caneca, não se considerou necessário considerar quaisquer compensações neste produto. No entanto, exatamente devido a essas dimensões reduzidas, considerou-se um recuo de apenas 8 mm. Na Figura 4.13 a), b), c) e d) apresentam-se, respetivamente, a madre, o molde (visto em secção), o calibrador (visto em secção) e o conjunto do molde, do calibrador e da peça (vistos em secção) da tigela projetada. Pelas mesmas razões apresentadas anteriormente, não se vê necessidade de apresentar a figura referente ao anel limitador. Nos Anexo D e Anexo G encontram-se, respetivamente, o desenho do calibrador e uma imagem fotográfica da madre deste produto já existente na Mesa.

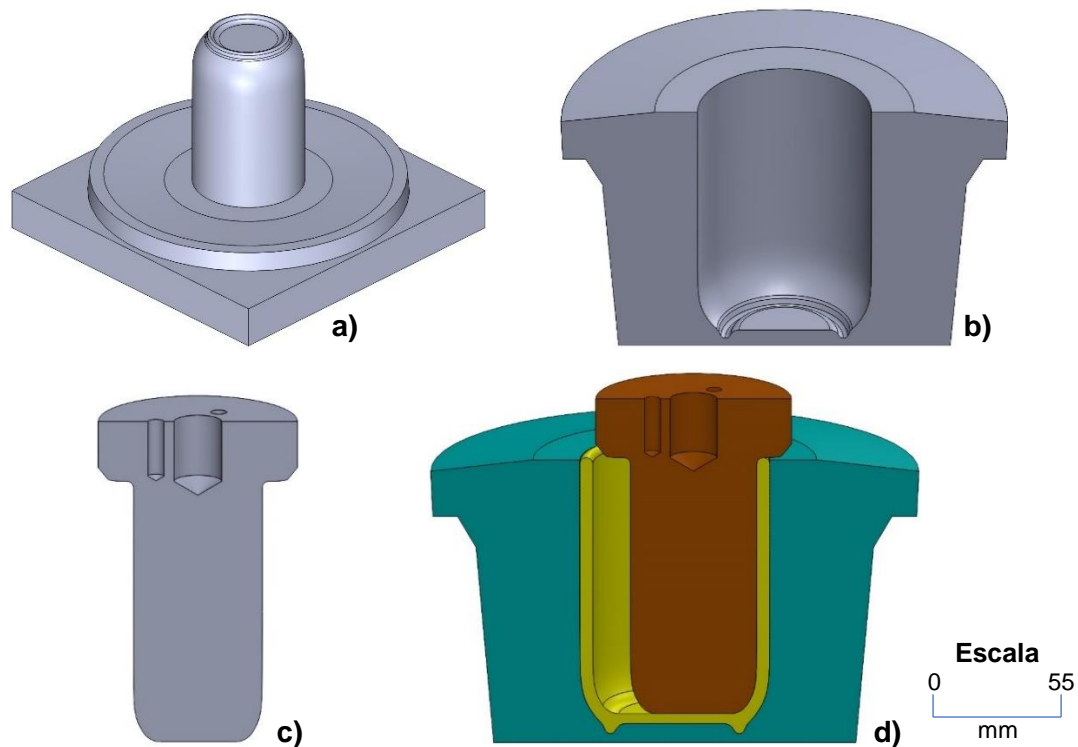


Figura 4.13 – Componentes necessários para a conformação Roller da caneca: a) mãe; b) molde; c) calibrador e d) conjunto do molde, da caneca e do calibrador.

4.5.2. Projeto de MM para Conformação por Enchimento sob Pressão

Com a chegada do equipamento de enchimento sob pressão à *Mesa Ceramics*, foi também contratada uma engenheira com experiência neste tipo de conformação. Uma vez que ainda não tinha sido realizado qualquer estudo sobre o projeto e desenvolvimento de MM para este tipo de conformação, a engenheira contratada foi essencial no esclarecimento de todos os detalhes necessários, dos quais se enumeram:

1. No projeto de mães é necessário um rebaixo de magnitude entre 1 – 1,5 mm, espaçado entre 25 – 30 mm da superfície lateral do produto, que nos moldes dará origem à chamada “gola de fecho”, importantíssima para o correto fecho da peça aquando da conformação;
2. A cota entre a superfície lateral do rebaixo e a superfície final da mãe deve ter, no mínimo, entre 25 – 30 mm;
3. Nas mães é necessário projetar quatro furos (com diâmetro 16,75 mm e profundidade de 12 mm) perto dos vértices laterais da mesma, estando um deles desalinhado com os restantes e garantindo sempre o correto alinhamento dos moldes;
4. As dimensões máximas dos moldes, e consequentemente das mães, estão limitadas pelas dimensões máximas da máquina, sendo estas 960 mm de comprimento e 1000 mm de largura. A espessura do conjunto dos dois moldes fechados tem de estar compreendida entre 200 – 450 mm;
5. Os restantes pormenores, como por exemplo a seleção da linha de fecho/partição das mães ou a obrigatoriedade de ângulos de saída positivos, mantêm-se relativamente aos pormenores apresentados anteriormente.

Após se conhecerem os pormenores essenciais do projeto de mães para a conformação por enchimento sob pressão, colocaram-se em prática os conhecimentos adquiridos através do processo de integração do *CAD/CAM*. Para tal, projetaram-se inicialmente

madres para dois produtos já existentes na *Mesa*, cujas madres tinham acabado de ser realizadas pela *Modesp*, com o objetivo de treinar e averiguar quaisquer discrepâncias através da comparação destas. Posteriormente, projetaram-se e produziram-se madres para um protótipo de um produto da *Mesa*, algo que a empresa já procurava há bastante tempo com o objetivo de se tornar autónoma no projeto de MM (e calibradores), subcontratando apenas o serviço de maquinaria e reduzindo, assim, custos.

4.5.2.1. Projeto de MM para Treino

Tal como referido na secção 4.4.2, a informação para o desenvolvimento do projeto pode chegar de diferentes formas até ao projetista. Neste caso, o produto apresentado na Figura 4.14, à esquerda, é complexo e irregular, tendo chegado já totalmente modelado e com as respetivas modificações e compensações necessárias para produção. Por outro lado, o produto apresentado na mesma figura à direita, chegou através de um desenho 2D no *AutoCAD*, tendo obrigatoriamente passado por um processo de compensações e modificações, apresentadas na Figura 4.15 (as linhas azuis referem-se ao *design* inicial e as vermelhas às compensações efetuadas). De seguida, considerou-se a percentagem de retração de ambos os produtos para conformação por enchimento sob pressão e ampliaram-se os produtos através da opção *scale* do *Solidworks*, segundo o valor retribuído pela equação (3.1).

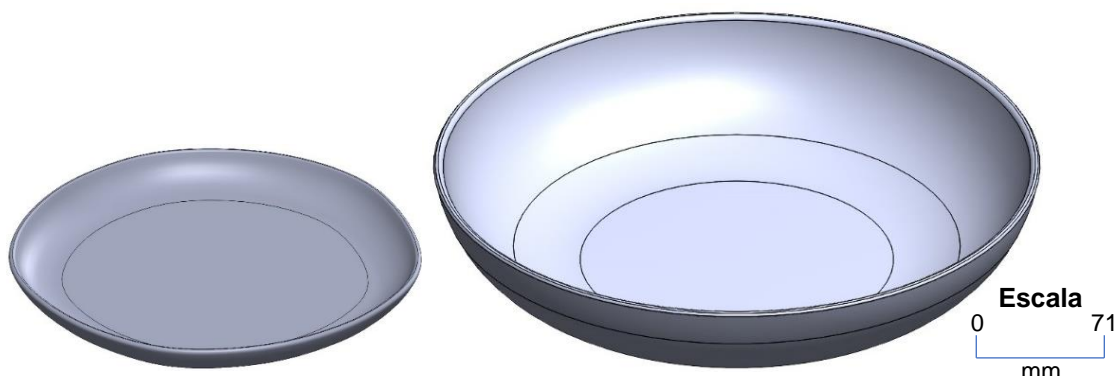


Figura 4.14 – CAD de um prato complexo e irregular, à esquerda, e de uma tigela grande, à direita.

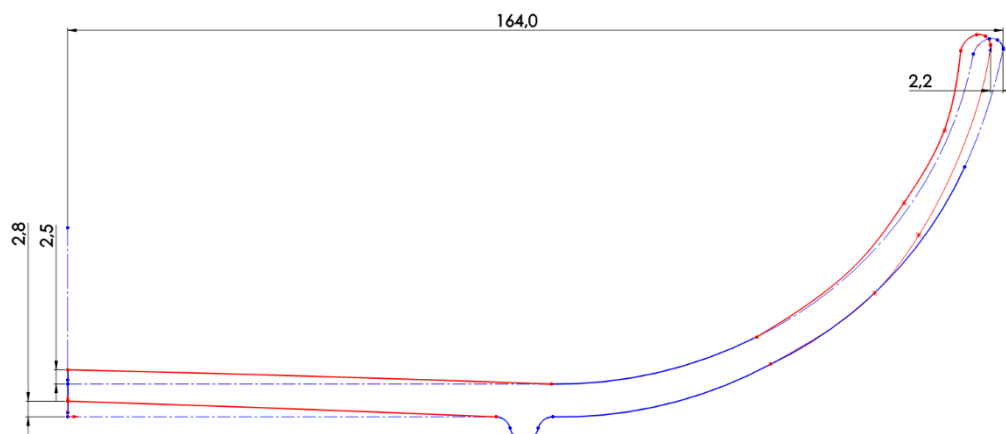
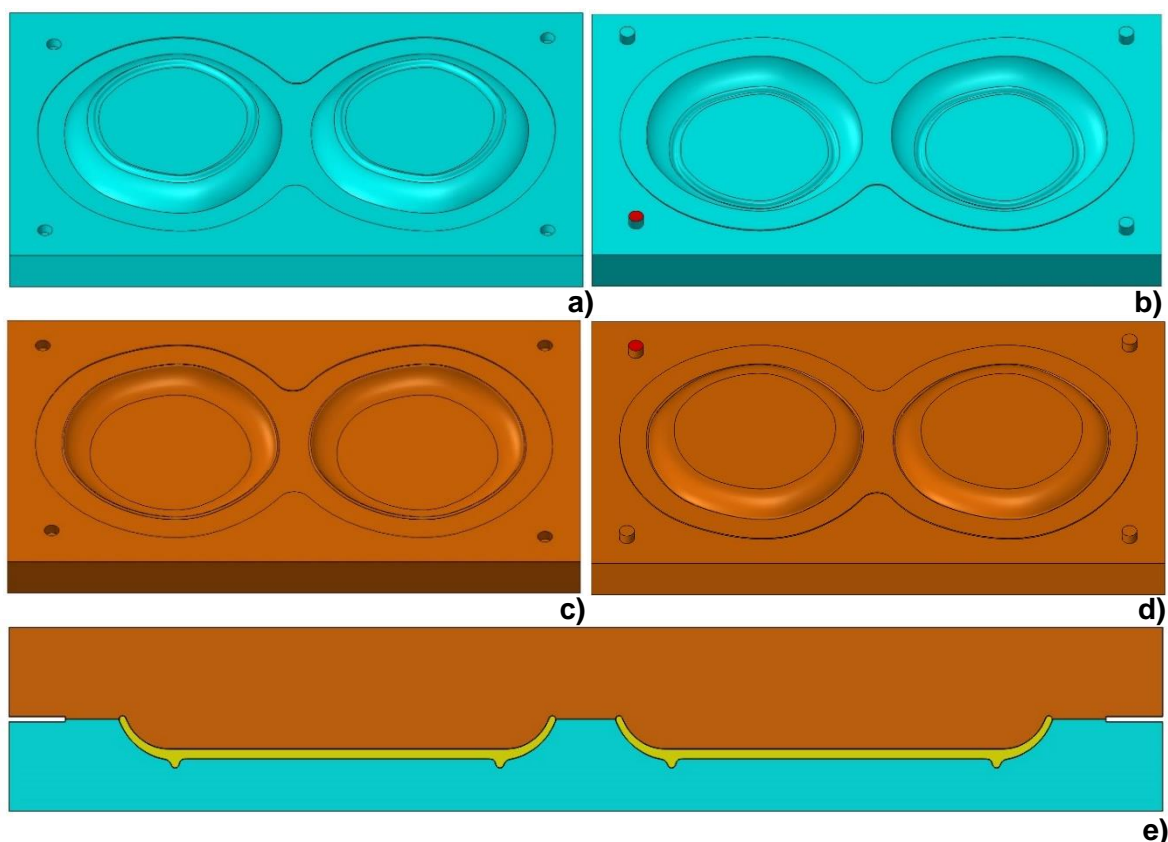


Figura 4.15 – Compensações da base e do bordo efetuadas ao design da tigela grande (dimensões em mm).

Uma vez terminada esta etapa avançou-se para a fase seguinte, que correspondeu ao projeto das madres de cada um dos produtos. Foram testadas diversas estratégias para o projeto e modelação das MM, tendo-se verificado que a que permitia resultados mais rápidos e de maior sucesso é a explicada de seguida. A estratégia idealizada consistia em, através da modelação do produto, gerar primeiramente o molde e, a partir deste, a madre.

Em primeiro lugar definiu-se o número de cavidades possíveis de utilizar em cada madre, considerando-se para tal as dimensões máximas permitidas pela máquina, as dimensões máximas de cada um dos produtos e as cotas relativas às distâncias entre a superfície dos produtos e a superfície do rebaixo e entre esta e a superfície final da madre. Através desta análise foi possível concluir que em ambos os produtos era possível utilizar duas cavidades em cada madre. De seguida, definiu-se o local da linha de fecho entre cada molde, e consequentemente cada madre, traçando-se uma linha vertical tangente à superfície final do bordo de cada produto. Sabendo já o local exato da linha de fecho e utilizando a ferramenta *Tooling Split do Add-In Mold Tools* do *Solidworks*⁵, geraram-se o molde superior e inferior de cada produto. Posteriormente, com o objetivo modelar a gola de fecho nos moldes (correspondente ao rebaixo de 1 mm na madre), efetuou-se um *offset* de 30 mm das linhas dos produtos existentes à superfície dos moldes e eliminou-se o excedente destes, tendo em conta um ângulo de saída positivo. Por fim, projetaram-se os quatro furos para garantir o perfeito alinhamento dos moldes, estando um deles desalinhado com os restantes, e, através da ferramenta *Intersect* do *Solidworks*, criaram-se os “blocos negativos” dos moldes, isto é, as madres (Figura 4.16 a) e c) e Figura 4.17 a) e c)). Com o objetivo de validar o projeto realizado, recorreu-se ainda à montagem CAD dos moldes superior e inferior de cada um dos produtos, tendo-se verificado o perfeito alinhamento e fecho de todas as superfícies dos moldes (Figura 4.16 e) e f) e Figura 4.17 e) e f)). Posteriormente, verificou-se que não existiam discrepâncias visíveis a olho nu entre as madres projetadas e modeladas e as madres desenvolvidas pela *Modesp*. Na Figura 4.16 b) e d) e Figura 4.17 b) e d) apresentam-se, respetivamente, os moldes do prato e da tigela. Nos Anexo H e Anexo I podem ser observadas, respetivamente, as madres destes produtos já existentes na *Mesa* e o processo produtivo de moldes de resina epóxi para a tigela.



⁵ A ferramenta *Tooling Split do Add-In Mold Tools* do *Solidworks* permite, a partir do local da linha de fecho definido anteriormente, gerar automaticamente o molde superior e inferior do produto.

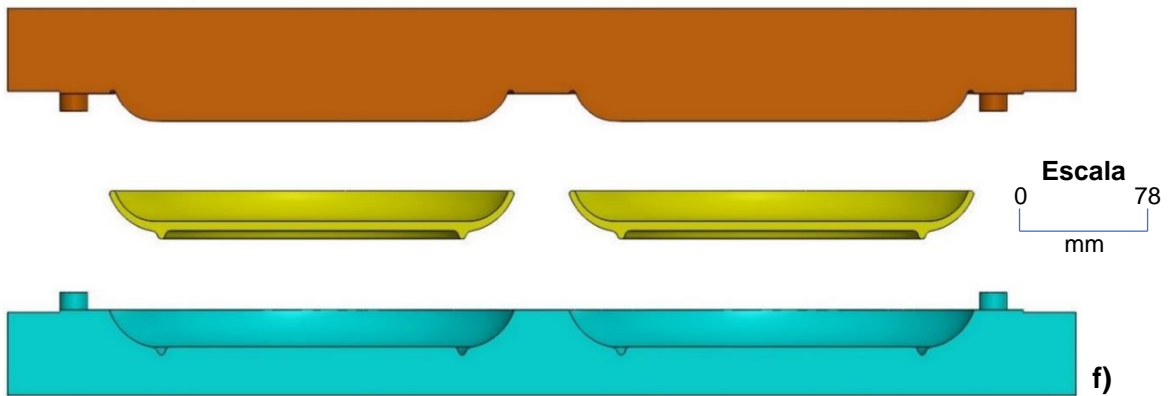


Figura 4.16 – Componentes necessários para a conformação por enchimento sob pressão do prato complexo e irregular: a) e c) madres; b) e d) moldes; e) e f) montagem CAD dos moldes e do prato.

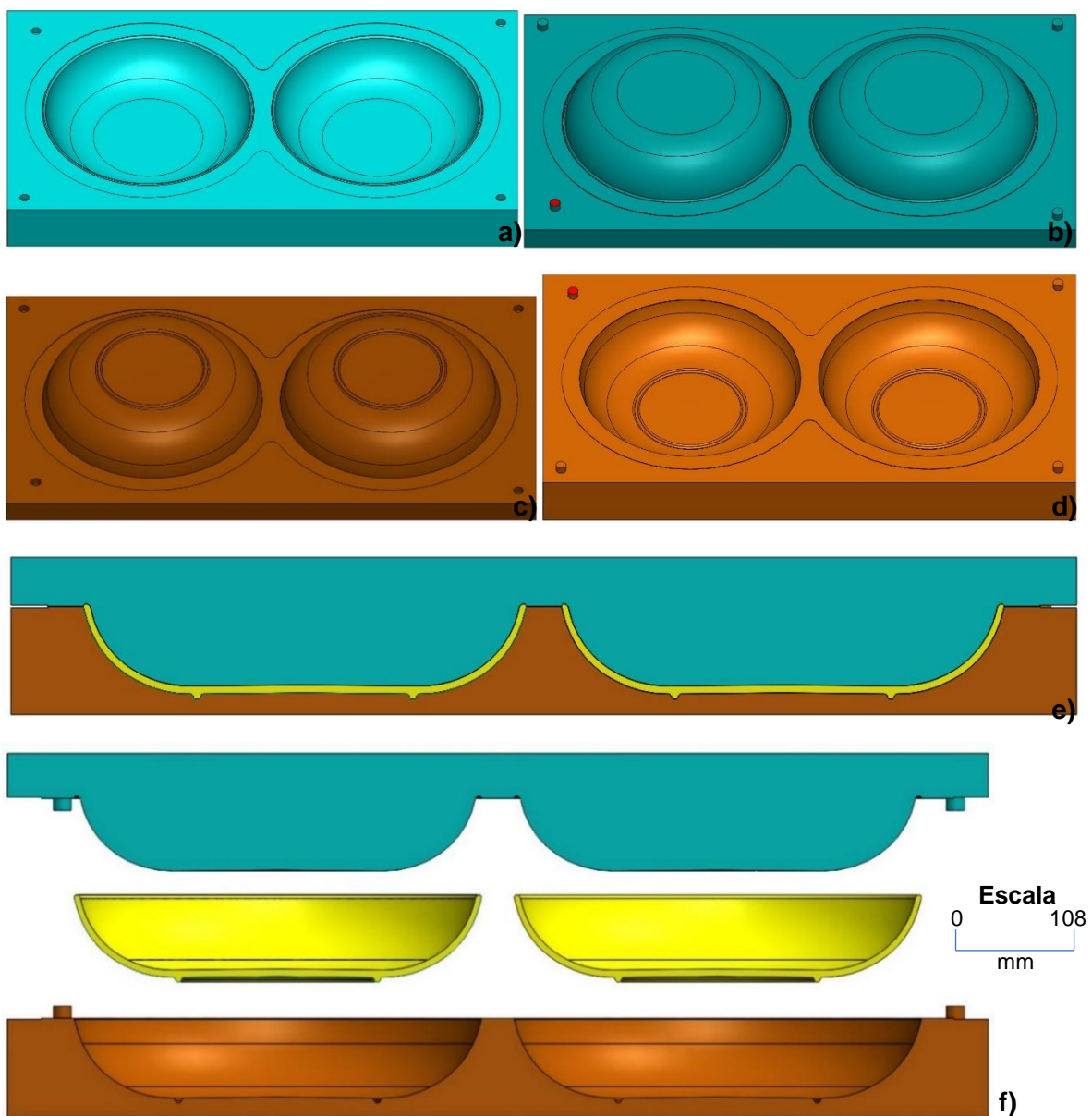


Figura 4.17 – Componentes necessários para a conformação por enchimento sob pressão da tigela grande: a) e c) madres; b) e d) moldes; e) e f) montagem CAD dos moldes e da tigela.

4.5.2.2. Projeto de MM para um Protótipo

Uma vez aprovado o projeto anterior, sugeriu-se à *Mesa Ceramics* o projeto e desenvolvimento completo de um protótipo de MM para conformação por enchimento sob pressão, segundo o processo de integração do *CAD/CAM*, da *Tigela Natura 11,5* da empresa. Os responsáveis da *Mesa* e a engenheira com experiência neste tipo de conformação aceitaram a sugestão e iniciou-se o respetivo projeto.

Tendo em conta a complexidade e irregularidade das superfícies do produto (Figura 4.18), este foi entregue pelo *designer* já completamente modelado. No entanto, para facilitar as operações posteriores à conformação (como o acabamento ou a vidragem) foi solicitada a alteração do frete do produto, que seguia as linhas do mesmo e era irregular, para um frete totalmente circular. Parecendo inicialmente uma tarefa simples, tornar a transição do “corpo da peça” para o frete uma superfície suave foi uma das tarefas mais desafiantes do estágio, envolvendo diversas estratégias adotadas e bastantes horas de modelação até se conseguir atingir um resultado satisfatório (Figura 4.19, à esquerda). Posteriormente, com o objetivo de se verificarem e validarem as alterações realizadas, realizou-se a impressão 3D apenas da parte do modelo alterada (Figura 4.19, à direita) e este foi sujeito a um controlo apertado pela engenheira contratada, que aprovou as modificações realizadas. Esta impressão 3D, tal como todas as restantes que serão apresentadas ao longo deste documento, realizou-se recorrendo à tecnologia *FDM* através de Ácido Polilático (*Polylactic Acid – PLA*) e utilizaram-se os parâmetros de impressão predefinidos no *software Ultimaker Cura* para a impressora *Creality Ender 3 V2* (altura da camada de 0,2 mm; espessura da parede de 0,8 mm; densidade de preenchimento de 20% e com padrão cúbico; temperatura de impressão de 200 °C com aquecimento da “placa” a 60 °C; velocidade de impressão de 50 mm/s e geração automática de suportes para ângulos superiores a 45°). A última etapa desta fase consistiu em ampliar o produto, através da opção *scale* do *Solidworks*, tendo em conta a percentagem de retração para conformação para enchimento sob pressão e o valor retribuído pela equação (3.1).



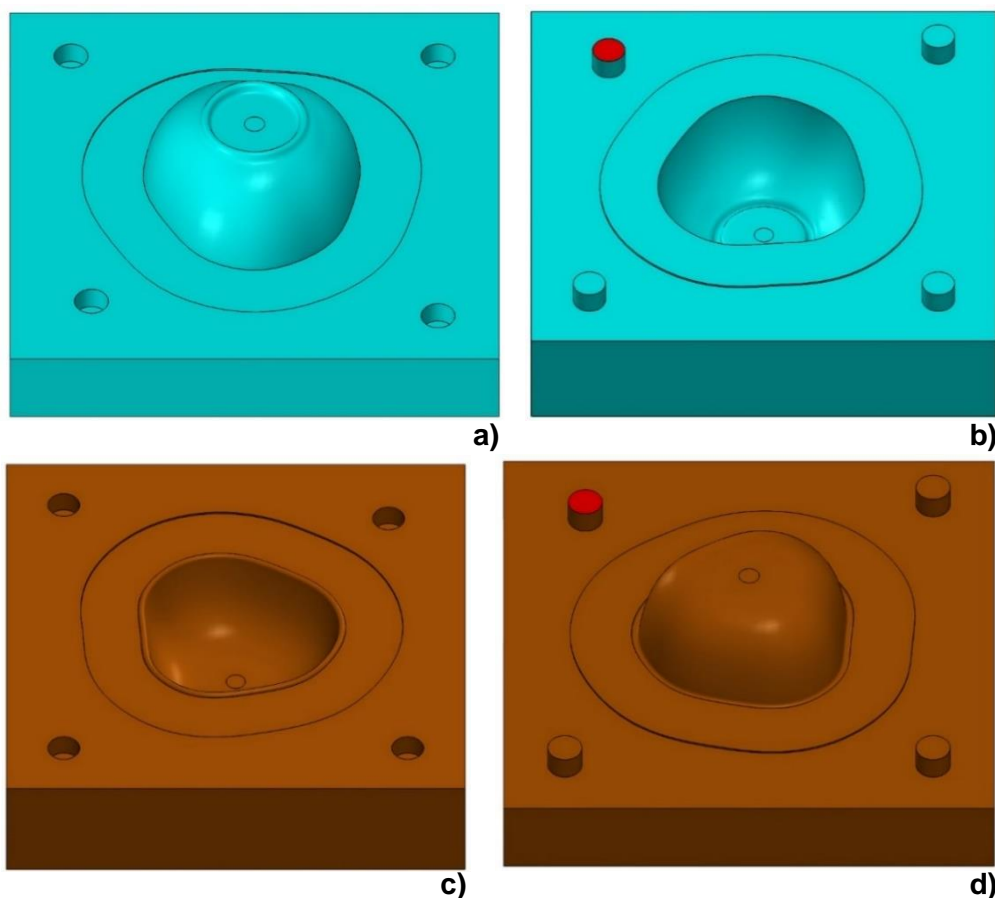
Figura 4.18 – Tigela Natura 11,5 da Mesa Ceramics.



Figura 4.19 – CAD da tigela com um frete circular, à esquerda, e impressão 3D de parte da mesma, à direita.

Na segunda fase deste projeto seguiu-se rigorosamente a mesma metodologia descrita na secção anterior, não se verificando necessidade de voltar a repetir os procedimentos de cada etapa. No entanto, tratando-se de um protótipo e não sendo necessário cumprir quaisquer dimensões mínimas para fixar os moldes à máquina, apenas se projetaram MM com uma cavidade. Por fim, tal como nos dois projetos anteriores, também se recorreu-se à montagem CAD dos moldes superior e inferior para validar este projeto (Figura 4.20 e) e f)). Uma vez validado, pela engenheira responsável e pelos superiores da Mesa, avançou-se para a próxima fase deste projeto e procurou-se um fornecedor de blocos de poliuretano adequados ao ramo da cerâmica e às especificações e aplicações necessárias para a produção deste tipo de madres. Selecionou-se a empresa *Rebelco-Representações Belchior & Costa, Lda* e o bloco *SIKACLOCK M 1000*, cuja ficha técnica e orçamento se encontram nos Anexo J e Anexo K, respetivamente. Após o orçamento ser aprovado, encomendou-se o bloco referido e contactaram-se algumas empresas, questionando-as sobre a sua disponibilidade para efetuarem a maquinação de ambas as madres a partir do bloco encomendado e pedindo o respetivo orçamento para esse trabalho. Os orçamentos recebidos das empresas *Rodrimaq - Emílio Rocha & Rocha - Maquinação CNC, Lda* e *Medida de Campeão, Lda* encontram-se no Anexo L.

A maquinação acabou por ficar a cargo da segunda empresa e, posteriormente, enviou-se o bloco encomendado, juntamente com a ficha técnica referente aos parâmetros de maquinação do mesmo (presente no Anexo M) e dos ficheiros no formato *.STEP* dos modelos das madres. Na Figura 4.20 a) e c) apresentam-se as madres desenvolvidas para a tigela e na mesma figura, mas nas alíneas b) e d), apresentam-se os respetivos moldes.



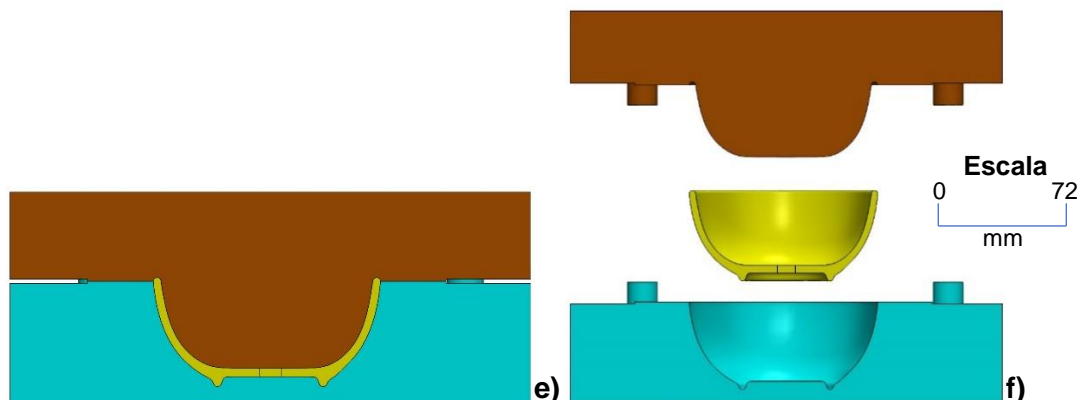


Figura 4.20 – Componentes necessários para a conformação por enchimento sob pressão da tigela Natura 11,5: a) e c) matrizes; b) e d) moldes; e) e f) montagem CAD dos moldes e da tigela.

As matrizes obtidas após a etapa de maquinação encontram-se na Figura 4.21 e fotografias adicionais podem ser encontradas no Anexo N. O teste operacional das matrizes maquinadas e dos respetivos moldes de resina seria muito importante no contexto deste projeto, validando-o ou não. Contudo, infelizmente, não houve oportunidade de as testar e de produzir os moldes para a conformação do respetivo produto, pois a Mesa tinha muito trabalho e esta não era uma das suas principais prioridades. A produção dos moldes seguiria exatamente o mesmo procedimento do que o apresentado no Anexo I.

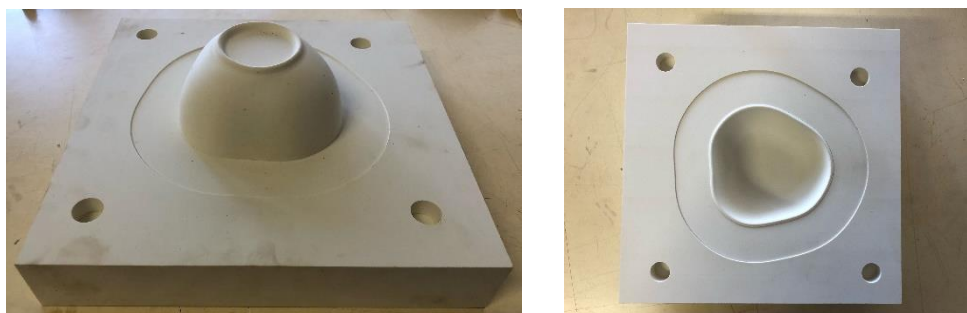


Figura 4.21 – Madres da tigela Natura 11,5 obtidas após maquinação.

4.5.3. Projeto de MM para Prensagem RAM

Como já referido em algumas secções deste capítulo, ao longo do período de estágio a prensagem RAM não foi utilizada tão frequentemente na empresa como os restantes tipos de conformação abordados. Além disso, a Mesa Ceramics não tinha em sua posse quaisquer modelações CAD dos respetivos projetos de MM que pudesse disponibilizar para o seu estudo. Este conjunto de razões levou a que não fosse dedicado muito tempo a projetos para deste tipo de conformação. No entanto, aquando do projeto de um produto que será apresentado no capítulo seguinte, surgiu a necessidade de projetar e desenvolver MM para prensagem RAM. Para tal e, tendo em conta que os conhecimentos do projeto destes componentes para este tipo de conformação eram praticamente nulos e que não se possuíam as modelações CAD necessárias, foi inevitável realizar o estudo de MM físicos para prensagem RAM presentes na empresa, através de medições realizadas com um paquímetro.

Através dessas medições concluiu-se que:

1. As matrizes para este tipo de conformação são idênticas às de conformação por enchimento sob pressão, mas não possuem gola de fecho. Em vez disso, perto da(s) cavidade(s) da(s) peça(s) e após a(s) superfície(s) do(s) bordo(s) da(s) mesma(s),

- ambas as madres possuem um alto (e os moldes um rebaixo), com cerca de 5,5 mm de altura e 10 mm de largura, que será essencial para a pasta cerâmica ser escoada para a periferia desta(s) cavidade(s) aquando da prensagem;
2. Para que o processo de escoamento da pasta cerâmica seja realizado convenientemente é ainda importante que não se verifique o fecho total dos moldes na zona correspondente ao bordo da(s) peça(s). Desta forma, nessa zona, deve haver um espaçamento entre cada molde de cerca de 1 mm na horizontal e na vertical. Essa zona do bordo é depois “corrigida” aquando do acabamento;
 3. Tal como as madres para conformação por enchimento sob pressão, as madres para prensagem *RAM* também possuem sempre quatro furos (com os mesmos diâmetros e profundidades da conformação apresentada anteriormente), estando um deles desalinhado com os restantes e permitindo assim o encaixe perfeito dos moldes apenas segundo uma determinada orientação. As madres para este tipo de conformação possuem ainda quatro rebaixos triangulares nas zonas dos furos, cujas dimensões não pareceram muito relevantes, que ajudam nesta orientação;
 4. Os restantes pormenores, como por exemplo a seleção da linha de fecho/partição das madres ou a obrigatoriedade de ângulos de saída positivos, mantêm-se relativamente aos pormenores apresentados anteriormente.

Uma vez estudadas as características principais que se observaram nas madres físicas presentes na *Mesa Ceramics*, tentaram-se projetar madres para uma tigela idêntica à apresentada na secção anterior, mas de dimensões superiores (*Tigela Natura 16*), segundo o processo de integração do *CAD/CAM*. Para tal, tentou-se utilizar o mesmo procedimento do utilizado nos projetos da secção 4.5.2, isto é, através da modelação do produto, gerar primeiramente os moldes e, a partir destes, as madres. Tal como a *Tigela Natura 11,5*, devido à complexidade e irregularidade das superfícies do produto, este foi entregue pelo *designer* já completamente modelado e considerou-se que não eram necessárias quaisquer compensações. Neste caso, como se pretendiam apenas “copiar” as madres deste produto presentes na *Mesa* e tendo em conta que não se conheciam exatamente as dimensões máximas da máquina, não foi necessário definir o número de cavidades possíveis de utilizar em cada uma das madres. No entanto, alerta-se que caso se tratasse de um projeto novo, esta particularidade teria de ser definida.

De seguida, definiu-se o local da linha de fecho entre cada molde, e conseqüentemente cada madre, traçando-se uma linha vertical tangente à superfície final do bordo da tigela. Sabendo já o local exato da linha de fecho e utilizando a ferramenta *Tooling Split do Add-In Mold Tools* do *Solidworks*, geraram-se o molde superior e inferior da tigela. Posteriormente, com o objetivo de modelar as superfícies que permitem o escoamento da pasta cerâmica durante o processo de prensagem perto das cavidades das peças, desenhou-se um *sketch*, cumprindo-se rigorosamente as dimensões abordadas nos pontos um e dois desta secção, e gerou-se “o alto” em ambas as madres. Por fim, projetaram-se os quatro furos e os rebaixos triangulares para garantir o perfeito alinhamento dos moldes, estando um deles desalinhado com os restantes, e, através da ferramenta *Intersect* do *Solidworks*, criaram-se os “blocos negativos” dos moldes, isto é, as madres (Figura 4.22 a) e c)). Com o objetivo de validar o projeto realizado, recorreu-se ainda à montagem CAD dos moldes superior e inferior, tendo-se verificado o perfeito alinhamento de todas as superfícies dos moldes (Figura 4.22 e) e f)). Posteriormente, verificou-se que não existiam discrepâncias visíveis a olho nu entre as madres projetadas e modeladas e as madres desenvolvidas pela *Modesp*. Na Figura 4.22 b) e d) apresentam-se os moldes projetados.

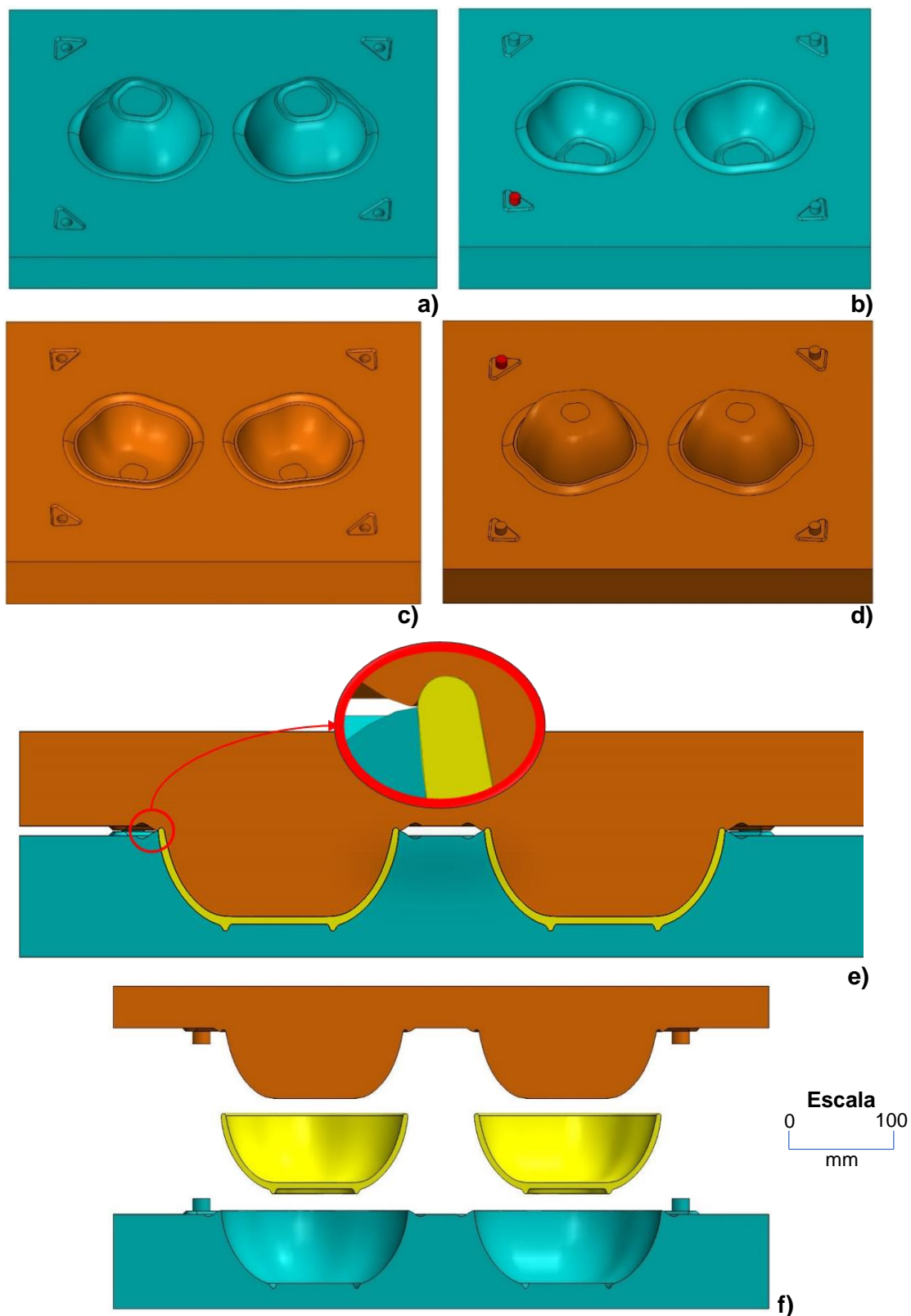


Figura 4.22 – Componentes necessários para a conformação por prensagem RAM da tigela Natura 16: a) e c) madres; b) e d) moldes; e) e f) montagem CAD dos moldes e da tigela.

5. Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos

5.1. Introdução

Neste capítulo é apresentado integralmente o projeto de desenvolvimento de produtos realizado ao longo do estágio, desde a etapa de geração de ideias até à obtenção final dos produtos idealizados. Todo projeto foi realizado em equipa, com o acompanhamento do estudante David Melo, também aluno do Mestrado Integrado de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro e que efetuava igualmente o estágio nas instalações da *Mesa Ceramics*. Tendo em conta o propósito deste estágio e, não obstante de se ter acompanhado todo projeto e orientado na tomada de todas as decisões, as fases iniciais deste projeto foram desenvolvidas maioritariamente pelo David, não sendo ponto de tanto relevo nesta exposição. No entanto, abordar-se-ão com maior destaque todas as fases desde que os primeiros *designs* dos produtos foram atingidos, com especial ênfase, evidentemente, para a fase correspondente ao projeto e desenvolvimento de MMC, essenciais para a conformação dos diversos produtos. A Figura 5.1 apresenta um diagrama da divisão de trabalhos, entre mim e o estudante David Melo, efetuados neste capítulo, num sentido de melhor clarificar o contributo de cada um em cada fase de desenvolvimento deste projeto.

É ainda importante salientar que este projeto realizou-se em simultâneo com muitos dos processos de aprendizagem descritos no capítulo anterior, verificando-se alguns erros e imperfeições que apenas posteriormente foram estudados. Por último, todas as impressões de fabrico aditivo apresentadas neste capítulo, à exceção do calibrador apresentado na secção 5.5.2, foram realizadas recorrendo à mesma tecnologia, à mesma impressora, ao mesmo material e aos mesmos parâmetros de impressão descritos no capítulo anterior.

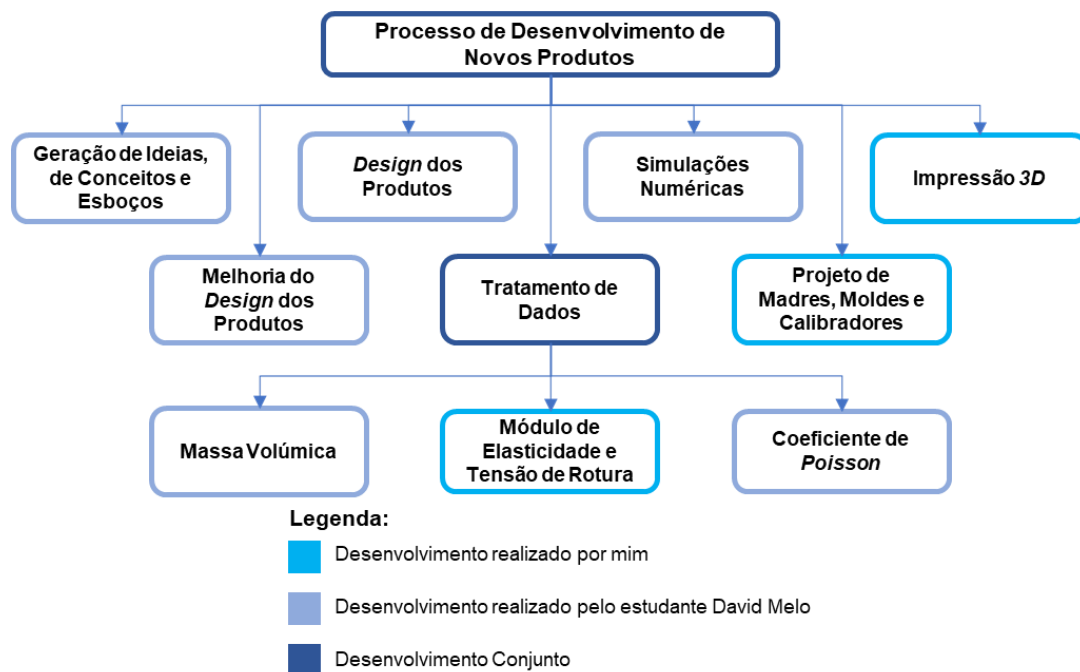


Figura 5.1 – Diagrama da divisão de trabalhos do processo de desenvolvimento de novos produtos.

5.2. Geração de Ideias, Geração de Conceitos e Esboços

Devido ao atraso da máquina já referida e tendo em conta alguma contenção de custos por parte da *Mesa*, desde início que este projeto ficou um pouco limitado, tendo sido acordado com os responsáveis da empresa que os produtos desenvolvidos, e todos os componentes necessários (incluindo, MMC), seriam totalmente produzidos na Unidade Industrial II.

Com o objetivo de estudar todo o processo de desenvolvimento de novos produtos para cerâmica utilitária, sem adaptações de quaisquer produtos já existentes na empresa, desde cedo se decidiu em equipa que o mais interessante seria gerar ideias completamente inovadoras às coleções existentes na *Mesa*. O processo de geração de ideias iniciou-se com a procura e o estudo de vários produtos produzidos por empresas meramente portuguesas, como a própria *Mesa Ceramics*, a reconhecida marca *Vista Alegre Atlantis, S.A* ou a *Grestel - Produtos Cerâmicos S.A*. No entanto, depois alargaram-se os horizontes a mercados internacionais e, tendo em conta que a *Mesa* tem um carácter bastante exportador e que não tinha qualquer produto para o mercado japonês, este foi o selecionado. Foi também decidido em reunião com alguns elementos da empresa que os produtos produzidos teriam de ser pensados para o canal HORECA.

Uma vez selecionado o mercado, e sempre com o objetivo de definir um conceito atrativo ao povo japonês, foi necessário estudar a cultura e a herança nipónicas em geral e, particularmente, da cerâmica utilitária. Primeiramente, realizou-se um estudo do mercado da cerâmica utilitária japonesa, nomeadamente dos diferentes estilos de *design* e das dimensões dos produtos típicos numa refeição nipónica, através de vários catálogos de produtos fabricados no Japão [34], [35]. Através deste estudo conclui-se que normalmente uma mesa de refeição japonesa é constituída por: (1) um prato, tendo-se selecionado o prato de tamanho médio da cultura japonesa; (2) uma tigela, elemento característico da versatilidade do *design* japonês, uma vez que existem tigelas de sopa, arroz, massa, *etc.*, cada uma diferente da anterior e (3) um elemento central, podendo este ser uma travessa ou uma típica jarra de *Sake*. Desta forma, selecionaram-se os três produtos a produzir, faltando definir as características dimensões de cada um deles e o respetivo *design*, processos apresentados nas secções seguintes. A procura de um elemento de conexão entre os produtos escolhidos e, conseqüentemente, a definição do conceito principal dos mesmos, realizou-se através do estudo dos marcos arquitetónicos culturais do Japão e de arte japonesa, tendo-se encontrado os *Torii* (Figura 5.2, à esquerda). Os *Torii* são estruturas populares da cultura nipónica cujo aspeto da parte superior despertou especial interesse, tendo-se encontrado algumas semelhanças com o formato de um prato visto em secção.

A geração de conceitos continuou, à medida que também se iam efetuando esboços de cada um destes, que, por sua vez, permitiram transmitir melhor os princípios e as ideias de cada conceito. Se a geração de ideias e de conceitos foi um trabalho realizado em equipa, os esboços foram efetuados exclusivamente pelo David, simultaneamente à geração dos vários conceitos. Numa reunião realizada com o intuito de selecionar o conceito final, concluiu-se que o conceito e os esboços do *Torii* permitiam encontrar o melhor equilíbrio entre o canal HORECA e a cultura nipónica e que a ideia de um frete evidente e com “uma certa personalidade” foi a mais bem recebida, acabando por ter sido este o conceito selecionado. Na Figura 5.2, à direita, apresentam-se uma série de esboços de conceitos realizados.

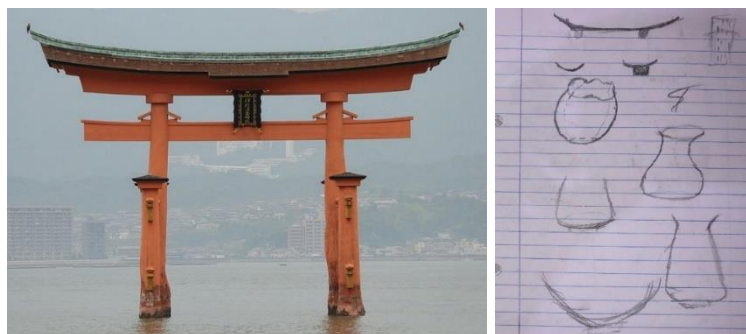


Figura 5.2 – Estrutura Torii do templo Itsukushima [36], à esquerda, e esboços do conceito, à direita.

5.3. Design dos Produtos e Melhorias dos Mesmos

Uma vez definido o conceito e selecionados os três tipos de produtos que se pretendiam produzir, iniciou-se o *design* dos mesmos, alguns partir dos esboços efetuados e outros tomando-os apenas como inspiração. Nos primeiros *designs*, realizados diretamente no *Solidworks*, o objetivo foi apenas modelar os produtos idealizados, sem qualquer cuidado com as dimensões características dos produtos nipônicos. Considerando que a estrutura *Torii* faz lembrar um prato em secção e partindo dos esboços realizados, o prato foi exatamente o primeiro produto a ser modelado (Figura 5.3 a)). Partindo-se deste *design*, dos esboços e tendo em conta o frete como elemento de ligação entre os produtos, modelaram-se várias tigelas, tendo-se selecionado a apresentada na Figura 5.3 b). O elemento central foi selecionado aquando de uma reunião com os responsáveis da empresa, tendo sido selecionada a travessa apresentada na Figura 5.3 c). Esta enquadrava-se perfeitamente no conceito de refeição nipónica pretendido e, para além de ter também o frete como elemento de ligação aos restantes produtos, foi escolhida pois nunca tinha sido produzido um produto idêntico na *Mesa*.

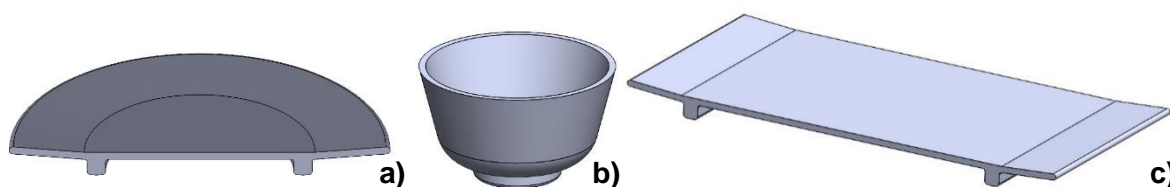


Figura 5.3 – Modelação CAD dos produtos idealizados: a) prato; b) tigela e c) travessa.

De seguida, os produtos modelados foram sujeitos a um processo contínuo de melhorias de *design*. Primeiramente, procuraram-se adaptar os três produtos selecionados às dimensões comuns de produtos japoneses, mais uma vez através de pesquisas em catálogos e *websites* [34], [35] de produtos fabricados no Japão, tendo-se definido: (1) o diâmetro do prato médio a rondar aproximadamente 210 mm; (2) a tigela de sopa com 120 mm de diâmetro e 67 mm de altura, sendo capaz de albergar quantidades de líquido dentro dos limites *standard* e (3) a travessa com 300 mm de comprimento e 140 mm de largura. É importante referir que se definiu uma espessura constante de 4 mm para os três produtos, pois, após algum estudo, concluiu-se que era esta a espessura utilizada nos desenhos realizados pelo *designer* dos muitos produtos semelhantes produzidos na *Mesa*.

Uma vez adaptados às dimensões comuns dos produtos japoneses, os produtos modelados foram alvo de novas e contínuas melhorias. Como esta fase do projeto se realizou simultaneamente com os processos de aprendizagem descritos no capítulo anterior, muitos dos erros e problemas verificados teriam sido evitados se esta tivesse sido realizada após esses processos. Um destes problemas, que está descrito na secção 4.4.1, relaciona-se precisamente com as características dimensionais do frete projetado (Figura 5.4, à esquerda), que, por sua vez, era o elemento de conexão mais importante entre os produtos e representativo do conceito do projeto. O frete projetado era muito alto e tinha uma espessura considerável (aproximadamente 11 mm), contribuindo para a impossibilidade de contração da peça no molde e originando uma zona de altas tensões, o que tornava impraticável a desmoldagem dos produtos sem fraturas e aumentava a probabilidade do aparecimento de rachas. Para além disso, e como também explicado na mesma secção do capítulo anterior, o frete era muito vertical e não tinha ângulos positivos que facilitassem a sua desmoldagem, o que, mais uma vez, poderia impossibilitar a contração da peça no molde e, conseqüentemente, inviabilizar a produção dos produtos. Com o objetivo de ultrapassar este problema, tentou-se suavizar as mudanças de direção do frete, através de ângulos positivos que facilitassem a sua desmoldagem, e torná-lo mais idêntico aos “fretes comuns” (tendo-se reduzido a sua espessura para aproximadamente

5 mm), mantendo, contudo, a identidade particular do frete desenhado anteriormente. Na Figura 5.4, à direita, apresenta-se o frete após modificações.

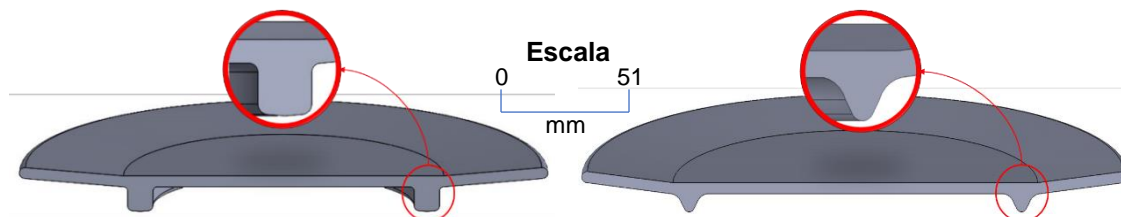


Figura 5.4 – Frete projetado inicialmente, à esquerda, e frete após modificações, à direita.

Após se efetuar a melhoria do frete nos três produtos, a fase seguinte consistiu em preparar e realizar a impressão 3D destes, com o propósito de validar o seu *design* ou identificar novos potenciais erros. Na Figura 5.5 a), b) e c) apresentam-se os produtos impressos, que permitiram verificar que: (1) as características dimensionais e estéticas da travessa estavam conforme o desejado e indicado na reunião com os responsáveis da empresa, não sendo necessárias quaisquer otimizações; (2) era possível reduzir a espessura dos bordos do prato e da tigela, tentando tornar estes produtos mais “refinados”; (3) era necessário aumentar a inclinação total do bordo do prato relativamente à base do mesmo; (4) tanto no prato como na tigela, era necessário aumentar a distância entre o centro da peça e o frete, pois os seus bordos não tinham apoio suficiente e quando solicitados a pequenos esforços ambos tombavam facilmente.

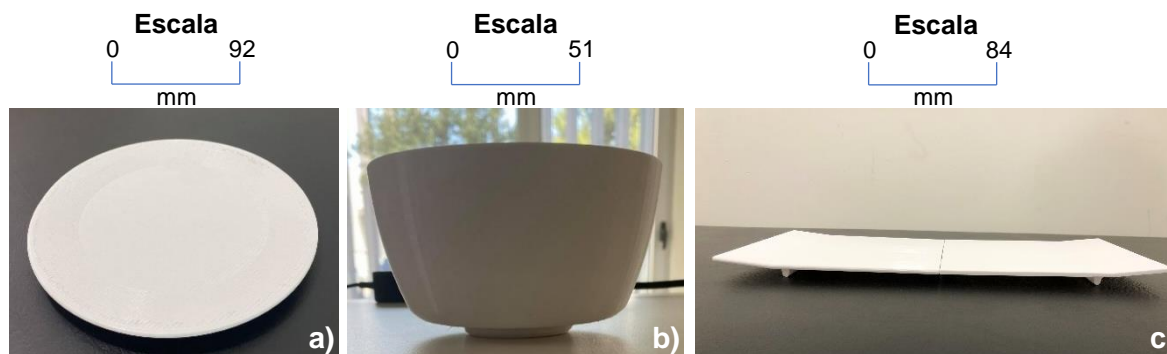


Figura 5.5 – Primeira impressão 3D dos produtos: a) prato; b) tigela e c) travessa.

Relativamente à redução da espessura do bordo do prato e da tigela e do aumento da inclinação total do bordo do prato relativamente à base do mesmo, optou-se por recorrer a simulações numéricas para se atingirem os melhores resultados. Por outro lado, tanto no prato como na tigela, a descoberta da distância suficiente entre o centro da peça e o frete alcançou-se após algumas iterações, tendo-se concluído que o aumento em 10 mm no prato e de 8 mm na tigela dessa distância era o suficiente para se atingir a estabilidade pretendida.

5.4. Simulações Numéricas para Otimização dos *Designs* dos Produtos

Tendo em conta o propósito deste estágio, as simulações numéricas foram efetuadas exclusivamente pelo David, tendo-se apenas colaborado na fase de tratamento de dados, particularmente no cálculo dos parâmetros do módulo de elasticidade e da tensão de rotura. Neste sentido, a exposição desta secção será breve e abordará principalmente as alterações realizadas aos produtos simulados.

Primeiramente definiram-se os diferentes *designs* que seriam utilizados para testar cada produto e os respetivos tipo de testes. Para o prato estabeleceram-se quatro *designs* diferentes: (1) o *design* do prato impresso, obtido após a fase de melhorias apresentada

na secção anterior; (2) um *design* absolutamente igual ao do prato impresso, mas com uma “distância” do bordo relativamente à base do prato 1 mm superior (5 mm contra os 4 mm definidos no prato impresso); (3) um *design* com uma redução da espessura do bordo do prato para 3,5 mm, mantendo a espessura da base do prato impresso (4 mm) e (4) um *design* com uma distância do bordo relativamente à base do prato de 7 mm e com uma redução da espessura do bordo do prato para 3,5 mm, mantendo a espessura da base do prato impresso (4 mm). Para a tigela estabeleceram três *designs* diferentes: (1) o *design* da tigela impressa, obtida após a fase de melhorias apresentada na secção anterior (2) um *design* com uma redução da espessura do bordo da tigela para 3,5 mm, mantendo a espessura da base da tigela impressa (4 mm) e (3) um *design* com um aumento da espessura da base da tigela para 4,5 mm, mantendo a mesma espessura do bordo da tigela impressa (4 mm). Para se testarem os diferentes *designs* dos pratos e das tigelas utilizaram-se, respetivamente, testes de impacto e de queda (*drop tests*).⁶

Antes de se iniciar qualquer simulação é necessário recolher e tratar uma série de dados convenientemente. Para efetuar as simulações foi utilizado o *Add-in Simulation* do *Solidworks* que, para testes de impacto e de queda, requer os parâmetros do módulo de elasticidade, da massa volúmica e do coeficiente de *Poisson* da pasta utilizada na empresa. Tendo em conta que a *Mesa Ceramics* não conhecia exatamente a magnitude destes parâmetros, os dados para o cálculo dos primeiros dois foram obtidos a partir de um ensaio de flexão de três pontos a provetes de granulado de grés recolhidos na Unidade Industrial I da empresa, realizado por uma aluna do Mestrado em Engenharia dos Materiais da Universidade de Aveiro, que realizava um projeto nessa área.⁷ O parâmetro da massa volúmica (ρ) foi calculado a partir da equação (5.1), onde m corresponde à massa dos provetes e V ao respetivo volume (no Anexo O apresenta-se a tabela de cálculo utilizada). O parâmetro do módulo de elasticidade foi calculado a partir da média dos valores da força [N] e do deslocamento [mm], em cada instante de tempo, dos vários provetes ensaiados, obtidos através dos ensaios de flexão de três pontos. Através dos valores obtidos nos ensaios de tração foi também possível calcular o parâmetro da tensão de rotura, essencial para identificar o momento de rotura do material aquando das simulações (no Anexo O encontra-se, também, a curva força [N] – deslocamento [mm] de um dos provetes ensaiados, utilizada para calcular a média dos parâmetros da tensão de cedência e de rotura e, ainda, uma tabela resumo com alguns dos parâmetros calculados nesta fase, de cada um dos provetes e da sua média). Para o coeficiente de *Poisson* não foi possível obter um valor exato correspondente ao material em questão, tendo-se optado pela realização de pesquisas em artigos científicos [37], que indicavam valores entre os 0,18 e os 0,26. A seleção do valor, 0,20, foi realizada por recomendação e indicação dos responsáveis da empresa.

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{m_i}{V_i}}{N} \quad (5.1)$$

Após obtidos e calculados todos os parâmetros necessários, estes foram introduzidos no *software* e começaram-se a preparar as simulações. Os diferentes *designs* dos pratos foram testados recorrendo a testes de impacto não linear entre dois pratos com o mesmo *design*, onde um deles permanece completamente imobilizado e o outro é lançado na sua direção com uma determinada velocidade. Por outro lado, os diferentes *designs* das tigelas foram testados recorrendo-se a *drop tests*, onde se definiu uma determinada altura para

⁶ Foram utilizados dois tipos de testes diferentes porque o David pretendia enriquecer os seus conhecimentos acerca desta área e estudar qual o mais confiável para este tipo de simulações.

⁷ O ideal teria sido utilizar os valores da pasta (líquida ou plástica) utilizada na conformação da Unidade Industrial II da empresa, no entanto tal não foi possível e os resultados obtidos tiveram, obrigatoriamente, de ser tratados como uma aproximação.

deixar cair os produtos e o “chão” como um material sem qualquer amortecimento. Quando terminadas as simulações, os resultados são analisados e, para que se conclua que não há rotura dos produtos, é necessário que a tensão atingida seja inferior à tensão de rotura. No entanto, tendo estas simulações principalmente um intuito de otimização de *designs*, mesmo que a tensão rotura seja ultrapassada é possível comparar os resultados dos vários *designs* testados e concluir em qual é que se verificam menores tensões e, conseqüentemente, qual o mais otimizado.

Os resultados obtidos nos testes dos vários *designs* dos pratos permitiram concluir que o prato cujo *design* apresentava melhores resultados era o com uma distância do bordo relativamente à base de 7 mm e com uma redução da espessura do bordo para 3,5 mm. Relativamente à tigela, verificou-se que o *design* que apresentava melhores resultados era o que tinha uma redução da espessura do bordo para 3,5 mm, mantendo a espessura da base da tigela impressa (4 mm). Tendo em conta estes resultados selecionaram-se precisamente os *designs* dos produtos com melhores resultados e avançou-se para a próxima fase, isto é, o projeto e desenvolvimento de MMC.

5.5. Projeto e Desenvolvimento de MMC Segundo os Métodos de Integração do CAD/CAM e Tradicional

A última fase deste projeto correspondeu exatamente ao projeto, e posteriormente desenvolvimento, das MMC necessários para a produção dos três produtos selecionados e otimizados. O projeto destes componentes foi realizado segundo o método de integração do CAD/CAM, no entanto, uma vez que não se decidiu produzir os produtos desenvolvidos em massa e devido à contenção de custos por parte da *Mesa Ceramics*, todos os componentes necessários para a conformação dos produtos, à exceção do calibrador, foram produzidos segundo o processo tradicional, nas instalações da *Mesa* e com o auxílio do modelador a quem a empresa subcontrata alguns trabalhos. É ainda importante referir que, uma vez que se iriam produzir os componentes referidos através do processo tradicional, procurou-se utilizar todos os métodos de conformação tradicionais possíveis da Unidade Industrial II da empresa, na tentativa de uma aprendizagem mais completa dos mesmos. Os desenhos do prato, da tigela e da travessa, já com as alterações necessárias nesta última que se estudarão na secção 5.5.3, encontram-se no Anexo P.

Primeiramente definiu-se qual seria o método de conformação utilizado para conformar cada produto, de acordo com as suas características dimensionais, geometria e tentando, como já referido, aproveitar os métodos existentes na Unidade Industrial II da *Mesa*. Desta forma, determinou-se que: (1) o prato seria conformado por enchimento convencional. No entanto, é importante referir que se a sua produção em massa fosse considerada, o método de conformação mais rentável seria a conformação por *Roller*; (2) a tigela seria conformada por conformação por *Roller*. Sendo este o método de conformação mais rentável para a sua produção e (3) a travessa seria conformada por prensagem *RAM*. O ideal seria realizar o projeto da mesma por conformação por enchimento sob pressão, pois, além desta apresentar taxas de rentabilidade superiores, a qualidade final dos produtos é também superior. No entanto, devido aos custos elevados de produção dos moldes (e madres) para este tipo de conformação, e, uma vez que ainda não se tinha realizado qualquer projeto para prensagem *RAM*, determinou-se a utilização da última para a conformação da travessa.

Tal como apresentado no capítulo anterior, o projeto de MMC para um produto, seja segundo o método de integração CAD/CAM ou segundo o método tradicional, inicia-se sempre pela análise das modelações ou desenhos do mesmo, para verificar a necessidade de compensações ou modificações. Uma vez que os projetos dos três produtos foram realizados separadamente, apresentar-se-ão também separadamente.

5.5.1. Projeto e Desenvolvimento de MM Segundo os Processos de Integração do CAD/CAM e Tradicional para o Prato

Tendo em conta que o *design* do prato foi alvo das diversas otimizações apresentadas anteriormente e que o diâmetro total do prato e a distância entre a sua aba e a base do frete não eram muito elevados, nesta fase apenas se verificou necessidade de compensar minimamente o abatimento da sua base, tendo-se concluído que as curvas do frete já estavam suavizadas o suficiente para que a contração e a desmoldagem do produto ocorressem sem quaisquer problemas e que não era necessário compensar o abatimento da aba do prato. Estas conclusões receberam o consentimento do modelador e podem ser analisadas na Figura 5.6, onde as linhas vermelhas correspondem à compensação da base do prato efetuada e as linhas azuis ao *design* após as otimizações apresentadas.

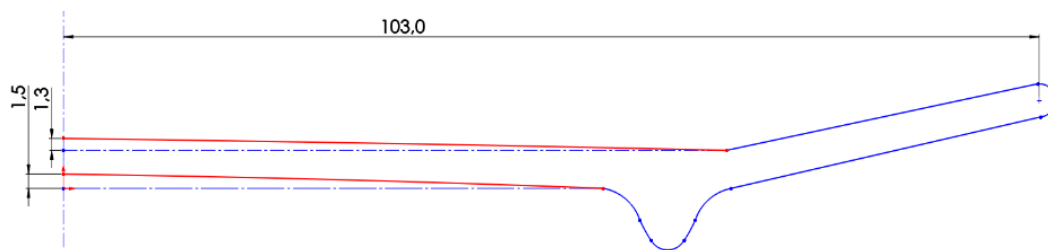


Figura 5.6 – Compensações do prato do projeto após as otimizações apresentadas (dimensões em mm).

Uma vez realizada a compensação, considerou-se a percentagem de retração de um produto conformado por enchimento convencional (a mesma do que o enchimento sob pressão) e ampliou-se o prato através da opção *scale* do *Solidworks*, segundo o valor retribuído pela equação (3.1). Posteriormente, mesmo tratando-se de conformação por enchimento convencional e tendo-se em consideração que o projeto segundo o método de integração do CAD/CAM não é comum, nem muito menos rentável, quando se pretende produzir um baixo número de produtos para amostras, decidiu-se realizá-lo numa perspetiva unicamente de aprendizagem. Para projetar os moldes de gesso que seriam utilizados para esta conformação, primeiramente definiu-se o local da linha de fecho entre cada molde no *Solidworks*, traçando-se uma linha vertical tangente à superfície final do bordo do prato. De seguida, utilizando a ferramenta *Tooling Split* do *Add-In Mold Tools* do *Solidworks* e sabendo-se o local exato da linha de fecho, geraram-se o molde superior e inferior do prato. Para gerar os três malhetes que permitiriam guiar convenientemente as duas metades do molde, numa delas utilizou-se a ferramenta *Boss Extrude*, com um *Draft* de 40° para facilitar a desmoldagem, e na outra utilizou-se a ferramenta *Cut Extrude*, com exatamente o mesmo *sketch* utilizado na anterior, para provocar o efeito contrário. Por fim, utilizando mais uma vez a ferramenta *Cut Extrude*, abriram-se os furos para a alimentação da barbotina no processo de enchimento, no molde correspondente ao lado do frete. Na Figura 5.7 a), b) e c) apresentam-se, respetivamente, os dois moldes e uma vista explodida dos moldes, juntamente com o prato, em secção.

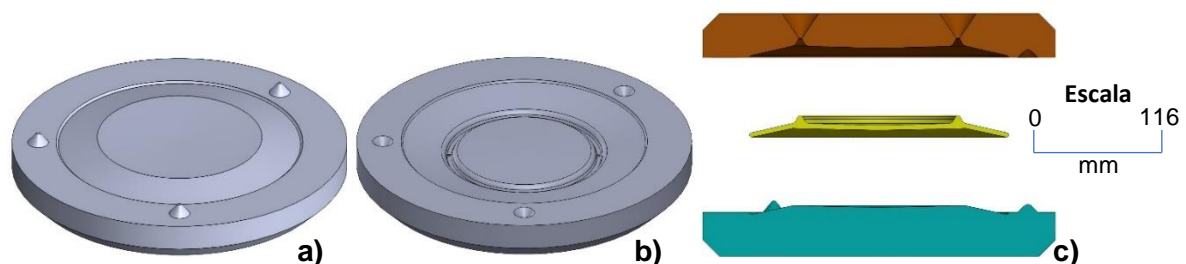


Figura 5.7 – Componentes necessários para a conformação por enchimento convencional do prato do projeto: a) e b) moldes; c) montagem CAD dos moldes e do prato.

Após o projeto ser realizado segundo o processo descrito, efetuaram-se os moldes de gesso diretamente a partir do modelo do produto, segundo o método tradicional. Para tal, em vez de se realizar a modelação manual do produto a partir do desenho *2D* deste, tentou-se automatizar o método de fabrico tradicional e realizou-se a impressão *3D* do prato ampliado (Figura 5.8 a)). Após impresso, utilizou-se esse prato como modelo e, com o auxílio do modelador a quem a empresa subcontrata alguns trabalhos, iniciou-se o processo de fabrico dos moldes, tal como explicado na secção 4.4.1: o prato foi pincelado com desmoldante, fixo ao torno de gesso, montado um recetáculo de cartão impermeável à sua volta e foi vazado o gesso para o seu interior. De seguida, após um determinado tempo de secagem, obteve-se o primeiro molde e foram gerados três malhetes de gesso para guiar convenientemente os dois moldes. O outro molde foi obtido repetindo todo este processo e utilizando o molde já produzido como “base”, sendo que os malhetes foram gerados como o negativo deste. Os furos utilizados para a alimentação da barbotina para o processo de enchimento foram efetuados em último lugar, no molde correspondente ao frete do prato. Nas Figura 5.8 b) e c) apresentam-se os dois moldes obtidos e no Anexo Q apresentam-se uma série de fotografias que permitem acompanhar todas as fases do processo de produção destes componentes e do respetivo prato.

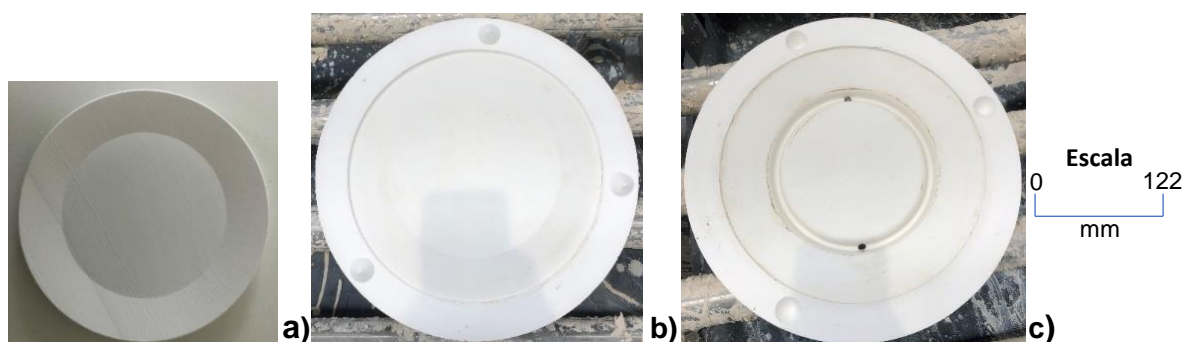


Figura 5.8 – Componentes necessários para a conformação por enchimento convencional do prato do projeto pelo método tradicional: a) segunda impressão 3D do prato; b) e c) moldes de gesso.

5.5.2. Projeto e Desenvolvimento de MMC Segundo os Processos de Integração do CAD/CAM e Tradicional para a Tigela

Tal como o prato, também a tigela foi alvo de diversas otimizações nas fases anteriores deste projeto. Pela análise do seu *design* mais otimizado, concluiu-se mais uma vez que curvas do frete já estavam suavizadas o suficiente para que a contração e a desmoldagem do produto ocorressem sem quaisquer problemas e que, dada a dimensão e a geometria da tigela e tendo em conta que a sua conformação ia ser realizada por *Roller*, não eram necessárias compensações. Desta forma, a etapa seguinte consistiu em considerar a percentagem de retração para um produto conformado por *Roller* e ampliar a tigela através da opção *scale* do *Solidworks*, segundo o valor retribuído pela equação (3.1).

Posteriormente, considerando que a tigela seria conformada por *Roller*, iniciou-se o respetivo projeto de MMC de uma forma semelhante à já apresentada no projeto da tigela da secção 4.5.1.1, segundo o método de integração do CAD/CAM. Desta forma, uma vez que o procedimento foi exatamente o mesmo, não se justifica a explicação detalhada de cada etapa. Importa ainda referir que no bordo da tigela foram garantidas as características já referidas na mesma secção, tendo-se considerado uma distância entre o calibrador e o molde de cerca de 1 mm na vertical e 1,2 mm na horizontal nesse local, como se apresenta na Figura 5.9 (a azul-claro o calibrador e a azul-escuro o molde). Após o cortador exercer a sua função, a superfície do bordo em falta necessita sempre de uma operação de acabamento.

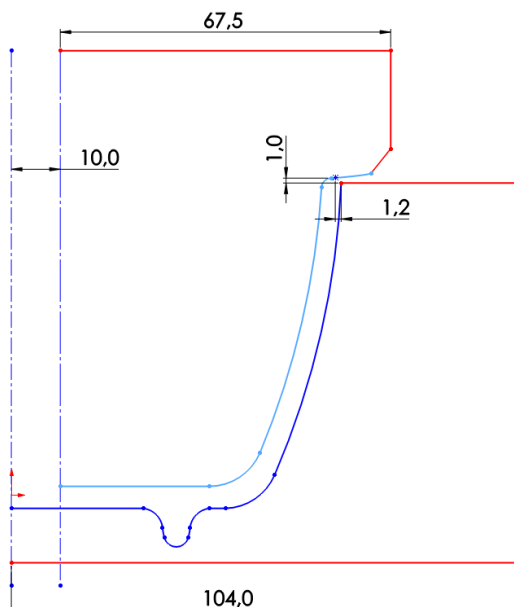


Figura 5.9 – Desenho do molde, a azul-escuro, e do calibrador, a azul-claro, necessários na conformação por Roller da tigela do projeto (dimensões em mm).

O anel limitador utilizado para projetar o encaixe perfeito deste na madre foi o mesmo do utilizado no projeto apresentado na secção 4.5.1.1, bem como a placa específica para fixar o calibrador à máquina *Roller* (tendo-se, consequentemente, projetados o mesmo furo central e os três furos roscados). Na Figura 5.10 a), b), c) e d) apresentam-se, respetivamente, a madre, o molde (visto em secção), o calibrador (visto em secção) e o conjunto do molde, do calibrador e da peça vistos em secção.

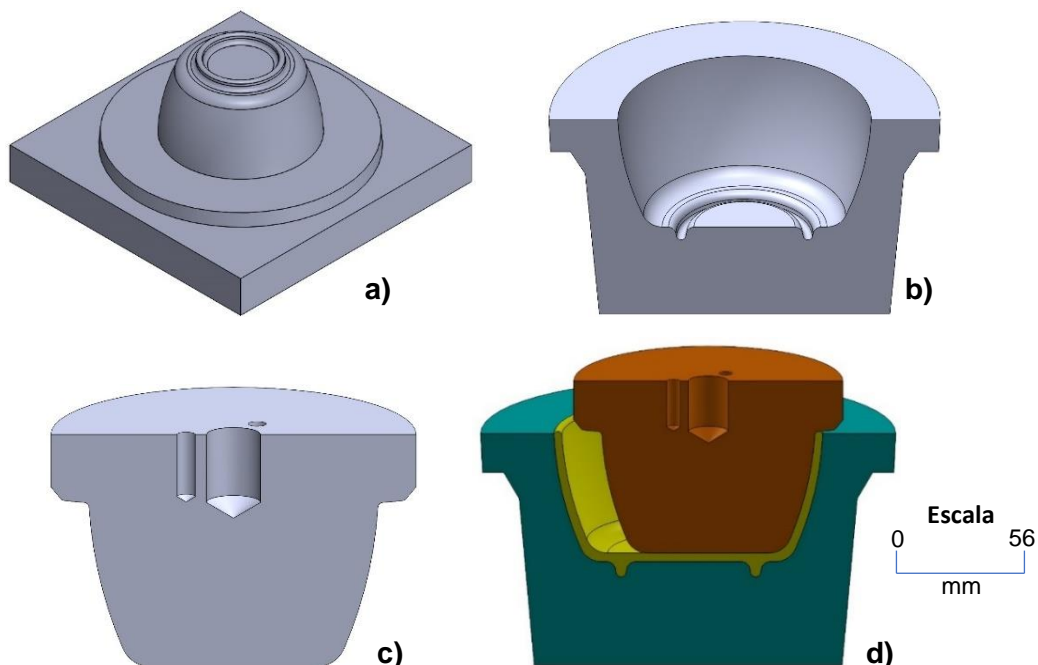


Figura 5.10 – Componentes necessários para a conformação Roller da tigela do projeto: a) madre; b) molde; c) calibrador e d) conjunto do molde, da tigela e do calibrador.

Apesar de ter sido este o processo utilizado para projetar a madre e o calibrador, o primeiro componente foi produzido pelo método tradicional. Por outro lado, para produzir o

calibrador utilizou-se um método inovador, explicado de seguida. Para a produção da madre pelo método tradicional, em vez de se realizar a modelação manual da tigela a partir do desenho 2D desta, tentou-se automatizar este processo e realizou-se a impressão 3D da tigela ampliada e otimizada (Figura 5.11 a)). Posteriormente, seguiram-se todas as fases do processo já explicado na secção 4.4.1, não se vendo necessidade de voltar a repetir novamente tudo o explicado. Por outro lado, para a produção do calibrador, uma vez que não havia possibilidade de efetuar a sua maquinação e que apenas se pretendiam produzir um reduzido número de produtos para amostras, tentou-se utilizar um processo mais automatizado através da utilização de ferramentas 3D. Par tal, converteu-se a modelação efetuada no *Solidworks* em um ficheiro *.STL* e efetuou-se a impressão 3D deste, tendo esta sido realizada através da mesma tecnologia de fabrico aditivo, da mesma impressora e do mesmo material, mas com alguns parâmetros das impressão diferentes das já apresentadas até aqui. Para que o calibrador impresso apresenta-se bons níveis de qualidade e de solidez, tomou-se especial atenção na definição da qualidade de impressão (altura da camada de 0,12 mm) e na densidade e padrão de preenchimento da mesma (60% e “*Cubic Subdivision*”, respetivamente), tendo-se mantido todos os outros parâmetros constantes. Na Figura 5.11 b), c) e d) apresentam-se, respetivamente, a madre e o molde obtidos pelo processo tradicional e o calibrador impresso em 3D. Nos Anexo D e Anexo R encontram-se, respetivamente, o desenho do calibrador e uma série de fotografias que permitem acompanhar todas as fases o processo de produção destes componentes e da tigela respetiva.

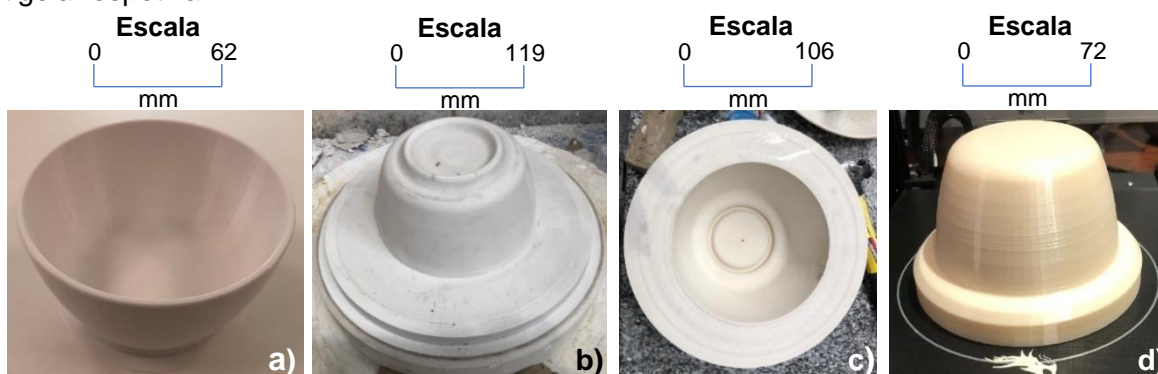


Figura 5.11 – Componentes necessários para a conformação Roller da tigela do projeto: a) segunda impressão 3D da tigela; b) madre de gesso; c) molde de gesso e d) calibrador impresso em 3D.

5.5.3. Projeto e Desenvolvimento de MM Segundo os Processos de Integração do CAD/CAM e Tradicional para a Travessa

A travessa foi o produto que sofreu menos otimizações até esta fase, uma vez que após a suavização das curvas dos fretes e da primeira impressão se concluiu que não eram necessárias mais otimizações e que o seu *design* estava conforme o desejado e indicado na reunião com os responsáveis da empresa. No entanto, nesta fase do projeto já se tinha adquirido muito mais conhecimentos e facilmente se verificou que era muito difícil, ou mesmo impossível, produzir a travessa conforme a impressão realizada e apresentada na Figura 5.5 c). As dimensões da base da travessa eram bastante consideráveis e esta não tinha apoios praticamente nenhuns que sustentassem todo o seu peso, concluindo-se que, mesmo com uma compensação, seria muito difícil evitar o seu abatimento. Neste sentido, decidiu-se que seriam utilizados fretes adicionais intermédios (exatamente iguais aos fretes já projetados) para suportar o peso da base e evitar o seu abatimento. Para além disso, também se verificou que era necessário compensar minimamente o abatimento das abas, visto que os fretes projetados inicialmente ainda estavam um pouco distanciados destas. Estas conclusões receberam o consentimento do modelador e podem ser analisadas através da Figura 5.12, onde as linhas vermelhas correspondem à compensação das abas da travessa efetuada, e da Figura 5.13. A etapa seguinte consistiu em considerar a

percentagem de retração para um produto conformado por *RAM* e ampliar a travessa através da opção *scale* do *Solidworks*, segundo o valor retribuído pela equação (3.1).

Com o objetivo de analisar e validar efetivamente as alterações efetuadas, e tendo em conta que se pretendia seguir os mesmos procedimentos dos projetos realizados para o prato e para a tigela para automatizar o método de fabrico tradicional, decidiu-se realizar a impressão 3D da travessa ampliada e otimizada (Figura 5.13).

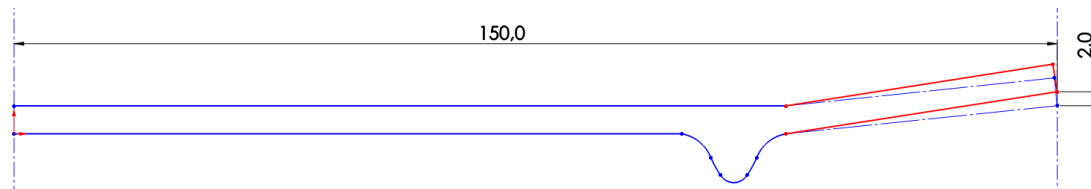


Figura 5.12 – Compensação da aba da travessa do projeto (dimensões em mm).

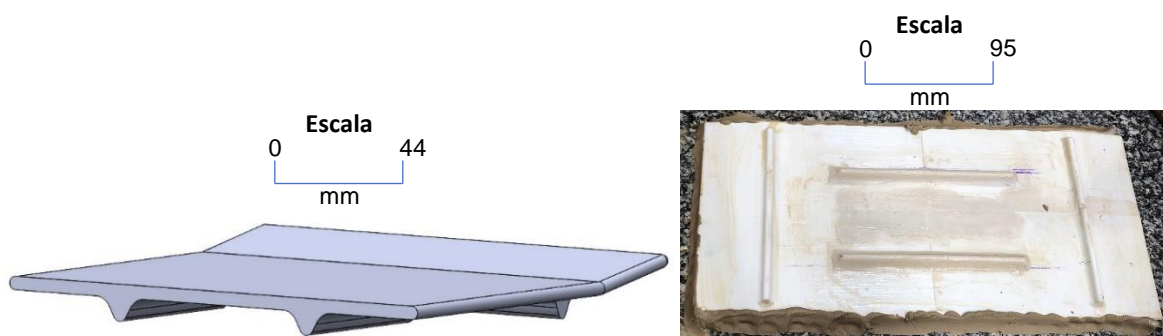
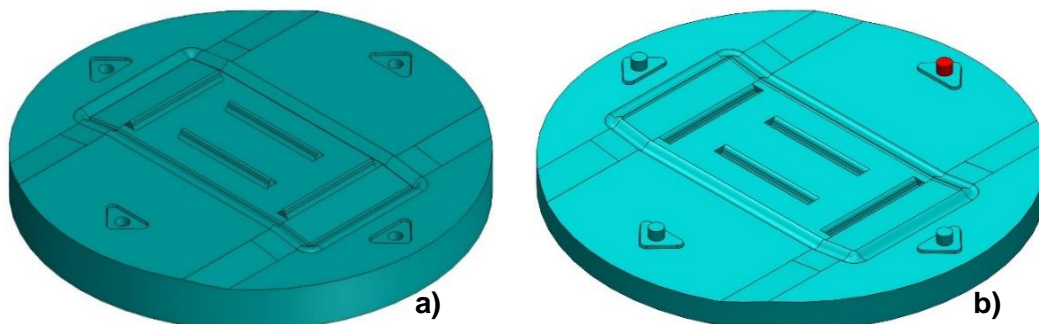


Figura 5.13 – CAD da travessa do projeto, à esquerda, e segunda impressão 3D da travessa, à direita.

Uma vez validadas as compensações efetuadas, iniciou-se o projeto de MM para a prensagem por *RAM* da travessa, pelo método de integração do *CAD/CAM*. Como será apresentado, apenas se considerou uma cavidade nas respetivas MM, pois este projeto foi exclusivamente para a produção de produtos para amostras. Uma vez que o projeto de MM para este produto seguiu precisamente a mesma metodologia explicada na secção 4.5.3., tendo-se inclusive utilizado o mesmo *sketch* (adaptado à linha de fecho da travessa) para modelar as superfícies que permitem o escoamento da pasta cerâmica durante o processo de prensagem, considera-se que a explicação detalhada de cada etapa não se justifica. Importa apenas referir que, tendo em conta que os moldes da travessa seriam produzidos através de um *chassis* circular presente na *Mesa*, teve-se em conta o diâmetro interno deste (520 mm) no projeto das respetivas MM. Na Figura 5.14 a) e c), b) e d) e e) e f) apresentam-se, respetivamente, as madres, os moldes e a montagem *CAD* dos moldes superior e inferior projetados para a travessa. No Anexo S encontram-se uma série de fotografias que permitem acompanhar todas as fases o processo dos moldes e da travessa.



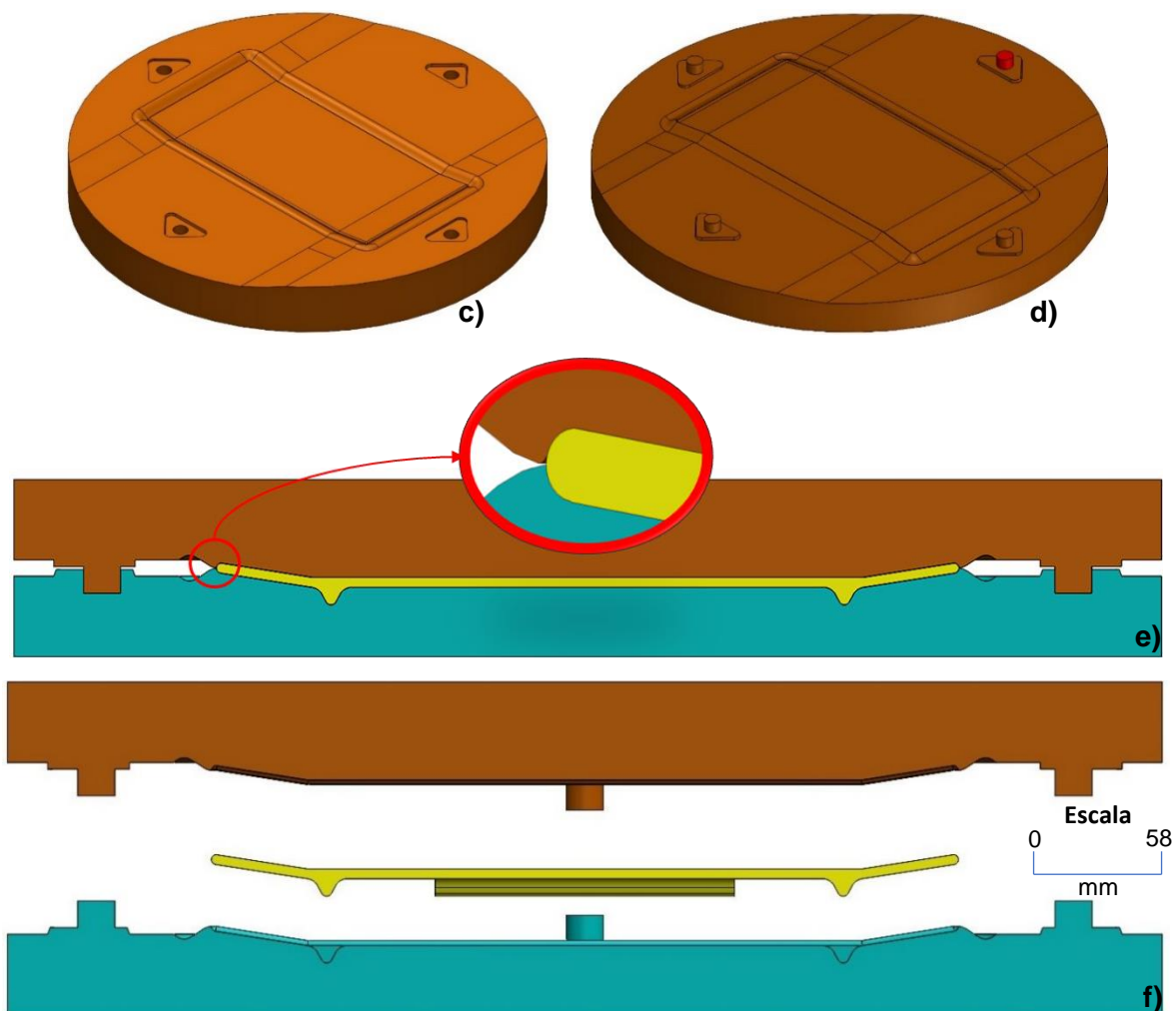


Figura 5.14 – Componentes necessários para a conformação por prensagem RAM da travessa do projeto: a) e c) madres; b) e d) moldes; e) e f) montagem CAD dos moldes e da travessa.

Uma vez concluído o projeto CAD, produziram-se os moldes de gesso diretamente a partir da segunda travessa impressa em 3D, segundo o método tradicional. As etapas de produção de ambos os moldes seguiram um processo idêntico ao referido na secção 4.4.1, tendo-se utilizado gesso próprio para prensagem RAM. Na Figura 5.15 apresentam-se os moldes obtidos, onde também se pode visualizar o chassis circular utilizado.



Figura 5.15 – Moldes para a prensagem RAM da travessa do projeto, obtidos pelo método tradicional.

5.6. Produtos Obtidos Após Toda a Sequência de Produção e Análise dos Mesmos

Após a conformação dos vários produtos apresentados neste capítulo, estes seguiram o restante processo produtivo apresentado na secção 3.2.4, isto é, sofreram operações de secagem, acabamento, vidragem e, por fim, cozedura. Os pratos, as tigelas e as travessas obtidas após toda a sequência referida podem ser observados na Figura 5.16.



Figura 5.16 – Pratos, tigelas e travessas obtidas após todo o processo produtivo.

Por fim, importa referir que os vários produtos obtidos apresentaram alguns defeitos, que podem ter derivado de vários fatores. Relativamente ao prato, concluiu-se que obtenção de produtos sem defeitos e com boa qualidade dependia particularmente: (1) do tempo de contacto da barbotina com os moldes, que tinha de ser o suficiente para que estes absorvessem alguma da água da barbotina e formassem a parede do prato por efeito de sucção capilar e (2) do processo de desmoldagem do prato, que tinha de ser realizado cuidadosamente para não ferir o frete. O tempo de contacto referido foi definido após várias iterações, fixando-se entre os 30 e 40 minutos. Os fretes dos pratos feridos aquando da desmoldagem foram corrigidos com a adição de barbotina a esses locais, seguido de um processo de acabamento. Por outro lado, nas tigelas constatou-se que praticamente todas apresentavam uma geometria oval, que pode ter sido causada por: (1) o calibrador ter sido impresso em 3D e não ter o mesmo acabamento e qualidade que um maquinado em *nylon*; (2) as tigelas terem sido desmoldadas demasiado cedo, tendo ficado pouco tempo no interior do molde de gesso e manuseadas quando ainda não tinham consistência suficiente e (3) mau manuseamento das tigelas no processo de acabamento e/ou vidragem. Uma vez que algumas tigelas apresentavam-se mais ovais que outras, este defeito pode ter sido causado por apenas uma das razões referidas ou pelo seu conjunto. Por fim, apesar das travessas obtidas após todo o processo cerâmico estar conforme o planeado, após a conformação os seus bordos tinham muitos resíduos de pasta mal escoada, muito provavelmente devido aos moldes terem sido mal produzidos através do método tradicional. Consequentemente, estas tiveram de ser sujeitas a cuidadosos e demorados processos de acabamento.

6. Desenvolvimento de Ferramentas

6.1. Introdução

O processo produtivo de um produto cerâmico carece da utilização de inúmeras ferramentas ao longo de todas as suas fases. Por exemplo, na *Mesa Ceramics*, a fase de vidragem carece de uma ferramenta que suporta os produtos e os transporta automaticamente ao longo do percurso das cabines de vidragem, denominado *spindle*. Neste capítulo é abordada a otimização dos *spindles* existentes na *Mesa* e o projeto de desenvolvimento de novos *spindles* adaptados às dimensões de alguns dos produtos da empresa. É também abordado neste capítulo, o projeto de uma estrutura para o equipamento de enchimento sob pressão que permite o transporte automático das peças, sob o efeito de vácuo, desde que estas são conformadas até a um tapete rolante que, por sua vez, as transporta para acabamento.

Uma vez que, como já referido, o estudante David Melo efetuou igualmente o estágio nas instalações da *Mesa Ceramics*, ele foi também parte integrante de alguns dos projetos que serão abordados neste capítulo. Num sentido de melhor clarificar o contributo de cada um em cada uma das tarefas dos vários projetos, apresenta-se a Figura 6.1, relativa ao diagrama da divisão dos trabalhos realizados para o desenvolvimento de ferramentas. Uma vez que se considera que esta divisão já se encontra bem explícita neste diagrama, no decorrer deste capítulo abordar-se-ão os inúmeros projetos na terceira pessoa do singular. Por último, é ainda importante referir que todas as impressões de fabrico aditivo apresentadas neste capítulo, foram realizadas recorrendo à mesma tecnologia, à mesma impressora, ao mesmo material e aos mesmos parâmetros de impressão descritos na secção 4.5.2.2.

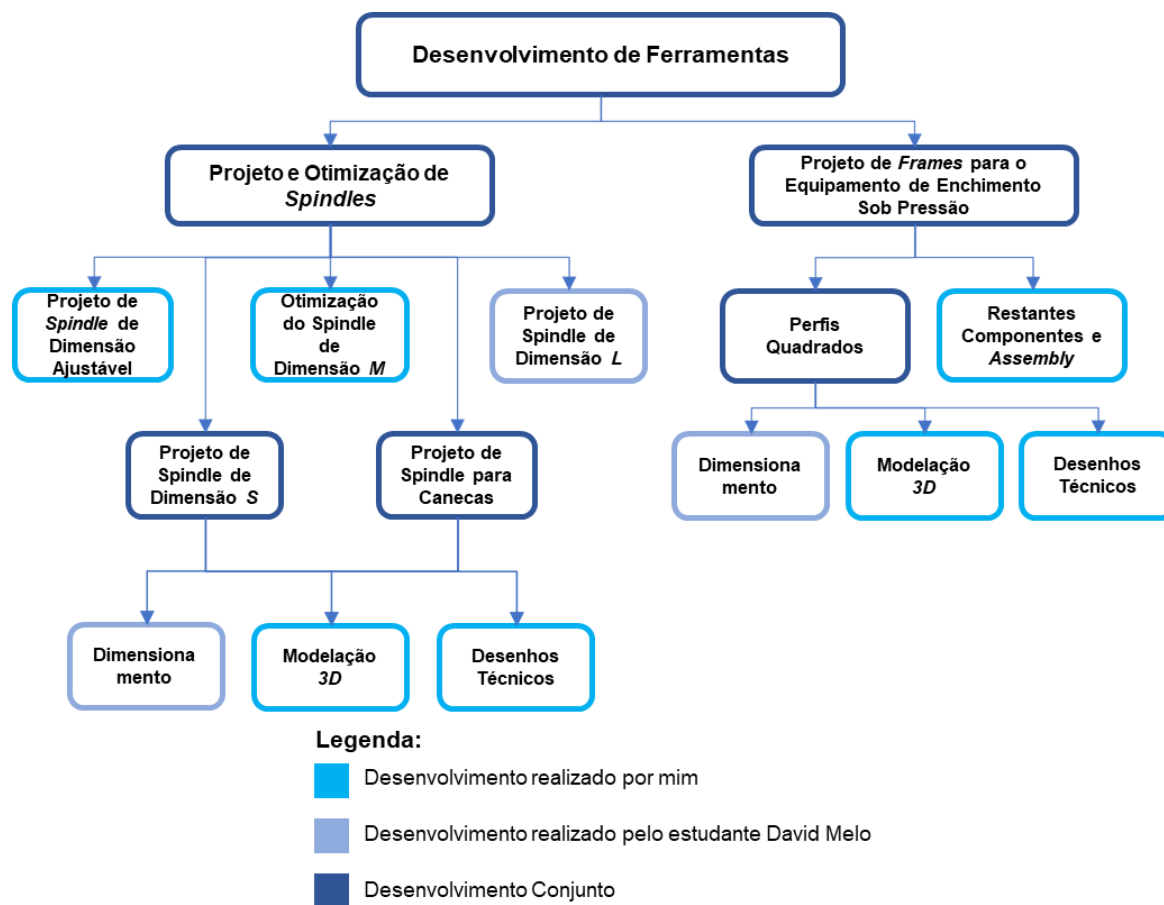


Figura 6.1 – Diagrama da divisão de trabalhos do desenvolvimento de ferramentas.

6.2. Melhorias Propostas

6.2.1. Introdução

Durante o período de ambientação à empresa, facilmente se constatou que no projeto das cabines de vidragem automática se tentou determinar uma dimensão mais ou menos universal para que fosse possível vidrar praticamente todo o tipo de produtos (exceto canecas, chávenas e jarros) utilizando apenas um único *spindle* (Figura 6.2). No entanto, quando se tratava de vidrar peças de dimensões superiores ou inferiores ao tamanho projetado, a rentabilidade desse processo era muito baixa ou este era mesmo impossível de se concretizar. Para além disso, verificou-se também que a estrutura/corpo dos *spindles* e as “hastes” dos mesmos não estavam totalmente otimizadas, dificultando a colocação dos produtos nas mesmas e prejudicando a estabilidade dos produtos ao longo do percurso de vidragem.



Figura 6.2 – Spindle “universal” utilizado na Mesa Ceramics até à data do estágio.

Neste sentido, propuseram-se algumas melhorias aos *spindles* existentes na Mesa, nomeadamente através de: (1) otimização dos *spindles* já existentes, através da alteração do seu número de “hastes”, do aumento da profundidade dos rasgos que as albergam e da utilização de material mais resistente na produção das mesmas; (2) projeto de *spindles* de várias dimensões, permitindo a vidragem de peças com muito maior diversidade dimensional e (3) projeto de *spindles* para canecas, que até à data eram vidradas através de outros processos com menor rentabilidade. Neste capítulo apresentam-se os vários *spindles* projetados.

6.2.2. Spindle de Dimensão M (Utilizado na Mesa)

Numa primeira fase, foi realizado um estudo prévio dos *spindles* já existentes na Mesa (denominados posteriormente de *spindles* de dimensão M, apresentados na Figura 6.2), com o objetivo de se analisar a sua estrutura e todos os seus componentes, determinar quais as dimensões máximas e mínimas das peças possíveis de vidrar nestes e perceber quais os seus problemas.

Verificou-se que eram *spindles* constituídos por quatro “hastes”, orientadas de 90° umas das outras, e que possibilitavam a vidragem adequada, e a estabilidade ao longo do percurso da mesma, de produtos com fretes de diâmetros compreendidos entre 75 - 230 mm. Numa reunião com a engenheira responsável pela produção da Mesa Ceramics e com o responsável pelas cabines de vidragem automática, foram discutidos os problemas que advinham da utilização dos *spindles* de dimensão M no processo de vidragem, tendo-se concluído que: (1) os produtos cujo diâmetro do frete fosse inferior ou superior aos valores referidos obrigavam normalmente a uma dupla passagem pelo percurso de vidragem,

apresentavam muitos defeitos após vidragem e/ou cozedura, caíam dos *spindles* ao longo do mesmo percurso ou acabavam mesmo por ser impossíveis de vidrar nestas linhas, uma vez que o diâmetro do frete impedia o seu correto posicionamento e, conseqüentemente, a sua estabilidade no *spindle*; (2) era impossível vidrar canecas nas cabines de vidragem automática, sendo necessário projetar um *spindle* específico para esse efeito; (3) a estabilidade das peças ao longo do percurso de vidragem ficava comprometida devido à utilização de quatro hastes nos *spindles* e ao tipo de material destas (AISI (304). Após alguns ciclos de utilização, as hastes danificavam-se e empenavam, dificultando a colocação das peças nos *spindles* e a estabilidade das mesmas nesse percurso; (4) o ângulo de soldagem entre a parte superior da haste e a parte do “corpo” da mesma deveria ser alterado, uma vez que o utilizado atualmente provoca, por vezes, sombras na vidragem de alguns produtos e (5) os rasgos que albergavam as hastes dos *spindles* tinham uma profundidade demasiado pequena, impossibilitando a correta fixação das mesmas nesses rasgos e, conseqüentemente, ajudando à sua mais rápida deterioração.

6.2.3. Projeto de *Spindle* de Dimensão Ajustável

Antes de se iniciar o projeto de *spindles* adaptados às diversas dimensões dos produtos existentes na *Mesa*, primeiramente tentou-se projetar um único *spindle* que permitisse vidrar uma grande variedade de peças. Desta forma, seria possível vidrar inúmeros produtos sem necessidade de se proceder à troca manual de todos os *spindles* cada vez que se pretendia vidrar peças de outras dimensões e evitava-se a necessidade de se produzir e ter em *stock* vários conjuntos de *spindles* consoante as dimensões das peças. Este tipo de *spindle* foi posteriormente denominado de *spindle* de dimensão ajustável.

Para este efeito, foram idealizadas e avaliadas duas possibilidades de desenvolvimento. A primeira foi baseada no sistema de ajuste da dimensão das canadianas (utilizadas normalmente para problemas ortopédicos) e a segunda foi uma otimização da primeira, no sentido de permitir uma maior variedade de regulação dimensional.

Resumidamente, o primeiro sistema idealizado para o desenvolvimento deste *spindle* (Figura 6.3) era constituído por: (1) uma estrutura principal (igual à estrutura já existente, mas com espaço para apenas três “hastes” e com profundidade suficiente para as albergar completamente); (2) um tubo com furos pré projetados, que ficaria sempre fixo no rasgo da estrutura principal do *spindle*; (3) uma haste, do diâmetro interior do tubo, podendo deslizar livremente no interior do mesmo. Esta, apenas ficaria completamente fixa na estrutura do tubo quando a sua peça de ajuste entrasse num dos furos existentes no mesmo, conseguindo-se, assim, ajustar a dimensão pretendida consoante a peça a vidrar.



Figura 6.3 – *Spindle* de dimensão ajustável cujo sistema de ajuste foi baseado no utilizado nas canadianas.

O segundo sistema de regulação para a dimensão das hastes dos *spindles* foi, como já referido, baseado na primeira, mas oferecia uma maior possibilidade de ajuste ao longo do tubo. Em vez de existirem furos no tubo, a regulação era conseguida por meio do aperto de um perno roscado contra a haste, como se apresenta na Figura 6.4.

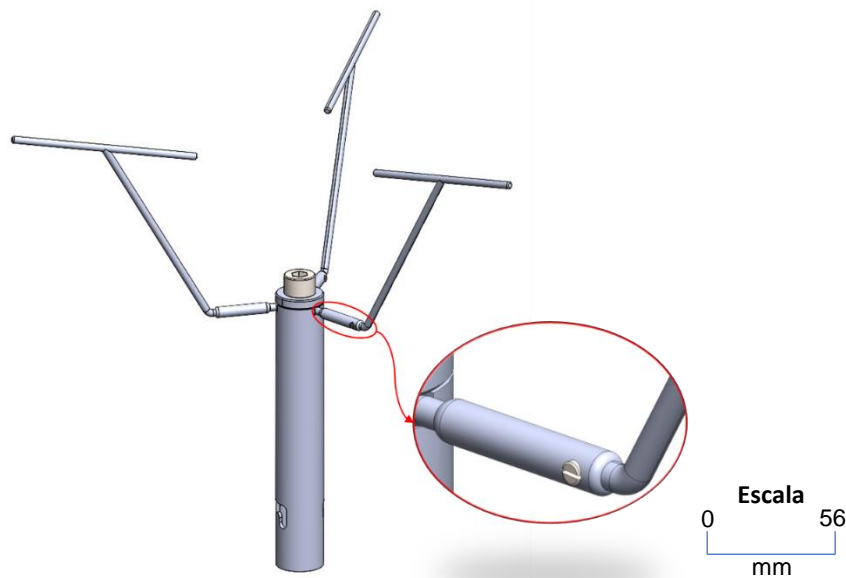


Figura 6.4 – Spindle de dimensão ajustável cujo sistema de ajuste surgiu de uma otimização do anterior.

Ambas as ideias foram apresentadas à engenheira responsável pela produção da *Mesa Ceramics* e ao responsável pelas cabines de vidragem automática. No entanto, ambas tinham como limitação o facto de ser necessário um tubo de diâmetro externo superior ao da haste para ser possível fazer o ajuste da dimensão do *spindle*. Num estudo realizado anteriormente pela empresa, foi determinado que o diâmetro ótimo para a haste era de 3 mm, verificando-se que: para valores inferiores, as hastes ficavam muito fragilizadas e apresentavam-se significativamente danificadas ao fim de poucos ciclos de utilização e, para valores superiores, verificavam-se zonas de sombra (com pouco vidro) nas peças, causadas exatamente por esse aumento diâmetro. Desta forma, os projetos não foram aprovados e estabeleceu-se o projeto e a produção de *spindles* de dimensões inferior e superior ao já utilizado na *Mesa* (*spindle* de dimensão *S* e *spindle* de dimensão *L*, respetivamente), bem como a otimização do *spindle* já utilizado.

6.2.4. Otimização do Projeto de *Spindle* de Dimensão *M*

Tendo em conta os problemas e as limitações do *spindle* de dimensão *M* já referidas na secção 6.2.2, procedeu-se à sua otimização, nomeadamente da estrutura principal e das hastes.

Relativamente à estrutura principal do *spindle*, a otimização passou pela redução do número de hastes de quatro para três, ficando estas orientadas de 120° umas das outras, e pelo aumento da profundidade dos rasgos que albergam as hastes, tentando-se melhorar a fixação destas à estrutura do *spindle* e, conseqüentemente, a sua durabilidade e estabilidade das peças ao longo do percurso de vidragem. Teoricamente, com três hastes, o frete dos vários produtos passaria a ficar apoiado em três pontos, facilitando o processo de colocação destes no *spindle* (que é realizado manualmente por um operador) e aumentando a sua estabilidade ao longo do percurso de vidragem. No entanto, à data deste projeto, a *Mesa Ceramics* já possuía um grande conjunto de *spindles* (e conseqüentemente das respetivas estruturas principais) e era preferível o seu reaproveitamento à sua completa substituição por estruturas apenas com três rasgos. Neste sentido, tentou-se

encontrar a melhor solução para aproveitar os *spindles* já existentes, aproveitando-se um dos rasgos e maquinando-se mais dois, orientados de 120° cada. Posteriormente, foi realizada a modelação *CAD* de ambas os modelos (Figura 6.5 a) e b)) e foi realizada a impressão 3D apenas do modelo com três hastes (Figura 6.5 c)). A impressão 3D do modelo reaproveitado não foi realizada porque as limitações e os problemas da sua produção só seriam perceptíveis aquando da sua maquinação.

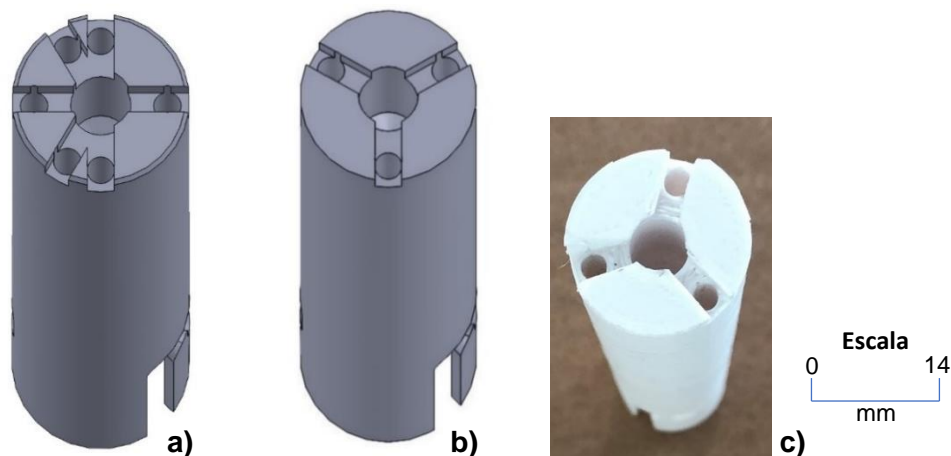


Figura 6.5 – Estrutura do spindle otimizada para três hastes: a) CAD do modelo reaproveitado; b) CAD do modelo novo e c) impressão 3D do modelo novo.

Através da estrutura impressa e das hastes já existentes, realizou-se um teste numa das cabines de vidragem para verificar a viabilidade da sua produção. O teste foi realizado com sucesso e o projeto foi aceite, tendo sido enviado o modelo no formato *.STEP* para produção para a empresa *Soldaduras Mecânicas Abel Costa Pinto, LDA*. Esta empresa tentou inicialmente aproveitar a estrutura já existente e maquinar mais dois rasgos orientados de 120° cada, contudo este projeto não demonstrou o sucesso esperado e esta hipótese foi abandonada. Por fim, partiu-se para a maquinação a partir de um varão cilíndrico totalmente novo e a estrutura maquinada, apresentada na Figura 6.6 a) e b), foi enviada para a *Mesa Ceramics* para testes, tendo sido aceite posteriormente.

Relativamente às hastes definiu-se que se iriam utilizar as hastes já existentes na *Mesa* até que estas apresentassem indícios de empeno irreversíveis. Assim, quando estas não tivessem possibilidade de recuperação, foi definido que se iriam produzir novas hastes, alterando-se o seu tipo de material para *AISI 302*, que se caracteriza por ser mecanicamente mais resistente, e alterando-se o ângulo entre a parte superior da haste e o “corpo” da mesma, conforme se apresenta no desenho do Anexo T. O aumento do diâmetro das hastes não foi equacionado devido ao mesmo problema apresentado na secção 6.2.3. A descoberta do ângulo que permitia obter menores sombras nas peças foi um processo iterativo após várias tentativas reais de vidragem, realizadas a partir de hastes com diferentes ângulos, produzidas através de ferramentas de impressão 3D (Figura 6.6 c)).

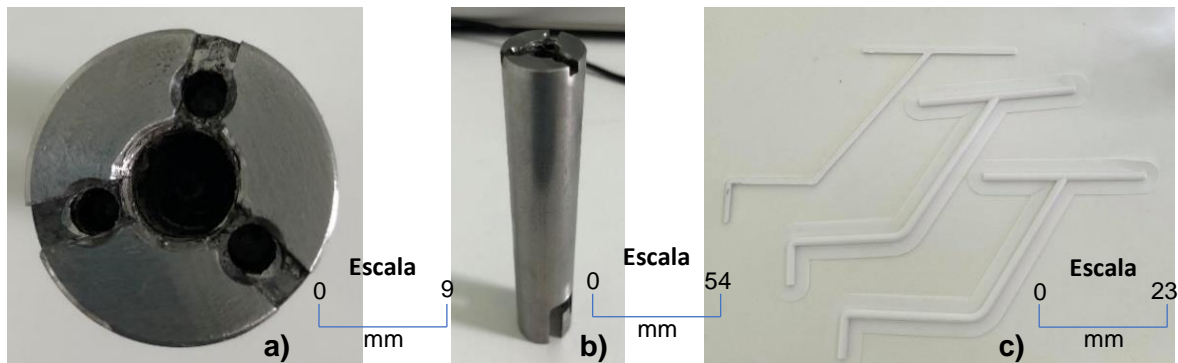


Figura 6.6 – Estrutura do spindle otimizada para três hastes: a) e b) estrutura do spindle produzida e c) impressão 3D das hastes de dimensão M projetadas com diferentes ângulos.

6.2.5. Projeto de Spindle de Dimensão S

O projeto de um *spindle* que permitisse a vidragem de produtos de dimensões inferiores ao *spindle* de dimensão M , isto é, inferiores a 75 mm, era imperativo e tinha alguma urgência. Até à data, os produtos cujo diâmetro do frete fosse inferior a esse valor, precisavam de ser vidrados por duas vezes (necessitando do dobro do tempo e de muito maiores quantidades de vidro) ou segundo outras técnicas menos rentáveis, o que expressa bem a necessidade deste projeto.

Neste sentido, primeiramente foi realizado um estudo das diversas peças de pequenas dimensões fabricadas na *Mesa Ceramics*, que não eram possíveis de vidrar no *spindle* de dimensão M , com o objetivo de se determinarem as dimensões interiores e exteriores do *spindle* a projetar. Desta forma, foi possível concluir-se que o *spindle* de dimensão S teria de possibilitar a vidragem de produtos cujos diâmetros dos fretes ficassem compreendidos entre 29 - 105 mm e, tendo em conta estes valores, foi desenhada a haste através de ferramentas *CAD* e foi efetuada a sua impressão 3D, com vista à realização de um teste real nas cabines de vidragem (Figura 6.7, à esquerda). Nesse teste foi utilizada a estrutura de três hastes impressa em 3D para o teste de otimização do *spindle* de dimensão M (Figura 6.7, à direita).



Figura 6.7 – Impressão 3D das hastes de dimensão S projetadas através de ferramentas *CAD*, à esquerda, e montagem das mesmas na estrutura já impressa, à direita.

O projeto do *spindle* de dimensão S foi aprovado pelos responsáveis da *Mesa* e foi realizado o desenho das hastes para produção, que se encontra no Anexo T. A produção das hastes ficou, mais uma vez, a cargo da empresa *Soldaduras Mecânicas Abel Costa Pinto, LDA* e determinou-se a utilização das estruturas com três rasgos projetadas anteriormente na otimização do *spindle* de dimensão M . Na Figura 6.8 a), b) e c) apresentam-se, respetivamente, o *spindle* de dimensão S produzido, o *spindle* de

dimensão *S* com uma peça e uma comparação entre os *spindles* de dimensão *M* antes da otimização e de dimensão *S* produzido para testes em impressão 3D e em AISI 302.

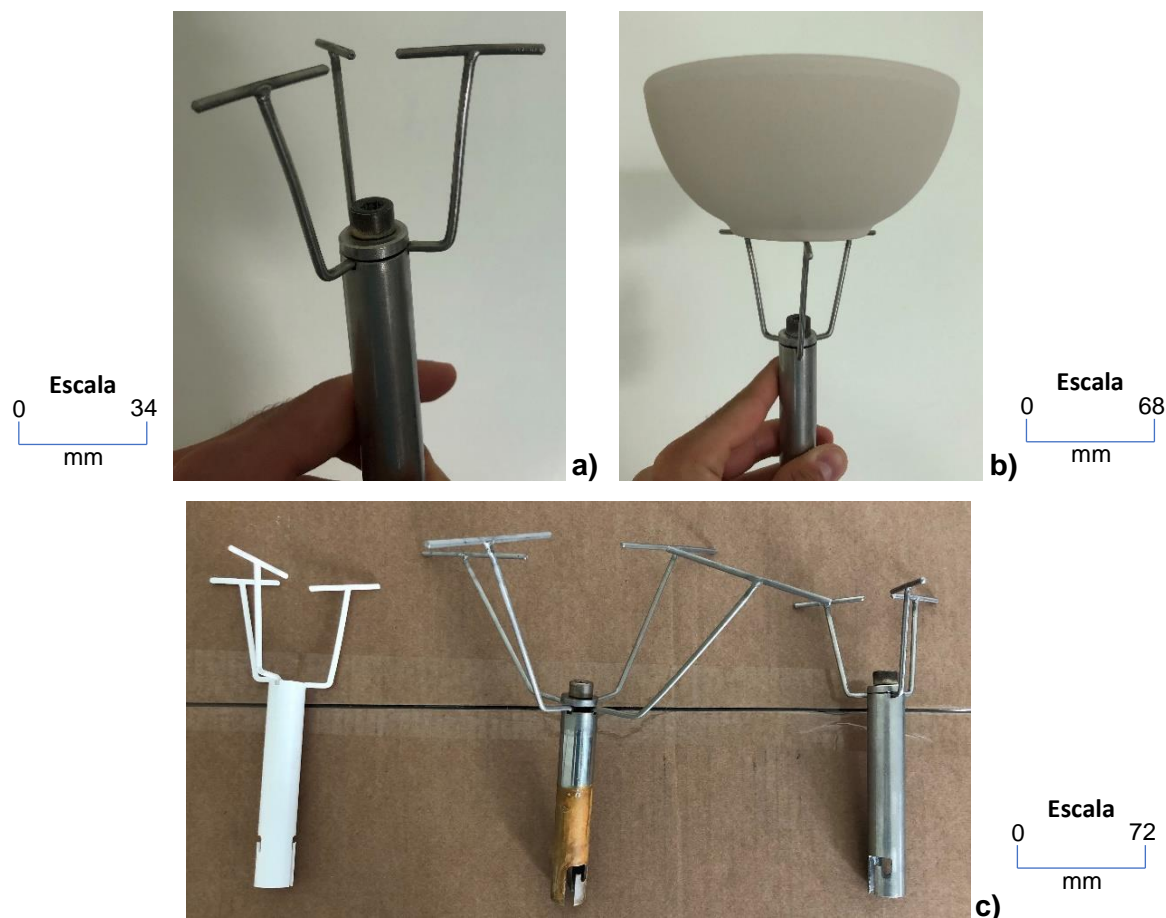


Figura 6.8 – Spindle de dimensão *S*: a) produzido; b) produzido e com uma peça com pequenas dimensões e c) comparação entre os spindles de dimensão *M* antes da otimização e de dimensão *S* produzido para testes em impressão 3D e em AISI 302.

6.2.5.1. Estudo da Rentabilidade do Projeto

Com o objetivo de estudar a rentabilidade do projeto dos *spindles* de dimensão *S* foi desenvolvida uma tabela (que se encontra no Anexo U), a preencher pelo responsável das cabines de vidragem, que estudava parâmetros como: (1) investimento inicial; (2) produtividade (número de peças vidradas por hora); qualidade de vidragem; (3) tempo de troca dos *spindles*; (4) perda de produção nesse tempo e (5) vidro utilizado em cada uma das situações.

Infelizmente, este projeto apenas foi finalizado na reta final do estágio e os operários da empresa ainda não se tinham ambientado à utilização dos *spindles* de dimensão *S*. Desta forma, não foram possíveis preencher alguns parâmetros da tabela.

6.2.6. Projeto de Spindle de Dimensão *L*

O projeto de um *spindle* de dimensão *L*, isto é, de um *spindle* que permitisse a vidragem de produtos de dimensões superiores a 230 mm, não era tão urgente como o abordado no capítulo anterior, pois a quantidade e variedade de peças cujo diâmetro do frete era superior a esse valor não era tão significativo. Neste sentido, a *Mesa Ceramics* informou que não estava disposta a fazer o investimento necessário para comprar todos os conjuntos de *spindles* de dimensão *L*, mas que, no futuro, poder-se-ia rever essa sugestão.

Mesmo tendo em conta a opção da empresa, decidiu-se realizar o projeto na mesma, tendo este seguido os mesmos procedimentos e a mesma metodologia do apresentado na secção anterior. Inicialmente foi realizado um estudo das diversas peças de grandes dimensões fabricadas na *Mesa Ceramics* e concluiu-se que o *spindle* de dimensão *L* teria de possibilitar a vidragem de produtos cujos diâmetros dos fretes fossem compreendidos entre 145 - 298 mm. Tendo em conta esses valores, foi novamente realizado o desenho da haste através de ferramentas *CAD* e foi efetuada a sua impressão 3D. Por fim, através da estrutura do *spindle* anteriormente impressa em 3D e das hastes de dimensão *L* foi realizado um teste real nas cabines de vidragem. As Figura 6.9 a) b) e c) apresentam, respetivamente, as hastes do *spindle* de dimensão *L* obtidas através de impressão 3D, o *spindle* de dimensão *L* com uma peça de grandes dimensões para demonstração e uma comparação entre este e o *spindle* de dimensão *M* antes de otimização. No Anexo T encontra-se o desenho das hastes deste *spindle*.

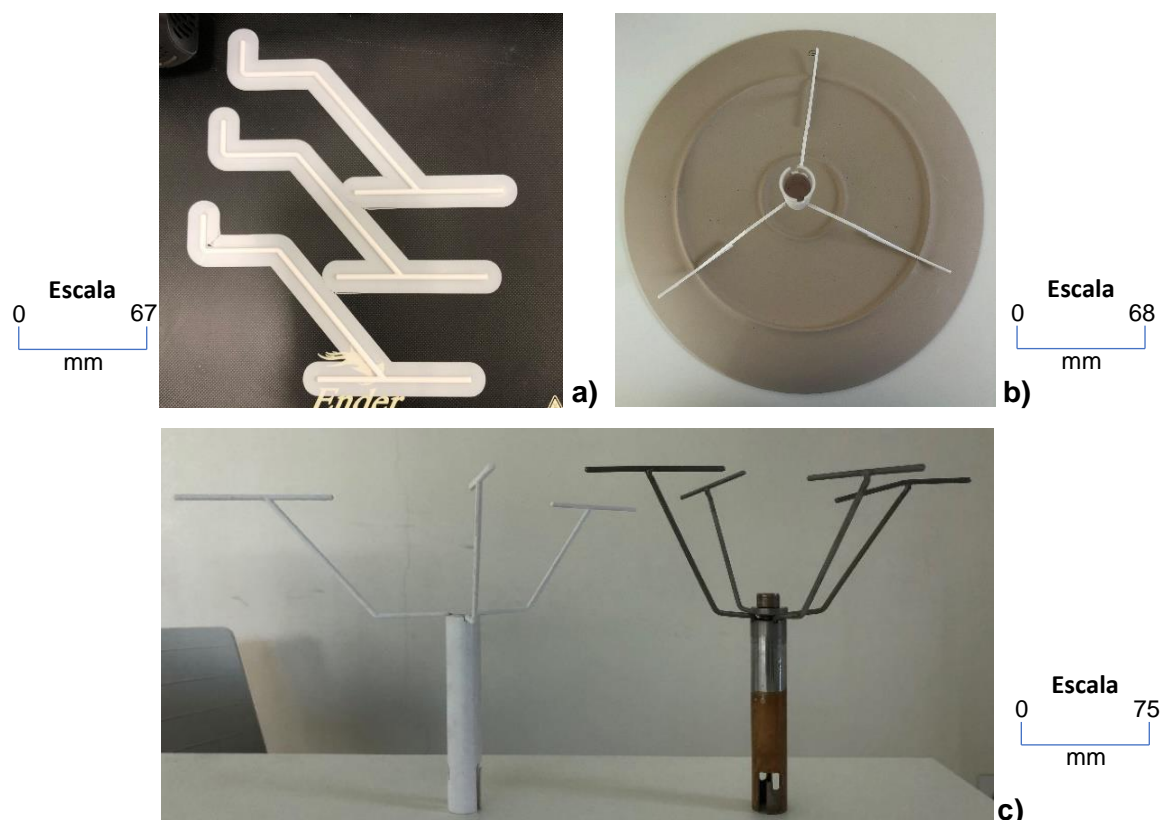


Figura 6.9 – Spindle de dimensão *L*: a) Impressão 3D das hastes do spindle respetivo; b) spindle com uma peça de grandes dimensões e c) comparação entre este e o spindle de dimensão *M* antes de otimização.

6.2.7. Projeto de Spindle para Canecas

Como já referido, não existia nenhum *spindle* adequado para a vidragem de canecas nas cabines de vidragem automática e, portanto, estas eram vidradas através de outras técnicas com menor rentabilidade. Consequentemente, propôs-se o projeto de um *spindle* adaptado exclusivamente para esta função.

Inicialmente, tentou-se projetar um único *spindle* que oferecesse a possibilidade de vidrar vários tipos de canecas. No entanto, rapidamente se desistiu dessa ideia, uma vez que se verificou que isso seria impossível de se materializar sem gerar zonas de sombra nas peças. Desta forma, decidiu-se que a única opção viável era o projeto de um *spindle* específico para cada caneca, cuja produção só seria rentável para canecas com alta cadência de produção.

Foi selecionada uma caneca com alta cadência de produção na *Mesa Ceramics* e, através do seu desenho e de medições da peça, concluiu-se que o *spindle* para canecas teria de ter um suporte superior (Figura 6.10 a)) cujos diâmetros interior e exterior fossem, respetivamente, 42 e 52 mm. De seguida, adaptou-se o desenho das estruturas dos *spindles* já existentes (Figura 6.10 b)), tornando a sua produção mais simples, e modelaram-se as hastes (Figura 6.10 c)), responsáveis por unir o suporte superior à estrutura do *spindle*. Todos as modelações foram realizadas através de ferramentas *CAD* e, posteriormente, foi realizada a impressão *3D* de todos os componentes (Figura 6.10 d)) para se testar o *spindle* em ambiente real (apenas se imprimiu a zona da estrutura necessária para o teste).

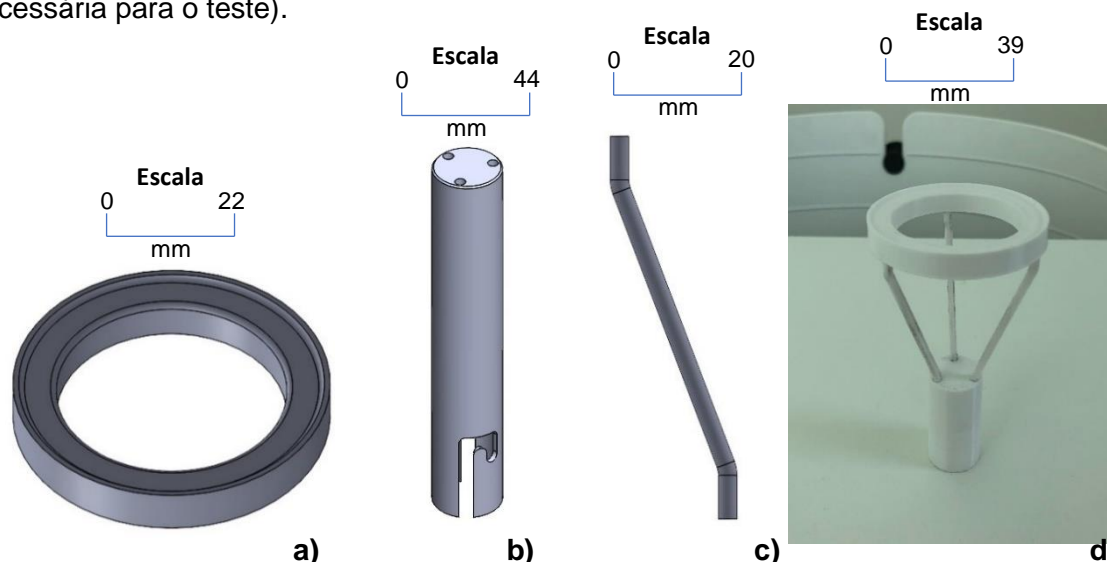


Figura 6.10 – Componentes do *spindle* para canecas: a) *CAD* do suporte superior; b) *CAD* da estrutura principal adaptada; c) *CAD* da haste e d) impressão *3D* de todos estes componentes e respetiva montagem.

O projeto do *spindle* para canecas foi aprovado pelos responsáveis da *Mesa* e foram realizados os desenhos de todos os componentes para produção, que se encontram no Anexo T. A produção dos componentes ficou, mais uma vez, a cargo da empresa *Soldaduras Mecânicas Abel Costa Pinto, LDA*. A Figura 6.11 apresenta o *spindle* para canecas produzido, à esquerda, e em utilização numa cabine de vidragem automática com a respetiva peça, à direita.

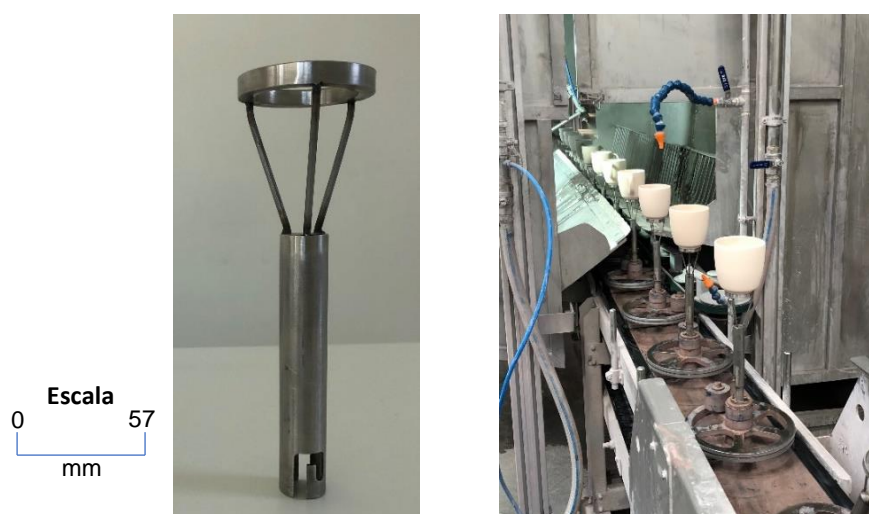


Figura 6.11 – *Spindle* para canecas produzido, à esquerda, e em utilização numa cabine de vidragem automática com a respetiva peça, à direita.

6.3. Projeto e Desenho de *Frames* para o Equipamento de Enchimento Sob Pressão

O equipamento de enchimento sob pressão que a *Mesa Ceramics* adquiriu, para além da máquina de conformação propriamente dita, é também composto por um braço *robótico* responsável por movimentar as peças desde que estas são conformadas e os moldes poliméricos se “separam” até um tapete rolante. Este movimento é assegurado por uma estrutura (*frame*), onde se encontra um conjunto pneumático, que é responsável por “agarrar” e transportar as peças através do efeito de vácuo. A ligação do *frame* ao braço *robótico* é realizada através de um componente desenhado especificamente para o efeito, pelo fornecedor, através de ligações aparafusadas e guiada por pinos. Na Figura 6.12 a), b) e c) apresentam-se, respetivamente, o *frame* entregue com a máquina, o *frame* com o sistema pneumático já montado e o *frame* montado no braço *robótico*.

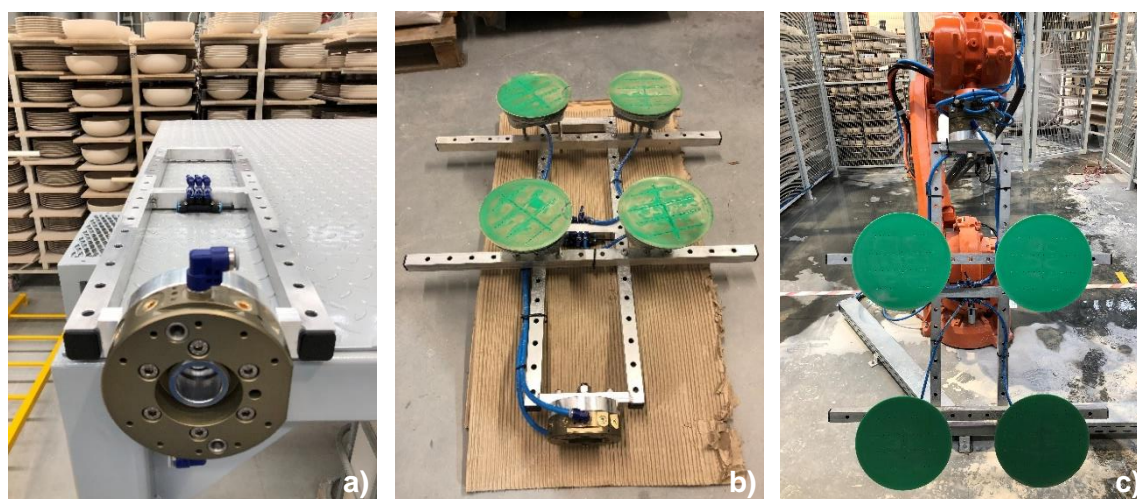


Figura 6.12 – *Frame* utilizado para o equipamento de enchimento sob pressão: a) *frame* entregue com a máquina; b) *frame* com o sistema pneumático já montado e respetivos vacuum suckers e c) *frame* montado no braço robótico.

Uma vez que cada peça tem associada um conjunto de características geométricas e dimensionais específicas, alguns componentes do *frame* também têm de ser específicos para cada peça, mais especificamente, os componentes que contactam com a peça (*vacuum suckers*). Estes componentes são produzidos numa borracha de silicone, cuja ficha técnica se encontra no Anexo V. Com o objetivo de maximizar o rendimento produtivo e reduzir os *setup times*, em vez de se desmontar e montar sempre esses componentes específicos no mesmo *frame*, consoante a peça em produção naquele momento, sugeriu-se o projeto e fabrico de novos *frames* adaptados a cada peça. Desta forma, existiriam vários *frames*, junto à máquina, exclusivos para cada tipo de peça e o braço *robótico* só teria de ser programado para procurar e utilizar o *frame* da peça que estaria em produção de forma completamente automática e num curto espaço de tempo, conseguindo-se assim reduzir os *setup times*.

A partir do *frame* já projetado pelos fornecedores da máquina, foram modelados todos os componentes necessários para a estrutura principal dos novos *frames* e posteriormente foram realizados os respetivos desenhos necessários para produção. As tolerâncias e os ajustamentos utilizados seguem a bibliografia [38] e os componentes foram projetados em alumínio *EN AW-6060*. Na Figura 6.13 apresentam-se alguns dos componentes modelados para o *frame* e na Figura 6.14 apresenta-se o *assembly* com todos os componentes constituintes do mesmo. Por fim, no Anexo W encontram-se os desenhos para produção de cada componente e o desenho de conjunto do *frame* (sem contabilizar o sistema pneumático). O orçamento para a produção total do *frame* encontra-se no Anexo X.

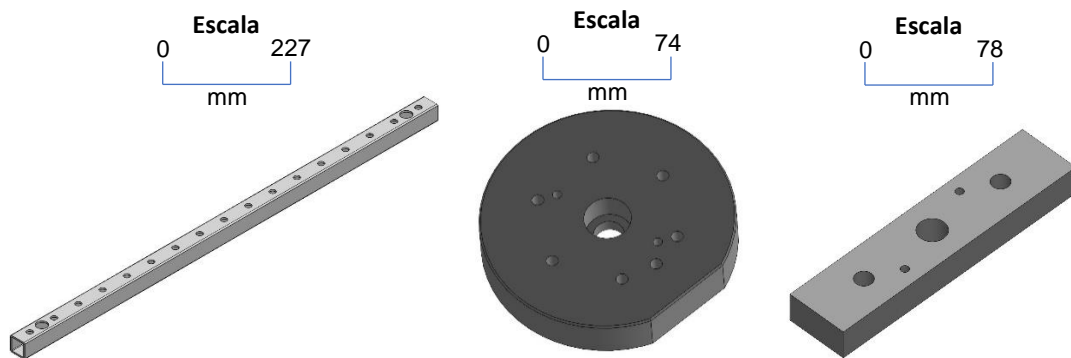


Figura 6.13 – Alguns componentes necessários para a montagem do frame.

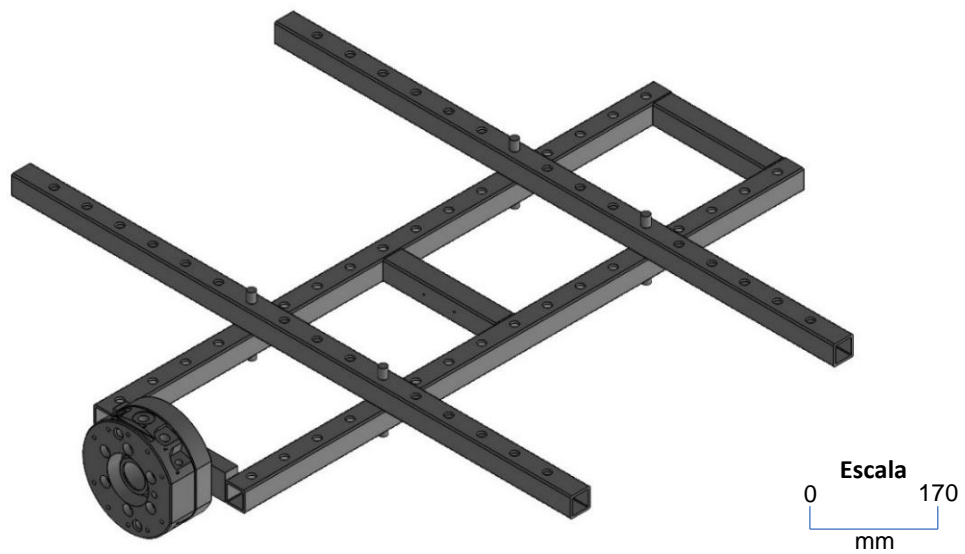


Figura 6.14 – Assmbly completo dos componentes principais do frame.

7. Outros Trabalhos Desenvolvidos ao Longo do Estágio

7.1. Introdução

Além dos trabalhos já apresentados neste documento, ao longo do estágio surgiu também a oportunidade de desenvolver outras tarefas, algumas por iniciativa própria e outras por sugestão dos responsáveis da *Mesa*. Neste capítulo são abordados e descritos todos esses trabalhos realizados, que vão desde engenharia inversa e modelação de produtos até ao projeto de um exaustor para fabricação de moldes para conformação por enchimento sob pressão.

Mais uma vez, pelas mesmas razões já indicadas nos capítulos anteriores, o estudante David Melo foi parte integrante de alguns dos projetos que serão abordados neste capítulo. Desta forma, e com o objetivo de melhor clarificar o contributo de cada um em cada uma das tarefas dos vários projetos, apresenta-se a Figura 7.1, relativa ao diagrama da divisão dos outros trabalhos realizados ao longo do estágio. É ainda importante referir que todas as impressões de fabrico aditivo apresentadas neste capítulo, foram realizadas recorrendo à mesma tecnologia, à mesma impressora, ao mesmo material e aos mesmos parâmetros de impressão descritos na secção 4.5.2.2.

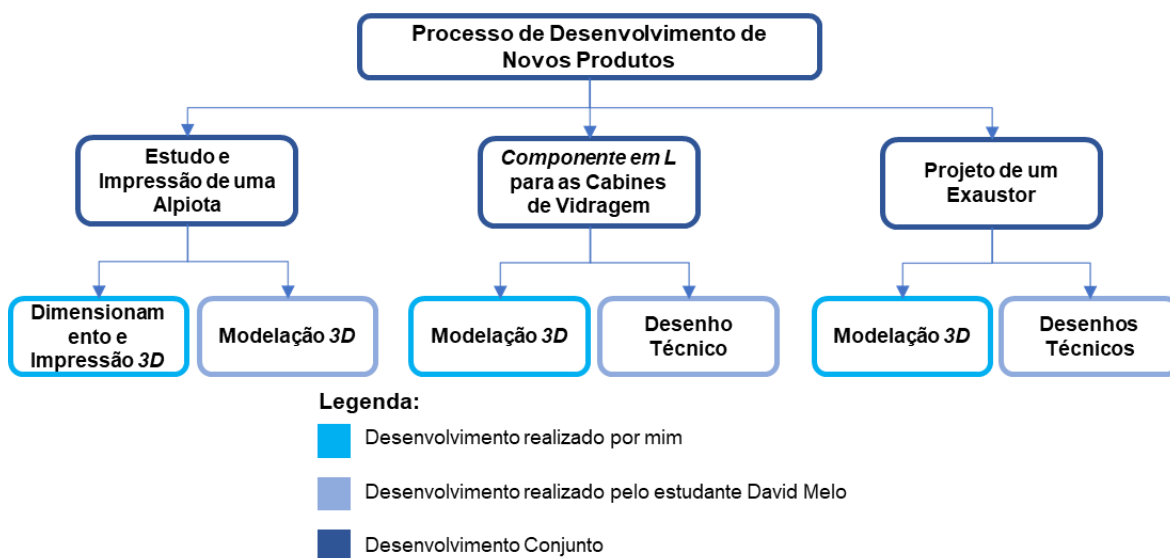


Figura 7.1 – Diagrama da divisão de trabalhos dos outros trabalhos desenvolvidos ao longo do estágio.

7.2. Engenharia Inversa de um Produto

Uma das primeiras tarefas que se realizou no estágio, por sugestão dos responsáveis da *Mesa*, foi a engenharia inversa de um produto. A empresa tinha recebido dois produtos físicos e pretendia obter o modelo virtual de cada um, tendo sugerido a utilização de engenharia inversa para tal. Esta tarefa foi realizada com auxílio do equipamento *Scanner Picza*, presente nas instalações do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, que utiliza o sistema *Roland* de apalpação por *laser*. Na Figura 7.2 a) encontra-se o *scanner* utilizado, bem como os dois produtos digitalizados. Neste caso, apenas se realizou o processo de engenharia inversa do produto apresentado na Figura 7.2 b), tendo o restante ficado a cargo do estudante David Melo.

O processo de engenharia inversa caracteriza-se por possibilitar a criação de modelos geométricos virtuais a partir de peças ou modelos físicos. Inicialmente, foi colocada cada peça, isoladamente, no *scanner* referido e realizou-se um levantamento de forma, que se designa por digitalização. Deste processo resultou a nuvem de pontos (Figura 7.2 b)), essencial para as etapas seguintes.

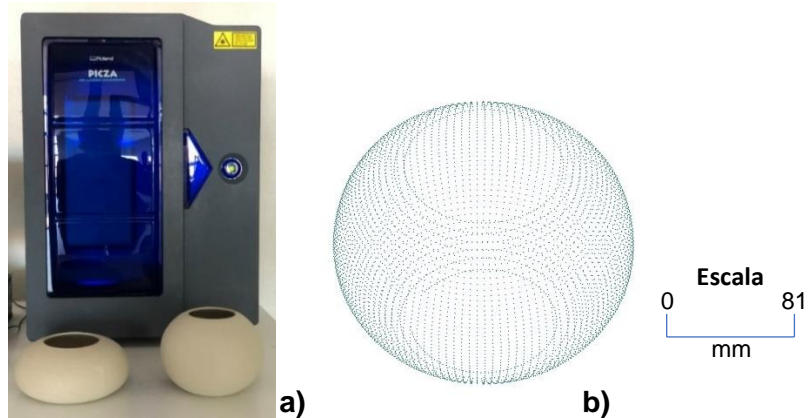


Figura 7.2 – a) Scanner Picza utilizado; b) nuvem de pontos obtidas após o processo de scan.

Uma vez obtida a nuvem de pontos, efetuou-se o seu tratamento, no *software Solidworks*, com vista à geração da malha de triângulos inicial. Retiraram-se alguns pontos de ruído, que podem ter surgido devido a algumas difusões do *laser* (resultado de pequenas rugosidades na superfície do produto), aplicou-se um filtro à nuvem e, por fim, procedeu-se à suavização da malha, tendo-se obtido uma malha de triângulos tratada. Na etapa seguinte estudaram-se diferentes técnicas para a reconstrução das superfícies a partir da malha de triângulos: (1) reconhecimento do elemento de forma (*feature extraction*), (2) ajustamento de superfície (*surface fitting*) e (3) geração de curvas de guia (*networking of curves*); tendo-se verificado que a última apresentava melhores resultados. Utilizando esta técnica, gerou-se uma curva, resultante da interseção da malha de triângulos com um plano previamente definido, e utilizou-se essa curva para criar a secção necessária para a geração da superfície do modelo. Neste caso específico, como este era de revolução, utilizou-se o recurso *Revolved Boss/Base* do *software* já referido. Com o propósito de verificar a semelhança entre a malha e a superfície do modelo, foi utilizada a ferramenta *Deviation Analysis* do *Solidworks*, tendo-se verificado uma discrepância mínima entre o produto modelado, corroborando, conseqüentemente, o sucesso da modelação e da engenharia inversa.

Por fim, utilizou-se a ferramenta *thicken* do *Solidworks* com o objetivo de conferir a espessura real à superfície do modelo e considerou-se a retração que o produto sofreria se fosse produzido na *Mesa* (por via líquida), ampliando-o através da opção *scale* do *Solidworks*, segundo o valor retribuído pela equação (3.1) (Figura 7.3). Este projeto não avançou para as restantes etapas, no entanto a etapa seguinte seria a preparação do modelo para impressão 3D, convertendo-o num ficheiro do tipo *STL*.

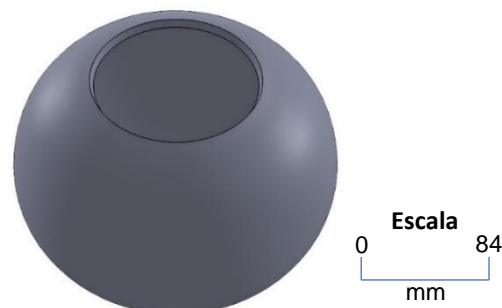


Figura 7.3 – Modelação CAD após o processo de engenharia inversa do produto, aplicação de espessura às superfícies modeladas e ampliação do mesmo.

7.3. Modelação de Produtos

A modelação de produtos, componentes ou equipamentos permite traduzir especificações geométricas e dimensionais destes em modelos virtuais tridimensionais, recorrendo a aplicações informáticas de CAD. Ao longo do estágio, a modelação 3D de produtos, sobretudo a partir dos “desenhos técnicos” produzidos pelo *designer* da empresa, foi uma tarefa realizada regularmente.

Estes desenhos eram realizados previamente e enviados em formato *.pdf* ou *.dwg*, pretendendo-se a sua transformação em modelos virtuais tridimensionais por diversas razões: (1) para o projeto e produção de moldes para prensagem isostática; (2) para o projeto e produção de MM para os diversos processos de conformação ou (3) simplesmente para ficar guardado na empresa o modelo CAD do produto para o futuro. Na Figura 7.4 encontram-se alguns dos produtos modelados e os respetivos desenhos podem ser encontrados no Anexo P.



Figura 7.4 – Exemplos de duas canecas modeladas através de ferramentas CAD.

7.4. Modelação de um Produto Decorativo

Ainda que a *Mesa* se ocupe inteiramente da fabricação de produtos cerâmicos de loiça de grés utilitária, a fabricação de produtos decorativos, num futuro a longo prazo, não é, de todo, impensável. Foi neste sentido, que surgiu a proposta dos responsáveis da empresa para a modelação de um vaso, de teor meramente decorativo, para um centro de mesa. A *Mesa Ceramics* tinha recebido, unicamente, a imagem do vaso apresentado na Figura 7.5 de uns clientes dos Estados Unidos da América, questionando-a sobre a possibilidade de reproduzir o vidro e a decoração presentes neste, e aproveitou a oportunidade para sugerir e desafiar a sua modelação apenas a partir desta figura.



Figura 7.5 – Vaso cuja modelação foi sugerida.

Como é possível verificar pela figura, o vaso tem uma superfície muito inorgânica e complexa, o que dificultou o processo e a escolha dos melhores recursos e ferramentas de modelação. Este processo iniciou-se recorrendo ao *software Solidworks*, no entanto, devido às dificuldades sentidas em criar superfícies idênticas à da figura, foi aconselhada a aprendizagem e utilização do *software Fusion 360*, da *Autodesk*.

Efetivamente, a utilização do *Fusion 360* conseguiu oferecer algumas potencialidades ao nível do *design*, de recursos de modelação e da liberdade de criação e manipulação de algumas superfícies que o *Solidworks* não possibilitava. Contudo, noutros aspetos, o conhecimento adquirido anteriormente e a experiência de trabalho com o *Solidworks* sobrepuseram-se, ditando a sua escolha para a modelação final do vaso. Exploraram-se vários recursos, várias alternativas e várias ferramentas de modelação deste *software* até se conseguir chegar a uma solução satisfatória. Esta, passou por definir vários planos paralelos e distanciados entre si, desenhando-se *sketches* em cada um deles e ligando-os através da ferramenta *Lofted Boss/Base*. Por fim, foi utilizada a ferramenta *Shell*, garantindo que o vaso modelado ficava com a espessura adequada, e foi tida em conta a retração que o vaso sofreria se fosse conformado, por via líquida, na *Mesa*, ampliando-o através da opção *scale* do *Solidworks*, segundo o valor retribuído pela equação (3.1). Na Figura 7.6 apresentam-se algumas perspetivas do vaso modelado.



Figura 7.6 – Diferentes perspetivas do vaso modelado.

Após concluída esta etapa, foi sugerida a impressão 3D do vaso modelado com o objetivo de se verificar a qualidade da modelação e as capacidades do fabrico aditivo. O modelo foi preparado para impressão, após a sua conversão para um ficheiro do tipo *STL*, e foram definidos os parâmetros de impressão. O modelo impresso (Figura 7.7) foi oferecido ao orientador da Entidade de Acolhimento como elemento decorativo.

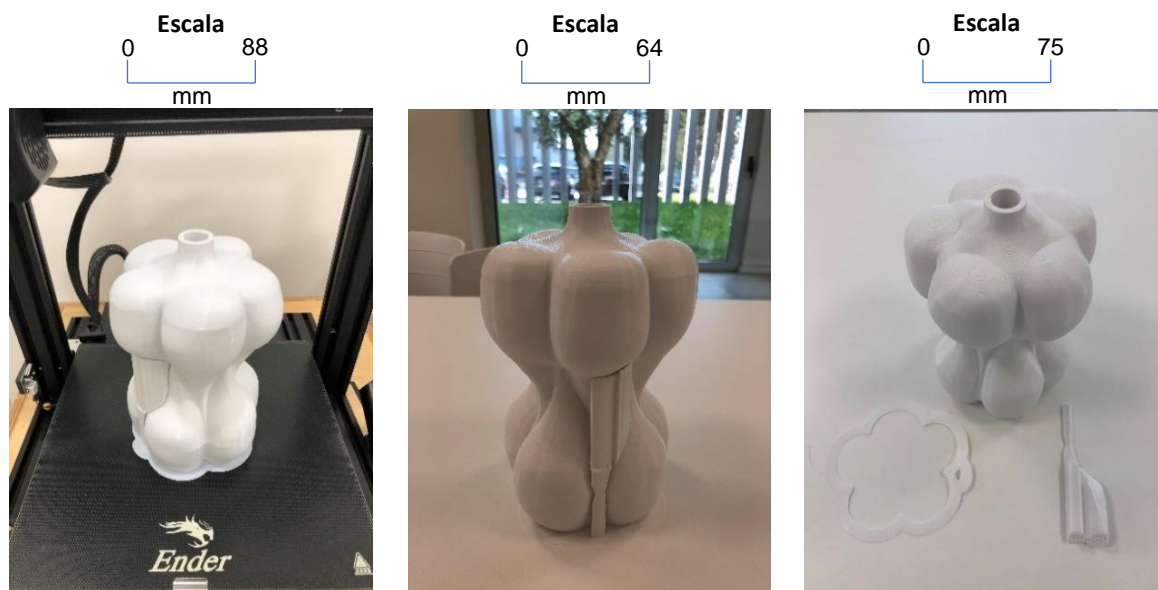


Figura 7.7 - Diferentes perspetivas do vaso após a sua impressão 3D.

7.5. Estudo e Impressão de uma Alpiota

Como já mencionado, após os processos de conformação e secagem, muitas das vezes alguns produtos necessitam de passar por uma etapa de acabamento, caracterizada pela eliminação de rebarbas, correção de imperfeições e aplicação dos elementos complementares necessários. Um dos instrumentos utilizados na fase de acabamento é a alpiota (Figura 7.8).



Figura 7.8 – Alpiota de gesso para acabamento de pires.

A alpiota é uma base de acabamento que serve de apoio ao frete das peças, permitindo que as rebarbas destas sejam eliminadas e as imperfeições corrigidas de forma segura e sem riscos de magoar ou partir as peças. Para garantir esta última condição, habitualmente é utilizada uma “almofada de espuma” na zona de contacto entre a alpiota e a peça, como também é possível verificar na Figura 7.8. As alpiotas são normalmente produzidas em gesso e modeladas manualmente na roda do oleiro, podendo ser utilizadas em máquinas de acabamento rotativas automáticas ou em engenhos rotativos manuais.

Tendo em conta que na *Mesa Ceramics* a produção de uma alpiota é uma tarefa totalmente manual, cuja duração não é propriamente curta, e que necessita de um oleiro com experiência, tentou-se automatizar este processo através de ferramentas 3D. Inicialmente, estudaram-se as alpiotas utilizadas nas máquinas de acabamento rotativas automáticas presentes na empresa e analisaram-se os seus detalhes e pormenores, tendo-se concluído que as zonas mais importantes seriam a zona de assentamento da alpiota nessas máquinas e a zona de encaixe da “almofada de espuma”. Segundo esse estudo, projetou-se e desenhou-se uma alpiota para o acabamento de pires com fretes de diferentes diâmetros no *Solidworks* e, seguidamente, definiram-se os parâmetros de impressão para impressão 3D (Figura 7.9).

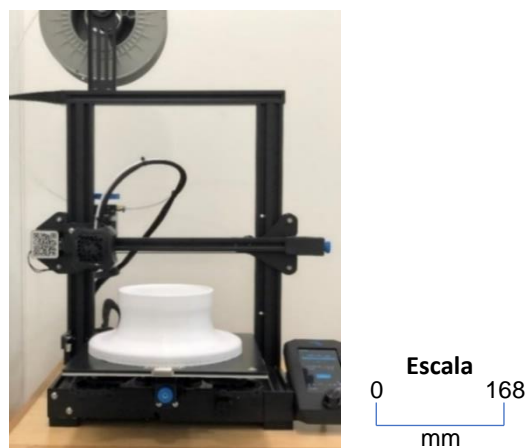


Figura 7.9 – Impressão 3D da alpiota.

Por fim, foi cortada a “almofada de espuma” conforme a medida da alpiota, foi realizado o rasgo na almofada com o diâmetro do frete do pires pretendido e esta foi colada na zona da alpiota previamente projetada. Na Figura 7.10 a), b) e c) encontram-se, respetivamente, a alpiota com a “almofada de espuma”, um detalhe da zona de contacto entre a alpiota e a máquina automática rotativa de acabamento e a alpiota a desempenhar a função para a qual foi projetada.

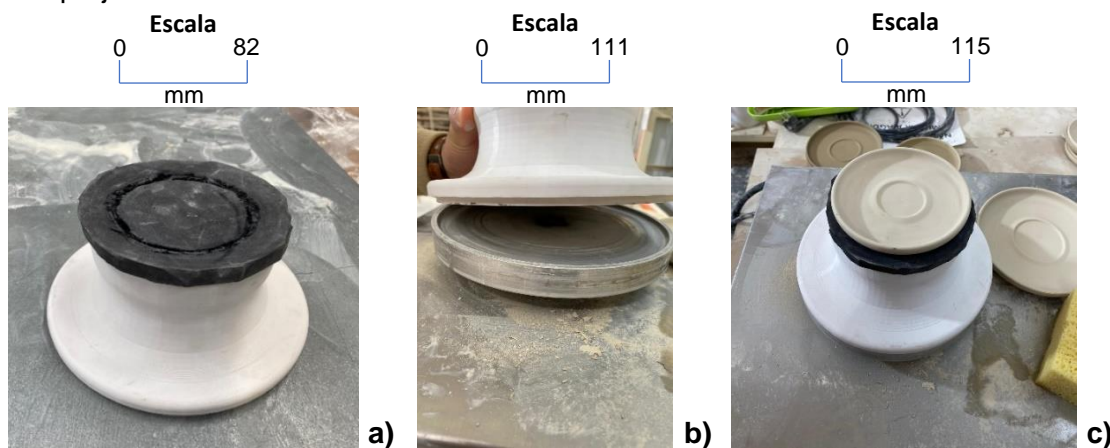


Figura 7.10 – Alpiota: a) impressa em 3D com a “almofada de espuma”; b) detalhe da zona de contacto entre esta e a máquina automática rotativa de acabamento e c) em acabamento de pires.

7.6. Componente em L para as Cabines de Vidragem

Como já referido, na *Mesa Ceramics*, grande parte das peças são vidradas recorrendo a um processo de pulverização. No segundo mês do estágio, a empresa adquiriu uma nova cabine de vidragem, cujo modelo CAD está presente na Figura 7.11, e foi necessário projetar e desenhar novos componentes para fixar o suporte das pistolas pulverizadoras à estrutura da cabine. Este projeto foi realizado tendo em conta as restantes cabines já existentes na empresa e o CAD previamente realizado.

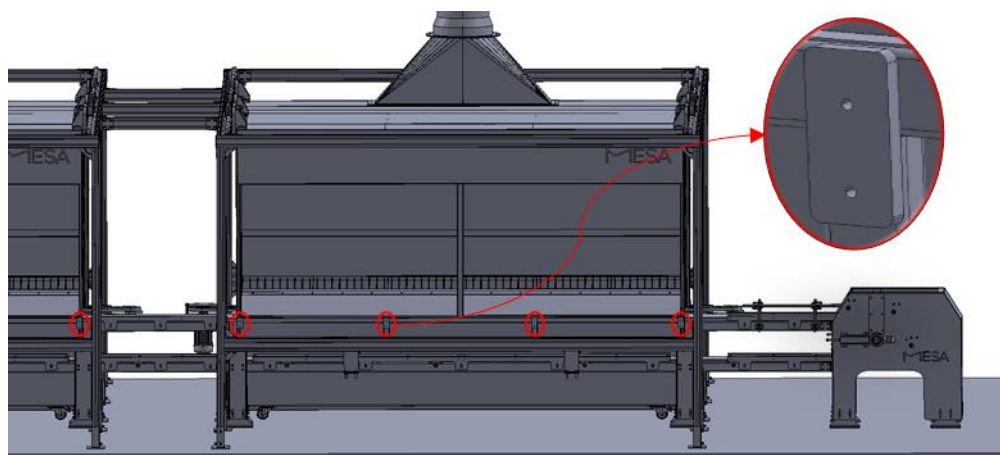


Figura 7.11 – Modelo CAD da cabine de vidragem, com especial destaque para a zona de fixação dos novos componentes à estrutura da cabine.

Os componentes utilizados para fixar o suporte das pistolas pulverizadoras às cabines de vidragem já existentes caracterizam-se por terem um formato em “L”, permitindo a fixação vertical destes à cabine, através de uma ligação aparafusada, e fixação ao suporte das pistolas na horizontal, através de uma ligação soldada. No projeto dos novos componentes procurou-se utilizar a mesma lógica dos já existentes nas cabines anteriores, apresentados na Figura 7.12.

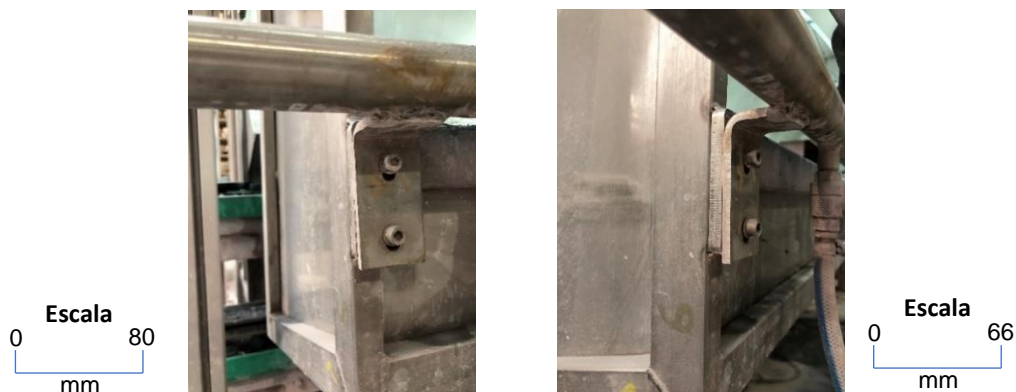


Figura 7.12 – Componente em L utilizado na fixação dos suportes das pistolas pulverizadoras nas cabines já existentes na Mesa.

Desta forma, para garantir a correta ligação aparafusada do componente em L à cabine de vidragem, foram projetados dois “rasgos” para alojamento de parafusos CHC M6, 1 mm mais largos do que o furo liso passante largo recomendado pela bibliografia [38]. Para garantir o ajuste vertical do componente em “L” à cabine de vidragem, os “rasgos” foram projetados com uma secção vertical de 5 mm de comprimento. Foi também pensada a utilização de uma anilha plana média entre o parafuso e o componente em “L”, para permitir a distribuição da força exercida por uma maior área. Relativamente à ligação soldada entre o componente em “L” e o suporte das pistolas de pulverização, apenas foi estudada a dimensão necessária mínima da parte horizontal do componente para salvaguardar que o suporte das pistolas tinha base de sustentação suficiente.

O componente em “L” foi modelado através de ferramentas 3D, garantindo-se o correto funcionamento deste no CAD da cabine disponibilizado, e posteriormente foi realizado o desenho respetivo (presente no Anexo Y) para a sua produção. Na Figura 7.13 a), b) e c) apresentam-se, respetivamente, o componente em “L” modelado e após este ser produzido.

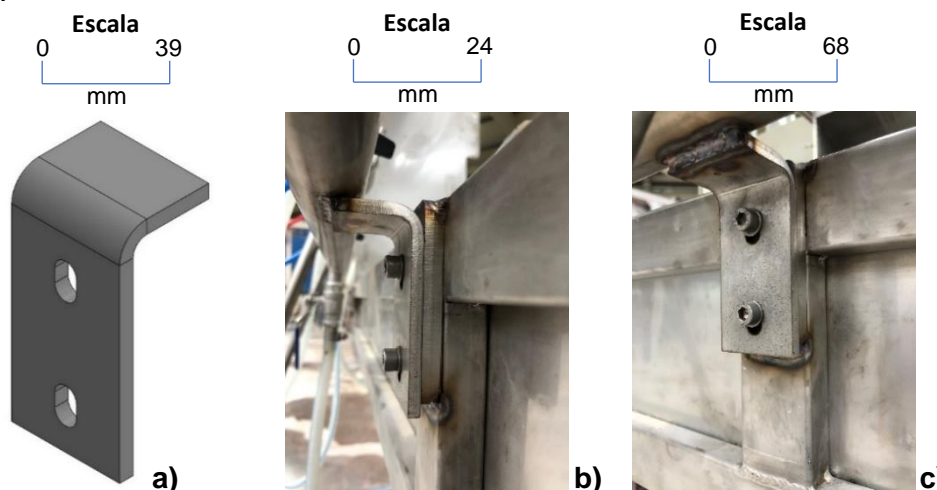


Figura 7.13 – Componente em L: a) modelado, através de ferramentas CAD; b) e c) produzido.

7.7. Projeto de um Exaustor para Fabricação de Moldes para Conformação por Enchimento Sob Pressão

O processo de produção de moldes poliméricos, a partir de resinas epóxis, para conformação por enchimento sob pressão requer condições ambientais controladas, sendo realizado numa sala exclusivamente reservada para esta tarefa. A preparação das misturas das resinas liberta partículas e matérias nocivas para a saúde, contaminando a atmosfera

da sala e obrigando à utilização de Equipamento de Proteção Individual (EPI), nomeadamente de Aparelhos de Proteção Respiratória (APR), por parte dos trabalhadores expostos [39]. Para além disso, é também aconselhável a utilização de um exaustor para remover o ar contaminado na atmosfera da sala, cujo projeto é apresentado nesta secção.

As cotas de atravancamento do exaustor foram indicadas por um dos responsáveis da empresa: base (2000 x 800 mm), topo (400 x 400 mm, com uma abertura circular de 250 mm de diâmetro). De seguida, tendo em conta essas dimensões, o exaustor foi projetado para ser composto por uma chapa principal (Figura 7.14, à esquerda) e duas chapas laterais (Figura 7.14, à direita), todas de 2 mm de espessura, ligadas através de ligações soldadas. Por último, procedeu-se à modelação destas através das ferramentas do menu *sheet metal* do *Solidworks* e, posteriormente, realizaram os respetivos desenhos para produção, que se encontram no Anexo Z. Na Figura 7.15 apresenta-se a modelação CAD completa do exaustor e na Figura 7.16 apresenta-se o exaustor produzido e montado na sala de preparação de moldes para conformação por enchimento sob pressão.

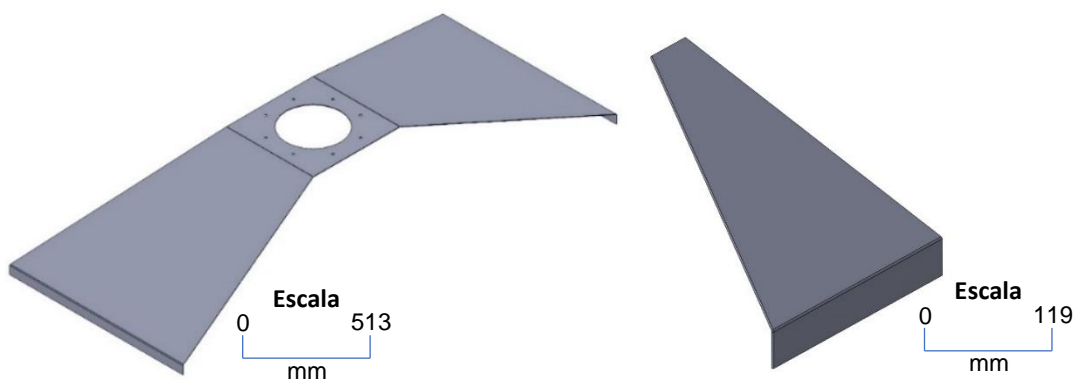


Figura 7.14 – CAD das chapas principal, à esquerda, e lateral, à direita, do exaustor.

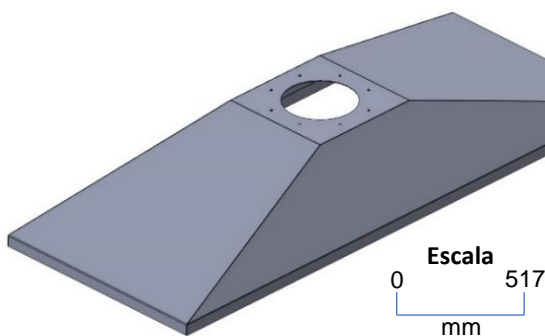


Figura 7.15 – Assembly do CAD das chapas principal e laterais do exaustor.



Figura 7.16 – Exaustor produzido e montado na sala de preparação de moldes para conformação por enchimento sob pressão.

8. Conclusões

Todos os objetivos delineados inicialmente foram cumpridos. O objetivo principal de projetar e desenvolver toda a sequência de MMC através dos dois métodos abordados no documento foi concluído com sucesso, tanto para produtos já existentes na empresa como para produtos novos. O objetivo de projetar e produzir ferramentas para cerâmica utilitária foi igualmente atingido. Enaltece-se, particularmente, o facto de ter sido possível produzir madres segundo o método de integração do *CAD/CAM*, subcontratando-se apenas o serviço de maquinação a uma empresa externa, algo que a *Mesa Ceramics* já procurava há algum tempo. Lamenta-se, no entanto, que não tenha havido oportunidade de as testar na produção de moldes para a conformação do respetivo produto.

A cerâmica revelou-se mesmo um mundo à parte dos restantes. Todos os processos e subprocessos inerentes à produção de um produto cerâmico, aparentemente tão simples, envolvem a utilização de múltiplos componentes e ferramentas e de muito conhecimento por parte de todo o pessoal envolvido. As ferramentas *3D*, como o *CAD*, o *CAM* e a impressão *3D*, permitiram concretizar a tentativa de automatização e otimização do método produtivo existente na *Mesa*, conseguindo-se desenvolver diversas ferramentas e toda a sequência de MMC para diferentes produtos através dos primeiros, algo que até então era subcontratado, e reduzir desperdícios, custos e tempos de produção através do último. Infelizmente, devido ao elevado custo de produção dos componentes projetados pelo método de integração *CAD/CAM*, e porque apenas se pretendiam produzir amostras, a maior parte deles teve obrigatoriamente de ser produzido pelo método tradicional. Normalmente, o teste físico dos componentes é indispensável, uma vez que mesmo após todo o projeto e respetivas correções do mesmo podem existir pormenores que impossibilitem o correto funcionamento destes e, conseqüentemente, a correta produção dos produtos conforme o desenho realizado. No entanto, a materialização rigorosa dos projetos *CAD* por parte do modelador, pelo método tradicional, permitiu concluir estes estavam bem efetuados.

Os vários projetos realizados pelos métodos de desenvolvimento abordados permitiram identificar os pontos fortes e fracos de cada um. O método tradicional de desenvolvimento de MMC revelou-se mais prático, uma vez que permitiu obter produtos de variadas formas com um investimento reduzido, mas menos rigoroso, devido à sua natureza mais “manual” e de depender muito da técnica e da experiência do modelador. Por outro lado, o método de integração do *CAD/CAM* mostrou-se mais preciso, uma vez que a materialização deste é realizada com o auxílio de equipamentos de elevada precisão, como uma máquina *CNC*, a partir do desenho realizado através de ferramentas *CAD* e de trajetórias geradas no *CAM*, mas com custos de desenvolvimento superiores, bem como necessidade de maior conhecimento de ferramentas e *softwares*.

O processo de aprendizagem das modificações e compensações necessárias para a produção de um produto rigorosamente como este foi desenhado foi, talvez, a fase mais desafiante de todo o percurso de estágio. Tendo em conta que cada produto é diferente do anterior e encerra em si características únicas, e que as compensações necessárias dependem de muitos fatores intrínsecos e extrínsecos a este, encontrar a melhor solução nem sempre foi fácil e resultou de muitas iterações ao longo de muitas horas de treino. Contudo, o facto de se ter primeiramente realizado um estudo autónomo e depois corrigido as modificações e compensações a partir dos projetos já desenvolvidos pela *Modesp*, permitiu aprender e perceber a importância de cada compensação, em cada tipo de conformação e consoante as dimensões de cada produto. Apesar dos problemas identificados na última secção do Capítulo 5, referentes aos diversos produtos produzidos, estes ficaram conforme as dimensões predefinidas nos desenhos apresentados no Anexo P, o que permitiu corroborar que as compensações efetuadas foram bem projetadas.

O facto de se ter optado por um estágio curricular ao invés de uma dissertação foi uma aposta ganha. O estágio permitiu adquirir conhecimentos a nível industrial dentro das instalações da *Mesa Ceramics* e estar em contacto com muitas empresas externas, o que de outra forma seria muito difícil. Os obstáculos e as dificuldades ultrapassadas permitiram ter outra visão do mundo industrial e desenvolver uma autonomia, uma responsabilidade e um profissionalismo que certamente serão fundamentais e valorizados no mercado de trabalho. Além disso, o estágio permitiu abrir portas para este mercado, pois na sua reta final a *Mesa* brindou todo o trabalho realizado com uma proposta profissional nas suas instalações, o que de certa forma também expressa que apreciaram o trabalho realizado e pretendem apostar na utilização do método de integração do *CAD/CAM* internamente.

Por fim, não se poderia terminar sem fazer uma breve reflexão sobre todo o percurso académico efetuado. Os últimos cinco anos, por todas as experiências na Universidade de Aveiro (e fora dela) e por todas as adversidades ultrapassadas, permitiram desenvolver capacidades e competências muito além do que se imaginava, tanto numa perspetiva pessoal como profissional. Estes anos serão sempre lembrados como um período muito feliz e fica um sentimento de completa realização e conquista dos objetivos estabelecidos.

9. Referências

- [1] Mesa Ceramics, “Sobre nós - MESA CERAMICS - Produtos em Gres - Made in Portugal,” 2018. <https://www.mesa-ceramics.com/sobre-nos/> (accessed Mar. 05, 2021).
- [2] Mesa Ceramics, “Mesa Hotel - MESA CERAMICS,” 2018. <https://www.mesa-ceramics.com/editoriais/ Mesa-Hotel/> (accessed Aug. 09, 2021).
- [3] Mesa Ceramics, “Mesa Ceramics - MESA CERAMICS,” 2018. <https://www.mesa-ceramics.com/ Mesa-Ceramics/> (accessed Mar. 05, 2021).
- [4] K. T. Ulrich and S. D. Eppinger, *Product Design and Development*, 6th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2018.
- [5] C. Relvas, *Design & Engenharia Da Ideia ao Produto*, 1st ed. Porto: Engebook - Conteúdos de Engenharia e Gestão, 2017.
- [6] A. Ramos, C. Relvas, J. Simões, and L. Mota, *Engenharia + Design - Da Ideia ao Produto*, I. Porto: Engebook - Conteúdos de Engenharia e Gestão, 2017.
- [7] B. Prasad, “Enabling principles of concurrency and simultaneity in concurrent engineering,” *Artif. Intell. Eng. Des. Anal. Manuf. AIEDAM*, vol. 13, no. 3, pp. 185–204, Jun. 1999, doi: 10.1017/S0890060499133055.
- [8] C. Relvas, *O Mundo da Impressão 3D e o Fabrico Digital*, 1st ed. Porto: Publindustria, 2018.
- [9] M. Almeida, “Apontamentos de Tecnologia Cerâmica - Introdução,” Aveiro, 2018.
- [10] L. R. da C. Durão, “O sector da cerâmica na segunda metade do século XX : análise formal e decorativa do produto cerâmico,” Instituto Politécnico de Leiria - Escola Superior de Tecnologia e Gestão, 2011.
- [11] J. S. Reed, *Principles of Ceramics Processing*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- [12] A. T. da Fonseca, *Tecnologia do processamento cerâmico*. Lisboa, Portugal: Universidade Aberta, 2000.
- [13] Associação Portuguesa das Indústrias de Cerâmica e Cristalaria, “Capacitação da indústria Cerâmica Portuguesa - Um cluster, uma estratégia, mercados prioritários,” Coimbra, p. 178, 2016.
- [14] J. L. Batista and D. B. Lucas, *Introdução à Ciência e Tecnologia dos Materiais Cerâmicos*, 1st ed. Aveiro, 1990.
- [15] Associação Portuguesa das Indústrias de Cerâmica e Cristalaria, “Portal da Ceramica.” <http://www.ceramica.pt/setor.php> (accessed Jul. 27, 2021).
- [16] S. P. Ferreira, “Moldes poliméricos porosos para prensagem de pasta plástica de grés,” Universidade de Aveiro, 2016.
- [17] P. Pereira, “Análise e melhoria do processo de fabrico de louça de hotelaria,” Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2018.
- [18] S. R. Bragança, A. Zimmer, and J. Pedrassani, “A review on whitewares terminology and classification,” *Ceramica*, vol. 65, no. 375, pp. 485–497, 2019, doi: 10.1590/0366-69132019653752641.
- [19] Instituto Nacional de Estatística, “Portal do INE.” https://ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&userLoadSave=Load&userTableOrder=9965&tipoSelecao=0&contexto=pq&selTab=tab1&submitLoad=true&xlang=pt (accessed Jul. 27, 2021).
- [20] Code Supply Co., “Regiões de Portugal.” <https://www.dirportugal.com/regioes-de-portugal/>

- (accessed Jul. 27, 2021).
- [21] MOTA CERAMIC SOLUTIONS®, “Pastas Cerâmicas – MCS PORTUGAL.” https://mota-sc.com/produtos_mcs/pastas-ceramicas/ (accessed Aug. 07, 2021).
- [22] C. S. R. Freitas, Í. A. F. S. Pereira, M. L. G. Pereira, T. C. R. Simões, and A. A. L. Ferreira, “Influência de Diferentes Processos de Conformação nas Características Finais de Produtos Cerâmicos,” *Cerâmica Ind.*, vol. 14, pp. 15–18, 2009.
- [23] D. B. Lucas, “Gesso, Gesso Cerâmico e Moldes Cerâmicos - Produção, Características e Ensaíos,” *Rev. da Soc. Port. da Cerâmica e do Vidro*, vol. 5, p. 12, 1987.
- [24] C. Maruccio, P. Bene, A. Gerardi, and D. Bardaro, “Integration of CAD, CAE and CAM procedures for ceramic components undergoing sintering,” *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 36, no. 9, pp. 2263–2275, 2016, doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2016.01.001.
- [25] D. M. de P. Fernandes and V. Reinke, *Modelação De Gesso (Materiais, Ferramentas e Procedimentos)*, 1ª. Antonina, 2000.
- [26] M. Almeida, “Apontamentos de Tecnologia Cerâmica - Conformação (Enchimento),” Aveiro, 2018.
- [27] M. C. (UA) Vieira Rodrigues, “Optimização da Barbotina para Enchimento de Alta Pressão de Artigos de Porcelana,” 2009.
- [28] M. Almeida, “Apontamentos de Tecnologia Cerâmica - Conformação Plástica,” Aveiro, 2018.
- [29] I. RAM Products, “The RAM Process.” <http://ramprocess.com/Process/index.htm> (accessed Aug. 06, 2021).
- [30] ToolNotes ©, “RAM Pressing – ToolNotes,” 2021. <http://toolnotes.com/home/production-processes/ceramic-processes/shaping-and-forming-ceramics/ceramic-pressing/ram-pressing/> (accessed Aug. 06, 2021).
- [31] M. Almeida, “Apontamentos de Tecnologia Cerâmica - Conformação (Prensagem),” Aveiro, 2018.
- [32] J. L. A. Albaro, “A Operação de Prensagem: Considerações Técnicas e sua Aplicação Industrial . Parte V: Descrição da Etapa de Prensagem.,” *Cerâmica Int.*, vol. 6, no. 3, pp. 26–32, 2001.
- [33] Mesa Ceramics, “Parceria com Kerajet - MESA CERAMICS,” 2018. <https://www.mesa-ceramics.com/1459-2/> (accessed Aug. 04, 2021).
- [34] N. Chen, “The Ultimate Guide to Japanese Tableware,” Nov. 30, 2018. <https://www.justonecookbook.com/the-ultimate-guide-to-japanese-tableware/> (accessed Sep. 30, 2021).
- [35] L. Quick Pack Co., “Japanese Ceramics / Tableware,” 2014. <http://tuhan.to/eqa.htm> (accessed Sep. 30, 2021).
- [36] E. Alias, “Floating Torii Gate Itsukushima Shrine,” Jun. 11, 2012. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Floating_Torii_Gate_Itsukushima_Shrine_\(111096511\).jpeg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Floating_Torii_Gate_Itsukushima_Shrine_(111096511).jpeg) (accessed Sep. 29, 2021).
- [37] V. Biasini et al., “Mechanical properties of porcelain stoneware tiles: The effect of glass-ceramic systems,” *Key Eng. Mater.*, no. 213 PART 3, pp. 1799–1802, 2001, doi: 10.4028/www.scientific.net/kem.206-213.1799.
- [38] J. M. de S. Morais, *Desenho Técnico Básico 3*, 26ª. Lisboa, Portugal, 2016.
- [39] Teresa Almeida, Ana Fernandes, Ernesto Marques, Luísa Carneiro, Margarida Carvalho, and Vilma Xavier, *Guia de seleção de aparelhos de proteção respiratória filtrantes*, Set. 2016. Lisboa, Portugal: APSEI, 2016.

Anexo A

Proporções Massa de Gesso para Massa de Água

Tipo de Gesso	Sival (Enchimento)		Alfamold 7 PL		Keram 45 (Roller)		AS – Dur – AB 40 (RAM)	
	Água (L)	Gesso (kg)	Água (L)	Gesso (kg)	Água (L)	Gesso (kg)	Água (L)	Gesso (kg)
Proporção	1,00 L por 1,00 Kg		1,00 L por 1,25 kg		1,00 L por 1,80 kg		1,00 L por 2,80 kg	
	1,00	1,00	1,00	1,25	1,00	1,80	1,00	2,80
	2,00	2,00	2,00	2,50	2,00	3,60	2,00	5,60
	3,00	3,00	3,00	3,75	3,00	5,40	3,00	8,40
	4,00	4,00	4,00	5,00	4,00	7,20	4,00	11,20
	5,00	5,00	5,00	6,25	5,00	9,00	5,00	14,00

Anexo B

Propriedades de Grés para Conformação por *Roller* e *Prensagem RAM*



Pasta | Body

STW 120EX

Gres para Prensagem RAM e Conformação por Roller | Stoneware for RAM Pressing and Roller Head Forming

ESPECIFICAÇÃO | SPECIFICATION

Propriedades Físicas | Physical Properties

Resíduo Residue <small>(Peneiração Via Úmida) (Wet Screening) [ASTM]</small>		
45 µm	%	≤ 3,0
Teor de Humidade Moisture Content <small>(Base húmida) (Wet basis)</small>	%	19,0 - 23,0
Dureza Hardness <small>RAM</small>	Kgf cm ⁻¹	2,4 - 2,9
Dureza Hardness <small>ROLLER</small>	Kgf cm ⁻¹	3,0 - 3,5
Resistência Mecânica MOR	Kgf cm ⁻¹	≥ 60,0

(Secagem a 105 °C ± 5°C) | (Dried at 105°C ± 5°C) [Flexão em 3 Pontos | 3 Point Bending]

Propriedades em Cozido | Fired Properties

[Temperatura | Temperature] (1180 ± 10°C)

<small>[Extrudido Extruded]</small>		<small>PTC Rings</small>
Retração (seco-cozido) Shrinkage (dried-fired)	%	7,0 - 9,0
P.R L.O.I	%	5,5 - 7,0
Absorção Água Water Absorption (2 + 2 h)	%	≤ 0,5

Notas | Notes: EP – Especificações de Produto | Product Specifications:

Estes valores são válidos para as condições de ensaio dos Laboratórios da MCS®.

The data quoted is based upon standard test methods of MCS® Laboratories.

MPA EP11 | 00

Fornecedor | Supplier:

Data | Date:

Cliente | Client:

Data | Date:

MOTA CERAMIC SOLUTIONS®

Zona Industrial de Oiã · Lote 34 · Apartado 90
3770-908 Oiã (OBR) · Portugal
T +351 234 729 190 · F +351 234 729 199
info@mota-sc.com · www.mota-sc.com

Anexo C

Propriedades de Grés para Enchimento Sob Pressão



Pasta | Body

PGIK-B

Gres para Enchimento Sob-Pressão | Stoneware for Pressure Casting

ESPECIFICAÇÃO | SPECIFICATION

Propriedades Físicas | Physical Properties

Distribuição Granulométrica Particle Size Distribution <small>[Mastersizer]</small>		
D50 <small>Mastersizer 2000</small>		µm 12,5 - 14,5
Resíduo Residue <small>(Peneiração Via Húmida) (Wet Screening) [ASTM]</small>		
63 µm		% ≤ 2,0
Resistência Mecânica MOR		
		Kgf cm ⁻² ≥ 20,0
<small>(Secagem a 105 °C ± 5°C) (Dried at 105°C ± 5°C) [Flexão em 3 Pontos 3 Point Bending]</small>		

Propriedades Reológicas de Entrega | Delivery Rheological Properties

Densidade Density	g/l	1715-1735
Viscosidade Viscosity <small>[Gallenkamp]</small>	°G	≤ 150

Propriedades Reológicas | Rheological Properties (Densidade 1725±5 g/l | Density 1725±5 g/l)

<small>[Enchimento sob-pressão Pressure Casting] [(Temp. 25±5°C)]</small>		
Viscosidade Viscosity <small>[Gallenkamp]</small>	°G	220 - 240
Viscosidade Viscosity <small>[Taça Ford Cup Ford DIN n.º 4]</small>	"	60 - 90
Tixotropia Thixotropy (1min.) <small>[Gallenkamp]</small>	°G	≥ 100
Formação Parede Casting Thickness (P 4,5 bar; T= 4 min) <small>[Baroid]</small>	mm	≥ 5,5

Propriedades em Cozido | Fired Properties

[Temperatura | Temperature] (1180 ± 10°C)

<small>[Enchimento Cast] [Viscosidade 300 - 320 °G Viscosity 300 - 320 °G]</small>		
<small>PTC Rings</small>		
Retração (seco-cozido) Shrinkage (dried-fired)	%	8,5 - 10,5
P.R L.O.I	%	5,5 - 6,5
Absorção Água Water Absorption (2 + 2 h)	%	≤ 3,0
Coefficiente de Dilatação Thermal Expansion (20-400°C)	x 10 ⁻⁷ K ⁻¹	6,4 - 7,0

Notas | Notes: EP – Especificações de Produto | Product Specifications:

Estes valores são válidos para as condições de ensaio dos Laboratórios da MCS®.

The data quoted is based upon standard test methods of MCS® Laboratories.

MII EP04 | 01

Fornecedor | Supplier:

Data | Date:

Cliente | Client:

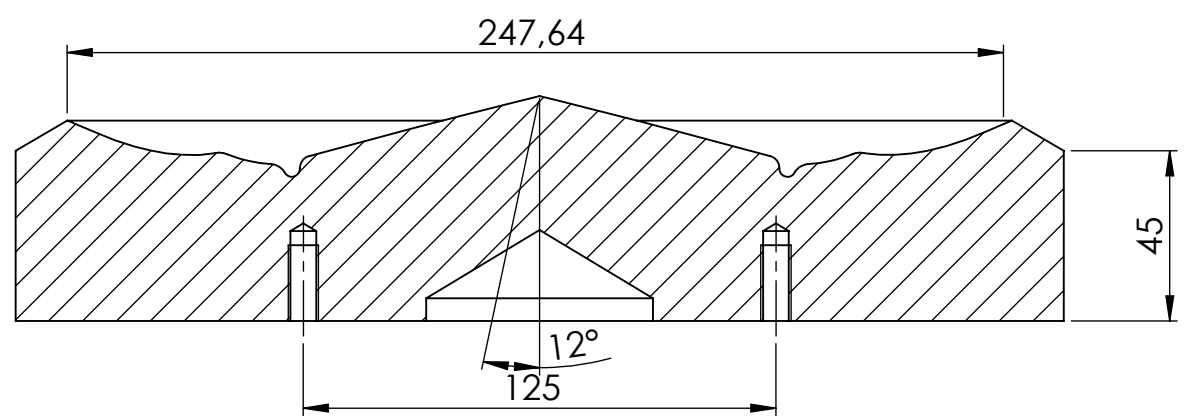
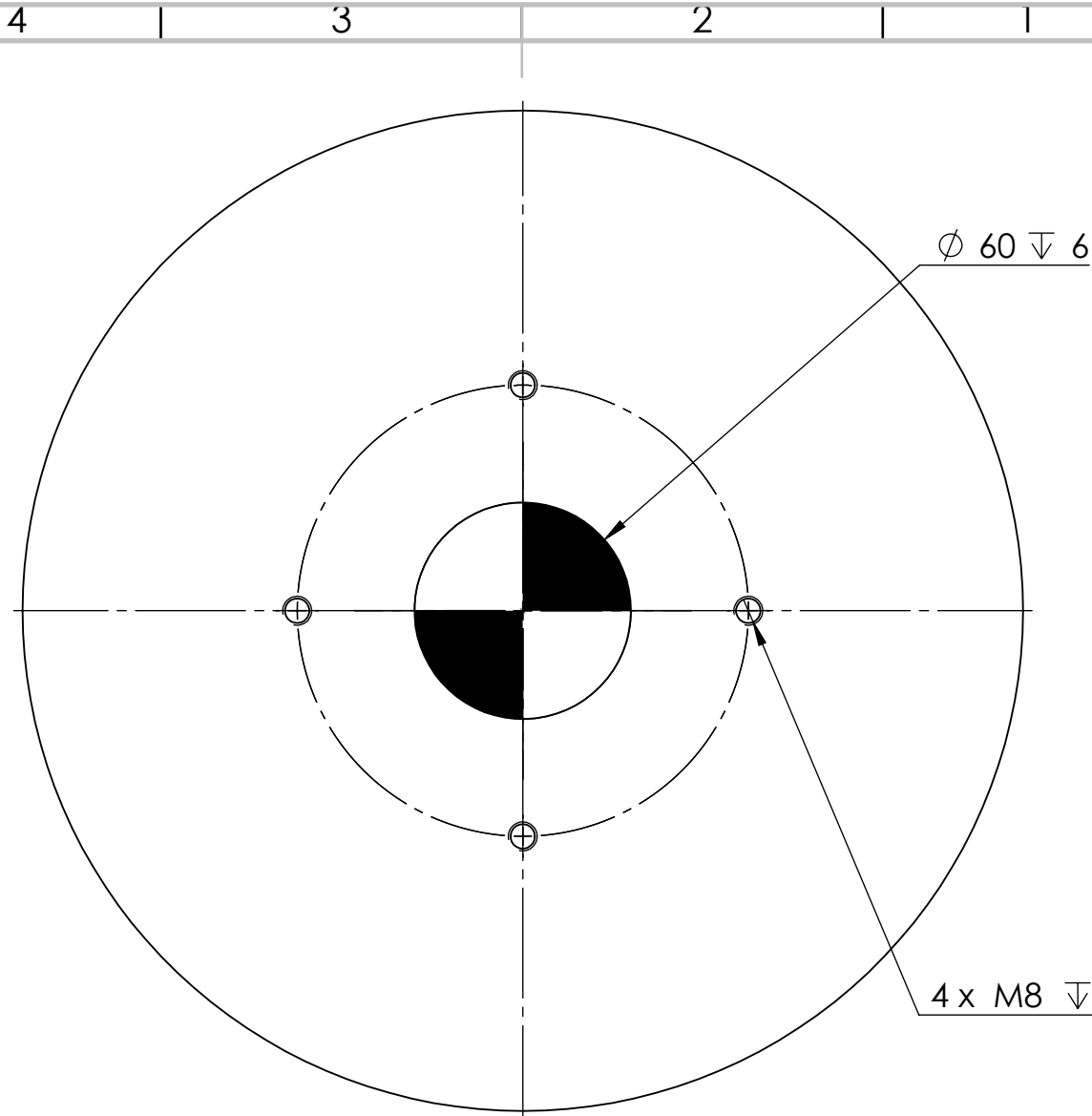
Data | Date:

MOTA CERAMIC SOLUTIONS®

Zona Industrial de Oiã · Lote 34 · Apartado 90
3770-908 Oiã (OBR) · Portugal
T +351 234 729 190 · F +351 234 729 199
info@mota-sc.com · www.mota-sc.com

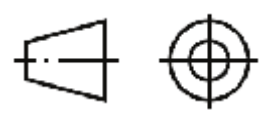
Anexo D

Desenhos dos Vários Calibradores



SECTION A-A

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES: ISO 8015
 GENERAL TOLERANCES: ISO 2768-mK



DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

QUANTITY: 1

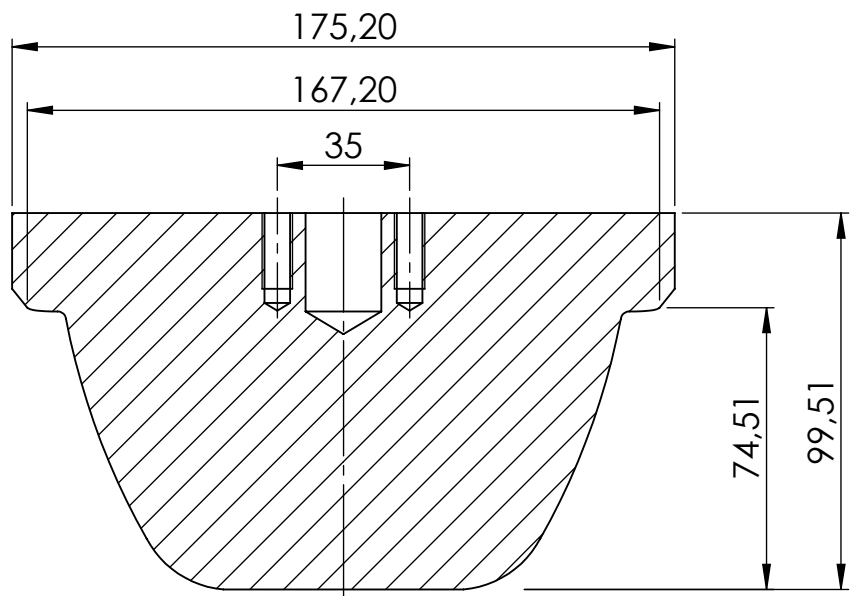
	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	André Rafeiro		25.05.2021
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE: Calibrador Plate 22 Rondo	
MATERIAL: Nylon	DWG NO. MC05-AR-01
WEIGHT:	SCALE: 1:2
	SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

F

F



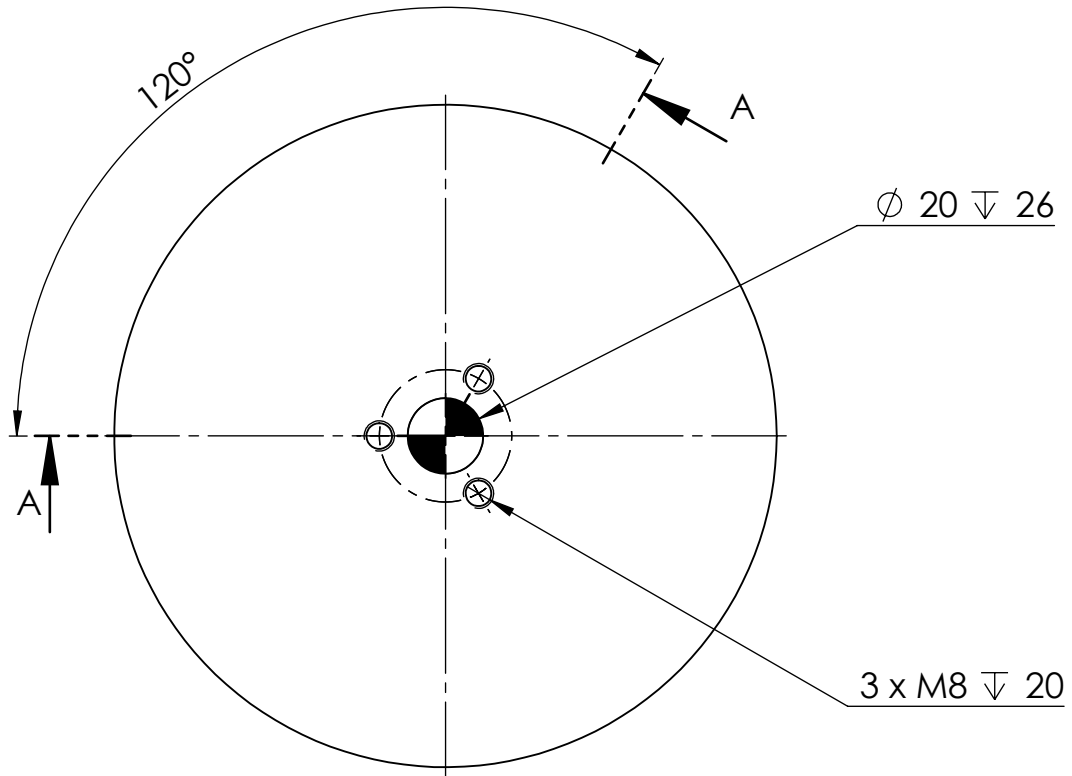
SECTION A-A

E

E

D

D



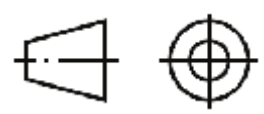
C

C

B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: ISO 8015
GENERAL TOLERANCES: ISO 2768-mK



DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

QUANTITY: 1

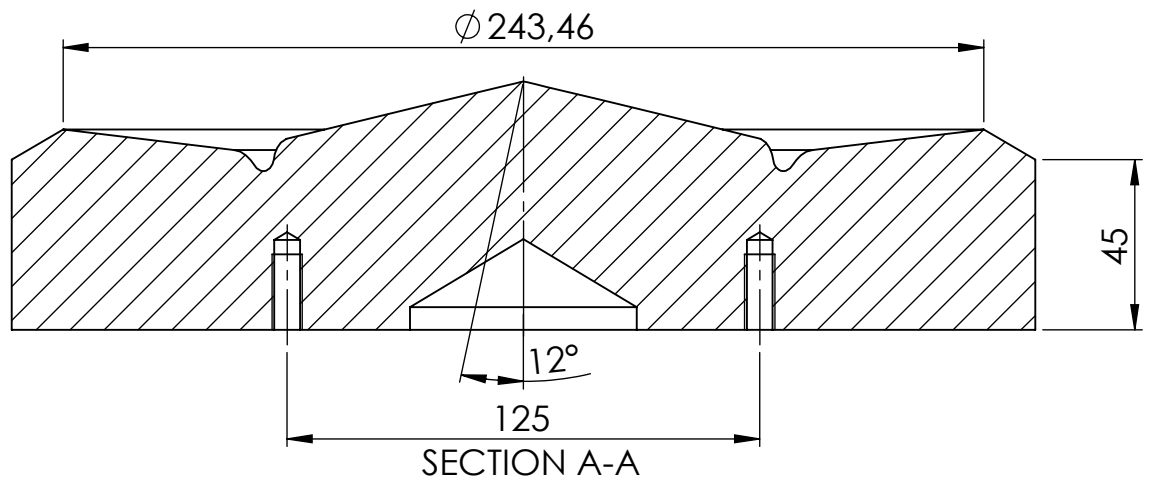
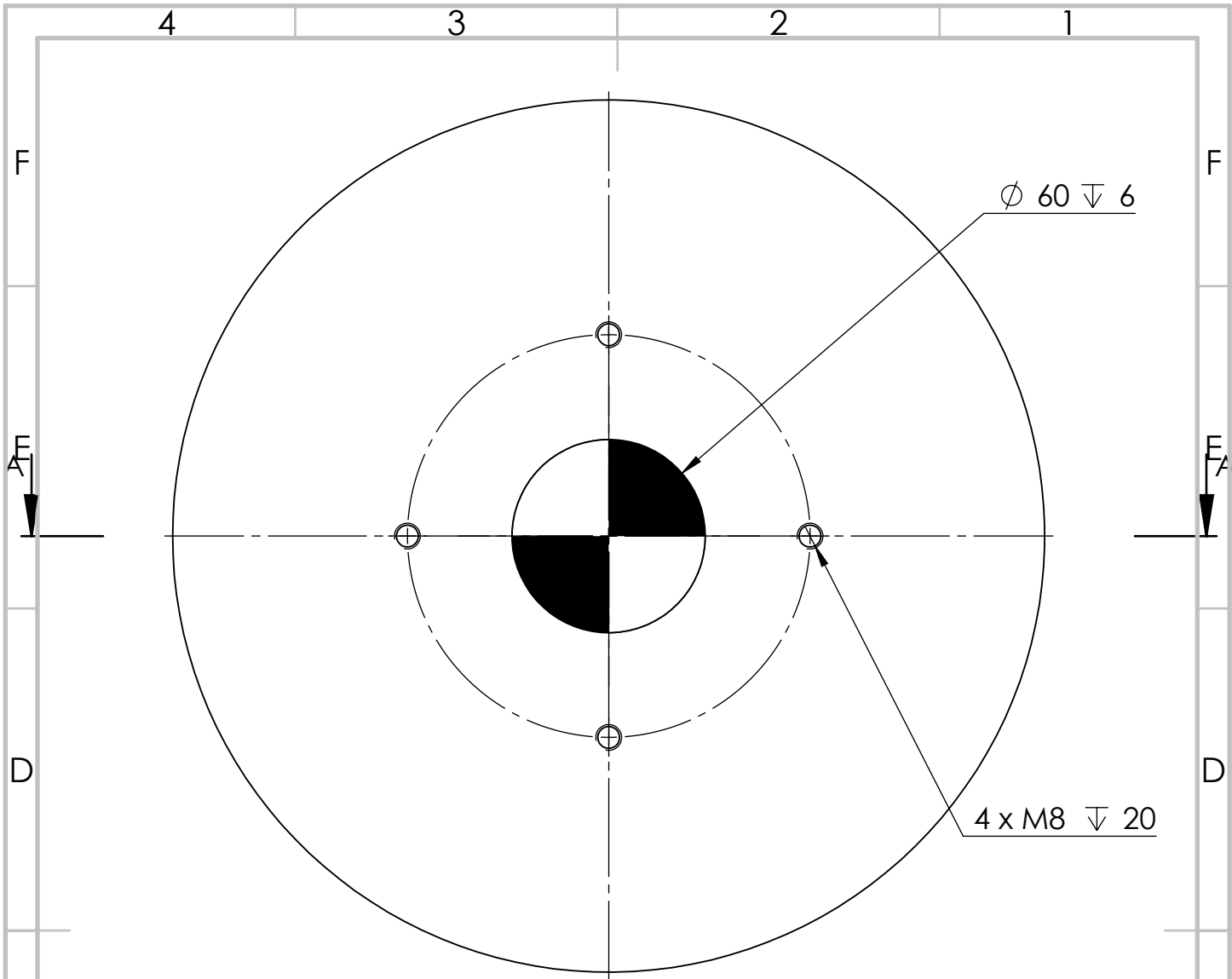
	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	André Rafeiro		30.05.2021
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			
		MATERIAL: Nylon	
		WEIGHT:	

TITLE: Calibrador Bowl 16 Rondo	
DWG NO. MC05-AR-02	A4
SCALE: 1:2	SHEET 1 OF 1

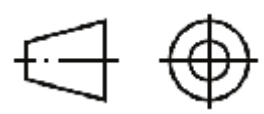
A

A

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES: ISO 8015
 GENERAL TOLERANCES: ISO 2768-mK



DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

QUANTITY: 1

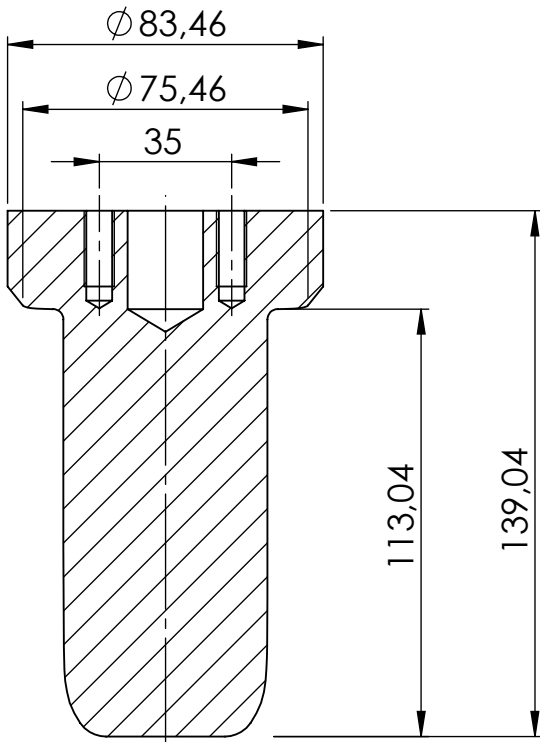
	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	André Rafeiro		03.06.2021
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE: Calibrador Plate Estagiária	
DWG NO. MC05-AR-03	A4
WEIGHT:	SCALE: 1:2
SHEET 1 OF 1	

4 | 3 | 2 | 1

F

F



SECTION A-A

E

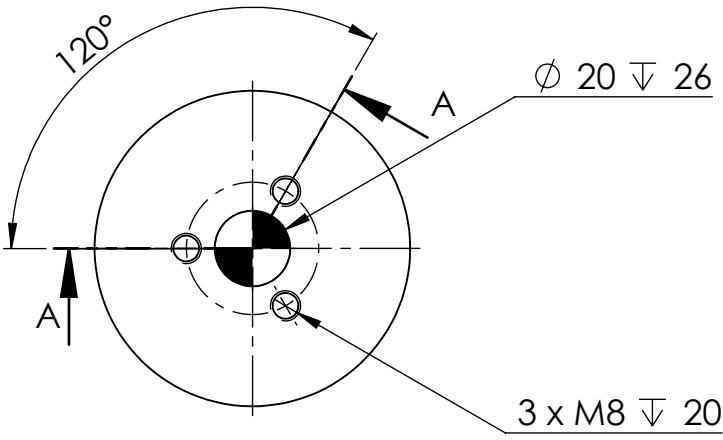
E

D

D

C

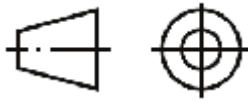
C



B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES: ISO 8015
 GENERAL TOLERANCES: ISO 2768-mK



DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

QUANTITY: 1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	André Rafeiro		05.05.2021
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			
		MATERIAL: Nylon	
		WEIGHT:	

TITLE: Calibrador Mug 37.5 Urban	
DWG NO. MC05-AR-04	A4
SCALE: 1:2	SHEET 1 OF 1

A

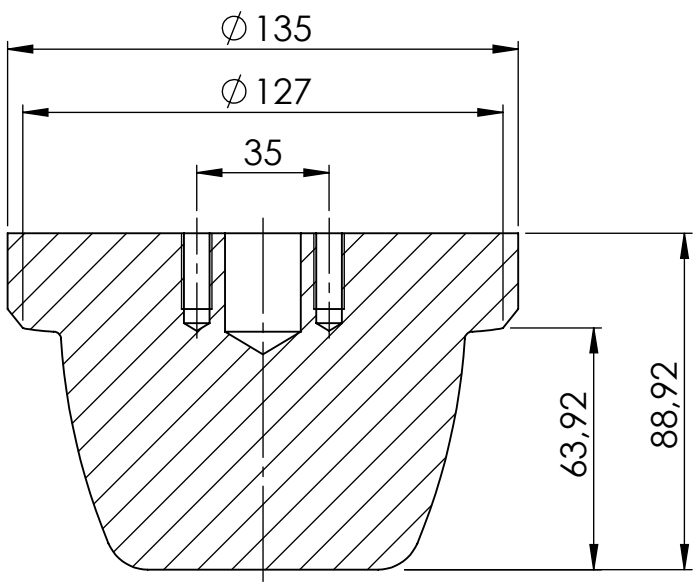
A

4 | 3 | 2 | 1

4 | 3 | 2 | 1

F

F



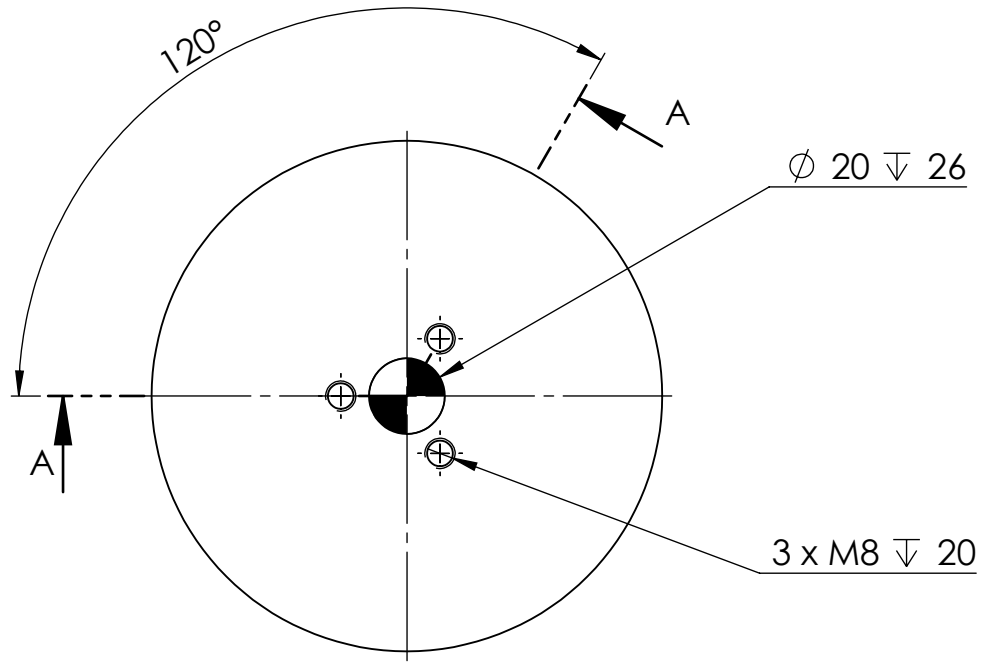
SECTION A-A

E

E

D

D



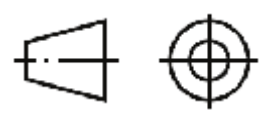
C

C

B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: ISO 8015
GENERAL TOLERANCES: ISO 2768-mK



DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

QUANTITY: 1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	André Rafeiro		15.06.2021
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:		<h1>Calibrador Tigela Projeto</h1>
MATERIAL:		
MATERIAL:		<p>Nylon</p>
DWG NO.:		
DWG NO.:		<p>MC05-AR-05</p>
WEIGHT:		<p>A4</p>
SCALE: 1:2		<p>SHEET 1 OF 1</p>

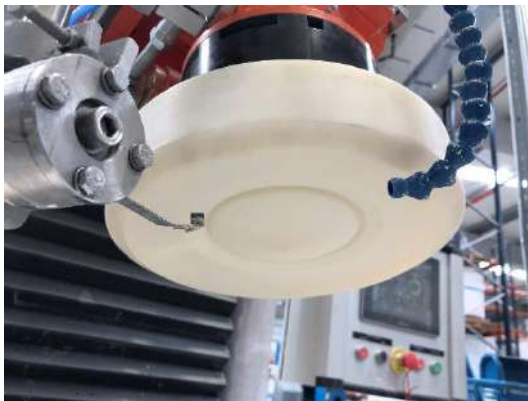
A

A

4 | 3 | 2 | 1

Anexo E

Imagens Fotográficas da Madre, Anel Limitador, Molde e Calibrador Utilizados para a Conformação do Prato Utilizado no Estudo Autónomo



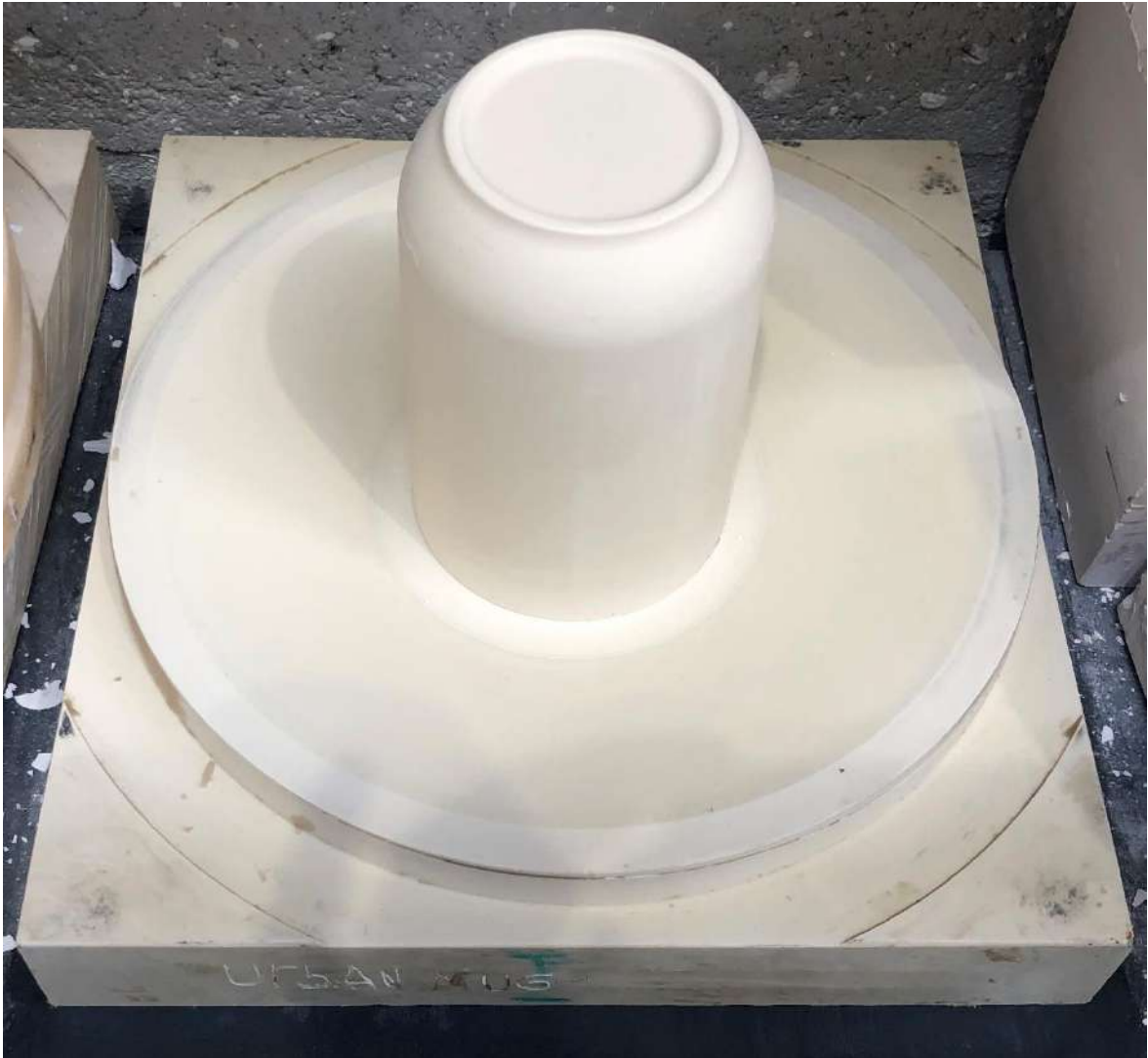
Anexo F

Imagens Fotográficas da Madre, Anel Limitador e Calibrador Utilizados para a Conformação da Tigela Utilizada no Estudo Autónomo



Anexo G

Imagem Fotográfica da Madre Utilizada para a Conformação da Caneca



Anexo H

Imagens Fotográficas das Madres do Prato Complexo e Irregular e da Tigela Grande





Anexo I**Processo de Produção de Moldes de Resina Epóxi**

1. Limpar as madres com ar comprimido;



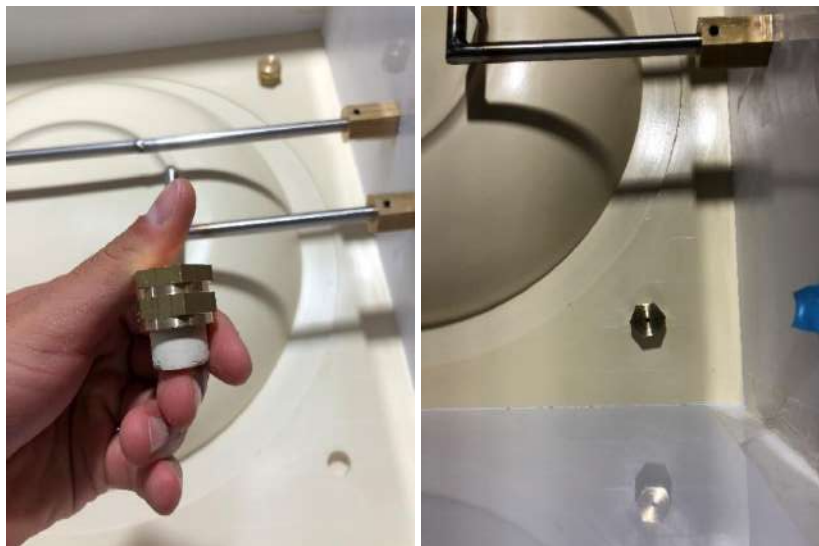
2. Aplicar *spray* desmoldante em ambas as madres e limpá-las com um pano seco, como se se estivesse a polir. Repetir o processo novamente;



3. Isolar ambas as madres com placas de policloreto de vinil (PVC) ou contraplacado e fixá-las com grampos;



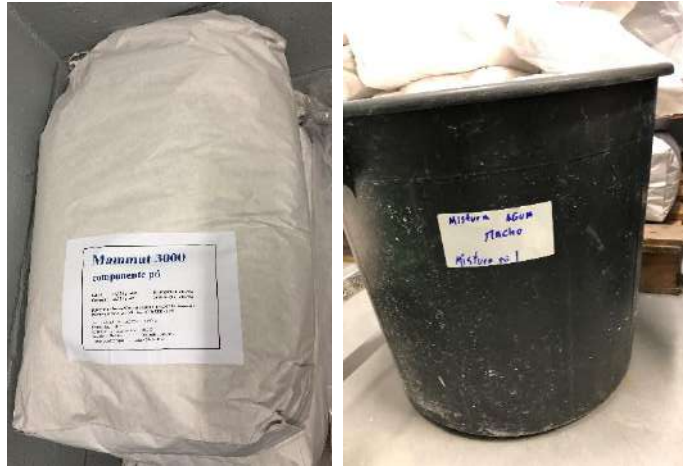
4. Aplicar gitos para passagem da barbotina na madre macho e malhetes de alinhamento nos furos da mesma madre;



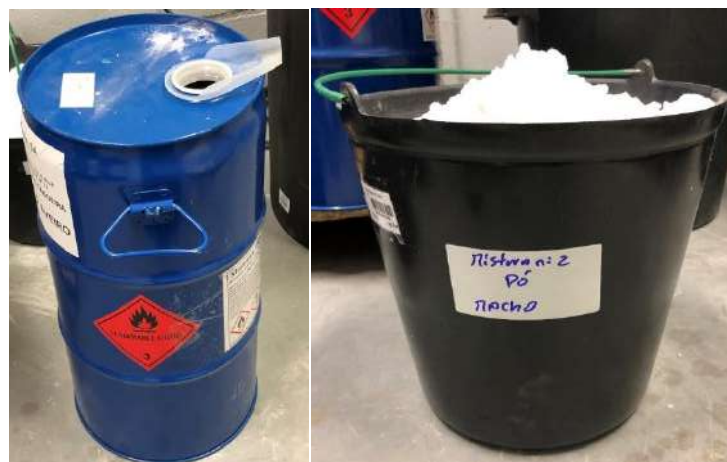
5. Colocar uma placa de acrílico furada em cima das placas de PVC de ambas as madres e proceder à colocação de varetas para o circuito de passagem de ar e água. Posteriormente, retirar a placa de acrílico com as varetas e colocar dois tubos quadrados com 15 milímetros de altura nas extremidades das placas de PVC, com o objetivo de subir a altura das varetas relativamente às madres;



6. Fazer duas misturas para cada madre¹:
- a. Mistura 1: *Mammut 3000* (componente pó) + Água;



- b. Mistura 2: *Mammut 3000* (componente pó) + *Mammut 3000* (componente resina);



¹ O volume de água e de resina e o peso do componente *Mammut 3000* necessários para cada madre são calculados previamente, recorrendo a uma tabela de cálculo e tendo em conta: (1) o comprimento, a largura e a altura (volume) dos moldes pretendidos; (2) o comprimento, a largura e a altura (volume) da peça, considerando o número de cavidades existentes na madre e (3) a proporção percentual dos componentes de cada mistura, que é constante para todos os moldes.



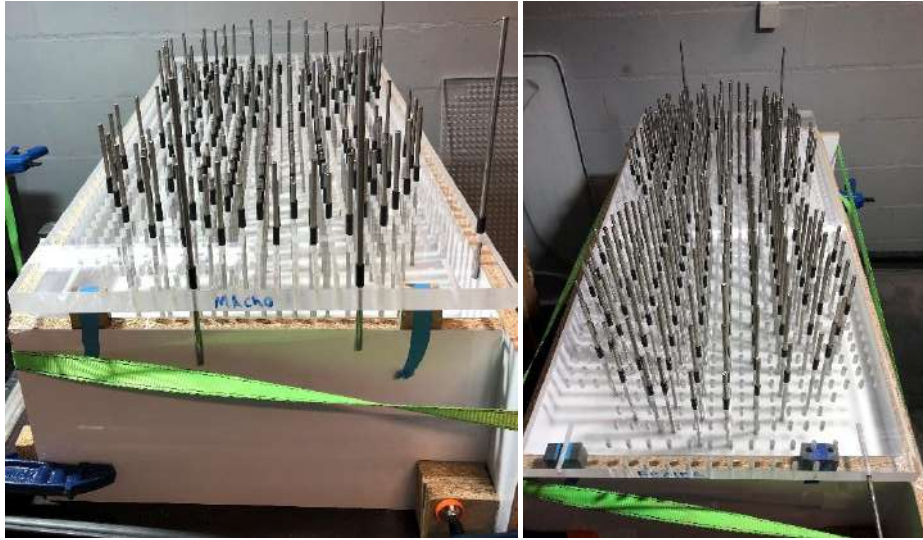
7. Fazer a mistura entre as misturas 1 e 2 de cada madre com auxílio de um agitador mecânico;



8. Vazar cada mistura em cada uma das madres e mexer com uma espátula para reduzir a probabilidade de formação de bolhas de ar;



9. Voltar a colocar a placa de acrílico com as varetas em cima dos dois tubos quadrados com 15 milímetros de altura;

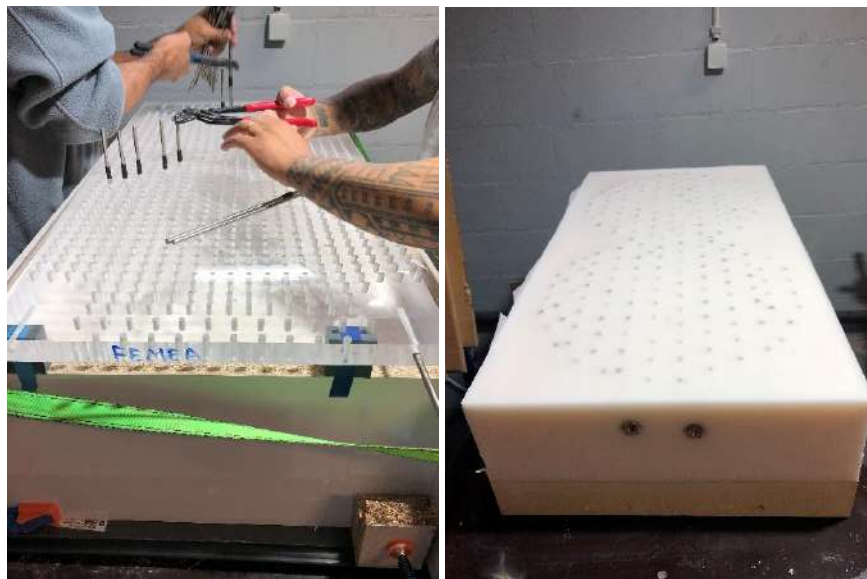


10. Controlar regularmente a temperatura da solidificação da mistura;



11. 30 minutos após a o vazamento rodar as varetas para estas não ficaram coladas aos moldes;

12. Quando a temperatura da mistura atingir cerca de 50°C, retirar as varetas de ambos os moldes;

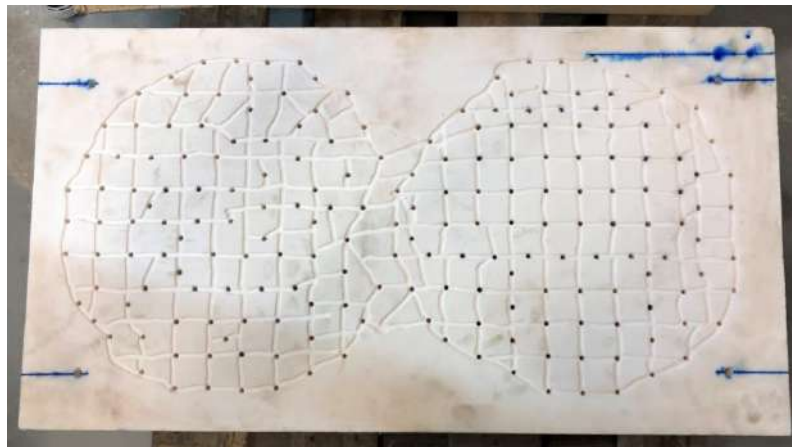


13. Desmoldar ambos os moldes das madres, juntá-los e colocá-los numa banheira de água de arrefecimento;





14. Enviar os moldes para retificação e isolá-los com tinta isolante.



Nota final: Este documento não menciona os tempos de cada fase de produção nem as proporções de cada componente da mistura por uma questão de confidencialidade.

Anexo J**Ficha Técnica do Bloco *SIKACLOCK M 1000***

Ficha Técnica – SIKABLOCK M 1000



M 1000

Placa de poliuretano maquinável

Descrição

SIKABLOCK M 1000 é uma placa de poliuretano maquinável que apresenta uma baixa densidade e uma elevada estabilidade dimensional, sendo muito fácil de maquinar. O produto apresenta-se sob a forma de blocos de estrutura densa e homogénea, com boa estabilidade das arestas e com uma boa resistência a temperatura.

As placas podem ser coladas entre si utilizando adesivos epóxi, poliuretano ou de cianocrilato e pequenas alterações e reparações podem ser efetuadas utilizando o betume **BIRESIN SPACHTEL WHITE**. Os modelos acabados apresentam um baixo coeficiente de dilatação térmica e uma superfície de boa qualidade.

Aplicações

Modelos e moldes para fundição assim como ferramentas de controle e calibres de alta precisão (Jigs, etc).

Propriedades

Cor:	Branco	
Densidade:	1.0 g / cm ³	(ISO 845)
Dureza Shore D:	75	(ISO 868)
Resistência à flexão:	48 MPa	(ISO 178)
Modulo E:	1800 MPa	(ISO 604)
Resistência à compressão:	47 MPa	(ISO 178)
Resistência ao impacto:	13 KJ /m ²	(ISO 179 Ue)
Temperatura de deformação sob carga:	85°C	(ISO 75 B)
Coeficiente de dilatação Térmica linear:	55 x 10 ⁻⁶ mm /mm °K ⁻¹	(DIN 53 752)

Ficha Técnica – SIKABLOCK M 1000

Diversos

Adesivos	Adesivo	Adesivo	Adesivo
	POWER ADHESIVE	FAST ADHESIVE BLUE/GREEN	REBELCO CYAN
Relação de mistura (peso)	100:30	100:60	mono-componente
Tempo de trabalho (minutos)	30	1 a 3	50 segundos
Tempo de endurecimento	>16 horas	1 hora	5 minutos

Betume de reparação	SPACHTEL WHITE
Relação de mistura (peso)	100:2
Tempo de trabalho (minutos)	5
Tempo de endurecimento	>20 minutos

NOTA: recomenda-se a lixagem e posterior limpeza das zonas a unir antes da aplicação do adesivo.

Método de emprego

O material deve ser colocado a uma temperatura de 18 a 25°C antes de maquinar de modo a evitar variações dimensionais. As zonas a colar devem estar limpas de poeiras ou gorduras. A placa pode ser trabalhada manualmente ou utilizando equipamentos de maquinaria de alta performance mesmo a altas velocidades.

Apresentação

Em blocos de: 1500 x 500 x 50 mm
1500 x 500 x 75 mm
1500 x 500 x 100 mm

Armazenagem

O produto não tem limitações de tempo sempre que armazenado adequadamente em locais secos e em superfícies planas. Evitar variações bruscas de temperatura.

Higiene e segurança

Por favor consulte as fichas de Higiene e Segurança disponíveis para os vários materiais.

Os valores indicados são fornecidos com base no conhecimento actual e são apenas indicativos não podendo ser usados para elaborar qualquer especificação técnica. Para mais informações consulte os nossos serviços técnicos.

Anexo K

Orçamento do Bloco *SIKACLOCK M 1000*

**Rebelco, Representações Belchior e Costa, Lda**

Parque Doroana, Armazém CG - Rua São Francisco, 786

Alcabideche

2645-019 ALCABIDECHE

geral@rebelco.pt

www.rebelco.pt

Tels. 214566335

Fax 214566338

Contribuinte N.º: 501809651

C.R.C de Cascais Matr. N.º08142

Capital Social: 8.978,36



Mesacer Ceramics, Lda.

Eco-Parque Empresarial de Estarreja, Rua de Veiros, 6

ESTARREJA

3860-529 ESTARREJA

1548

Software PHC - CqKM-Processado por programa certificado nº 0006/AT (20201202)

VIA

ORIGINAL

Fatura**Nº FT 1/21970**

1 2021 / 21970

Nº Contribuinte	Requisição	Condições Pagamento	Vendedor	Data Emissão	Data Vencimento
513686967	22 427/21001476	Pronto Pagamento	FCorreia	2021-07-23	23.07.2021

Referência	Designação	Quantidade	Preço Unitário	Desconto	Tx IVA	Total
SKBM1000100	SIKABLOCK M 1000 - 100 (1500x500x100	1,000 Un	458,70		23,00%	458,70
PORTES01	Portes de envio	1,000 Un	11,00		23,00%	11,00

Os artigos facturados foram colocados à disposição do adquirente nesta data (N.º 5.º , Alinea f) do Art.º 36.º do CIVA) 23.07.2021

Os Serviços facturados foram realizados nesta data (N.º 5.º , Alinea f) do Art.º 36.º do CIVA)

Taxa	Base de Incidência	Valor do I.V.A.	
6,00%			
23,00%	469,70	108,03	Total Ilíquido : 469,70
13,00%			Desconto Comercial :
			Desconto Financeiro :
			Base de Incidência de I.V.A. : 469,70
			Total de I.V.A. : 108,03

Total	469,70	108,03	TOTAL DO DOCUMENTO	577,73
-------	--------	--------	---------------------------	---------------

Observações

Modo de Expedição :

Local de Carga: Alcabideche

Hora da carga: 11:45

Viatura:

Local de descarga: Morada do Cliente

Hora descarga: _____

Anexo L

Orçamentos Recebido das Empresas *Rodrimaq - Emílio Rocha & Rocha - Maquinação CNC, Lda* e *Medida de Campeão, Lda* para a Maquinação do Bloco *SIKACLOCK M 1000*

TABPARK - Lote 27, Fração H
Zona industrial de Taboeira
3800-055 Esgueira

Contribuinte nº 515 212 180
Mat. C. R. C. Ílhavo nº 515 212 180

Tel.: 234 306 102 / Tlm.: 962 358 784
e-mail: rodrimaq.geral@hotmail.com

IBAN: PT50 0035 0372 00026568030 12

Este documento não serve de factura

Exmo(s) Sr(s)
Mesacer Ceramics, Lda

Eco-Parque Empresarial de Estarreja, Rua de Veiros
6
3860-529 Estarreja

NÚMERO	CONTRIBUINTE	VENDEDOR	TELEFONE	FAX	V/REQUISIÇÃO	VALIDADE
107	PT513686967	1				
Condições de Pagamento: PRONTO PAGAMENTO						
OBS:						
CÓDIGOS	DESIGNAÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO	DESCONTOS	VALOR	IVA
P1	PEÇAS MAQUINADAS Maquinação de Madres em SikaBlock M1000 C/ Fornecimento do Cliente	1,000 UN	456,00		456,00	23%

EM CASO DE DÚVIDAS OU APOIO CONTACTAR:

MERCADORIA 456,00
IVA 104,88

TOTAL EUR 560,88

Telef.s:

Nov@Gest - Gestão Integrada v18.05.01

LQo7-Processado por programa certificado nº 0120/AT

Os produtos foram colocados à disposição do adquirente em: 14/07/2021

Descrição	Desenho	Valor unitário
NHDesign Bowl 115mm v_circular interior madre e molde executado em SIKABLOCK M 1000	v/ desenho	227,50 €
NHDesign Bowl 115mm v_circular exterior madre e molde executado em SIKABLOCK M 1000	v/ desenho	162,50 €

Melhores Cumprimentos / Best regards

Meca

Medida de Campeão Lda

Rua das Gruas 110 Malaposta

4520-506 Sanfins (Santa Maria da Feira)

Portugal

Telefone +351 938481857 +351 962733024

+351 936020504

NIF 513 673 725

Anexo M**Ficha Técnica Referente aos Parâmetros de Maquinação do Bloco
*SIKACLOCK M 1000***

SikaBlock® M1000/M1050

Tooling Board



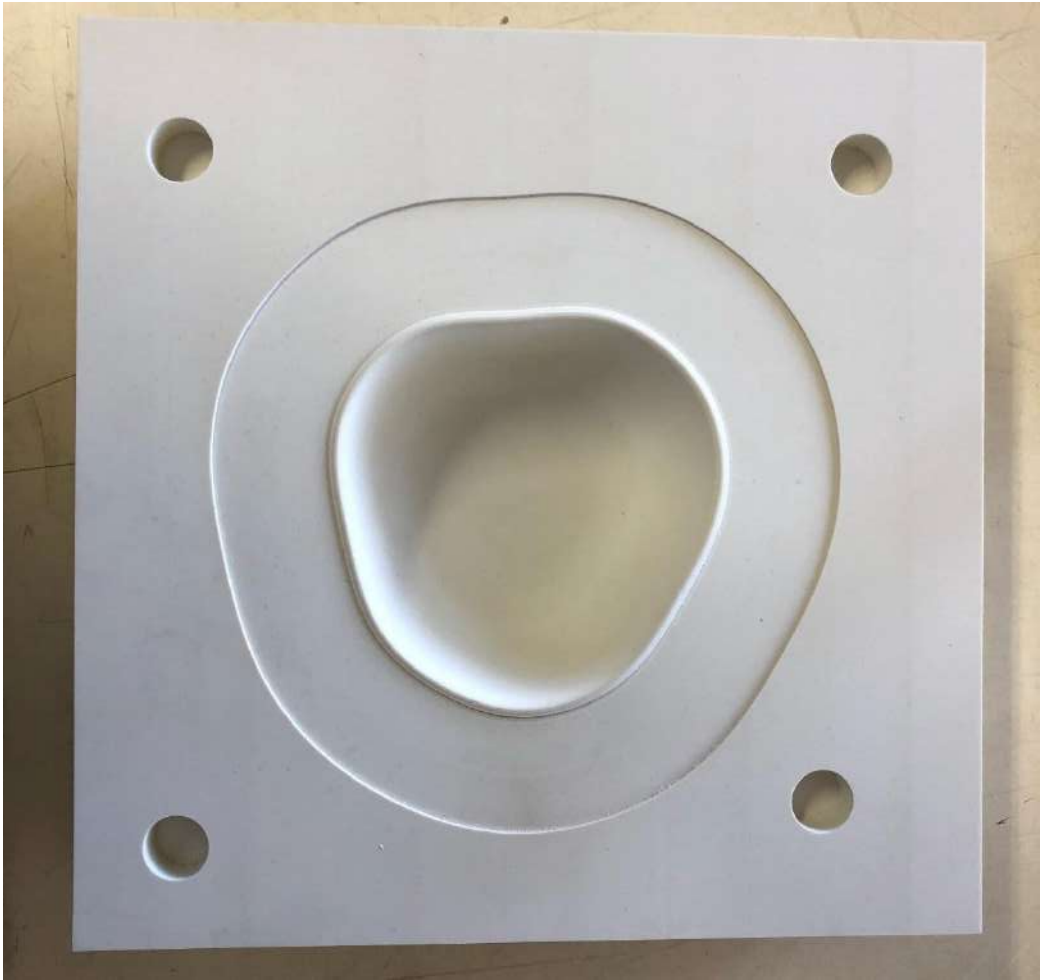
MILLING PARAMETERS							
Milling steps	1	2	3	4	5	6	7
Strategy	Roughing Z-constant	Rest material Z-constant	Rest material Z-constant	Rest material Z-constant	Finishing flat areas	Finishing Z-constant	Finishing rest material shapes
Milling tool	Torus cutter	Torus copying cutter	Ball nose copying cutter	Ball nose copying cutter	Torus copying cutter	Ball nose copying cutter	Solid carbide ball nose cutter
Diameter [mm]	42	20	12	6	8	8	4
Number of teeth	3	2	2	2	2	2	2
Radius [mm]	3	4	6	3	1	4	2
Cutting speed (Vc) [m/min]	650	650	600	250	400	400	200
Revolutions [1/min]	5,000	10,400	15,900	13,300	16,000	16,000	16,000
Feedrate per tooth [mm]	0.42	0.42	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15
Feed rate (Vf) [mm/min]	6,300	8,800	6,400	5,300	4,800	4,800	4,800
Cutting depth (ap) [mm]	5	2.5	2	0.5	0.3	0.15	0.1
Cutting Width / Line spacing (ae) [mm]	30	10	2	0.5	4	0.3	0.1

PROCESSING

- The material must be acclimatised to 18–25 °C prior to machining.
- Machining of the block is easily accomplished by sawing, milling and so on with high performance tools or by hand.
- Bonding areas must be clean, dry and free of dust and grease or oil.
- For bondings use e.g. Biresin® Power Adhesive Thix or H9930 (for more information see Product Data Sheet).

Anexo N**Imagens Fotográficas das Madres Maquinadas da Tigela Natura 11,5**





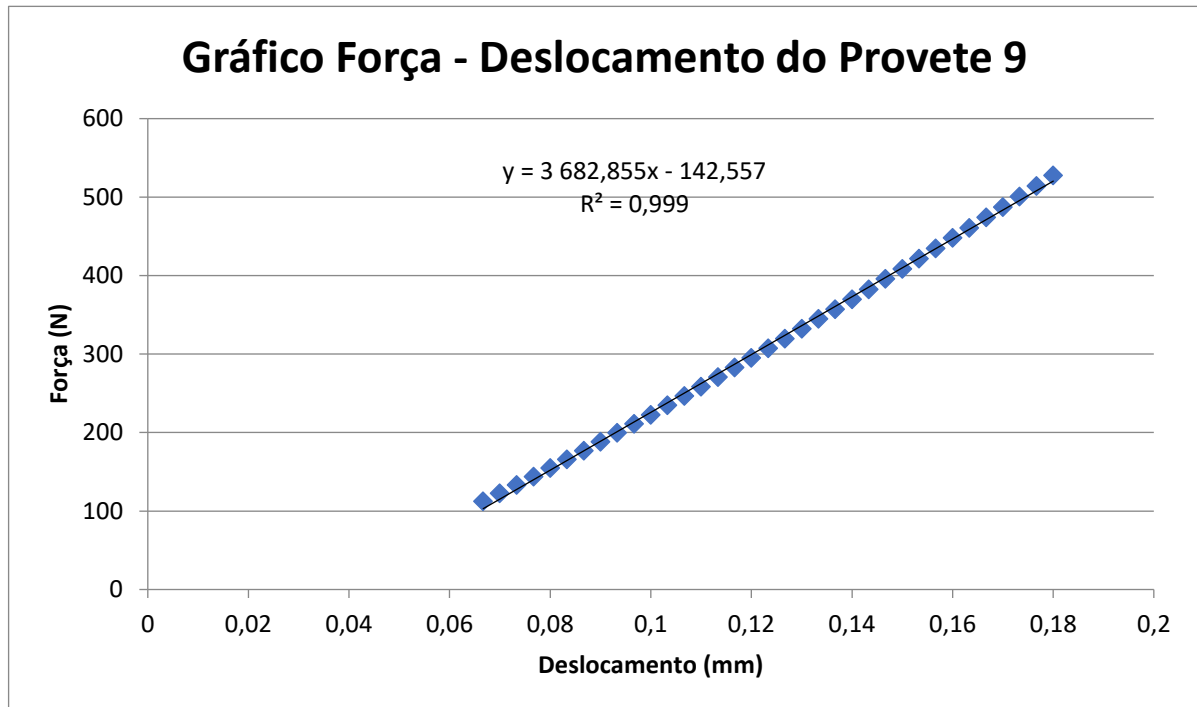
Anexo O

Tabela Utilizada no Cálculo da Massa Volúmica e da Área Transversal dos Provetes Ensaiaados, Curva Força – Deslocamento Utilizada no Cálculo dos Parâmetros da Tensão de Cedência e de Rotura de Um Deles e Tabela Síntese dos Parâmetros Calculados para cada Proвете

Parâmetros Utilizados para Calcular a Massa Volúmica (e a sua Média) e a Área Transversal de cada Provete

Provetes vidrados	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Volume (mm ³)	Massa (kg)	Massa volúmica (kg/m ³)	Área transversal (mm ²)
6	94,33	45,87	8,25	35697,07	0,08	2308,59	378,43
7	95,03	45,93	8,08	35267,00	0,08	2330,22	371,11
8	94,60	47,28	8,13	36362,95	0,08	2311,97	384,39
9	94,58	48,17	6,68	30433,54	0,07	2334,27	321,78
10	94,20	45,22	6,79	28923,53	0,07	2320,95	307,04
Média						2321,20	

Gráfico Força - Deslocamento do Provete 9

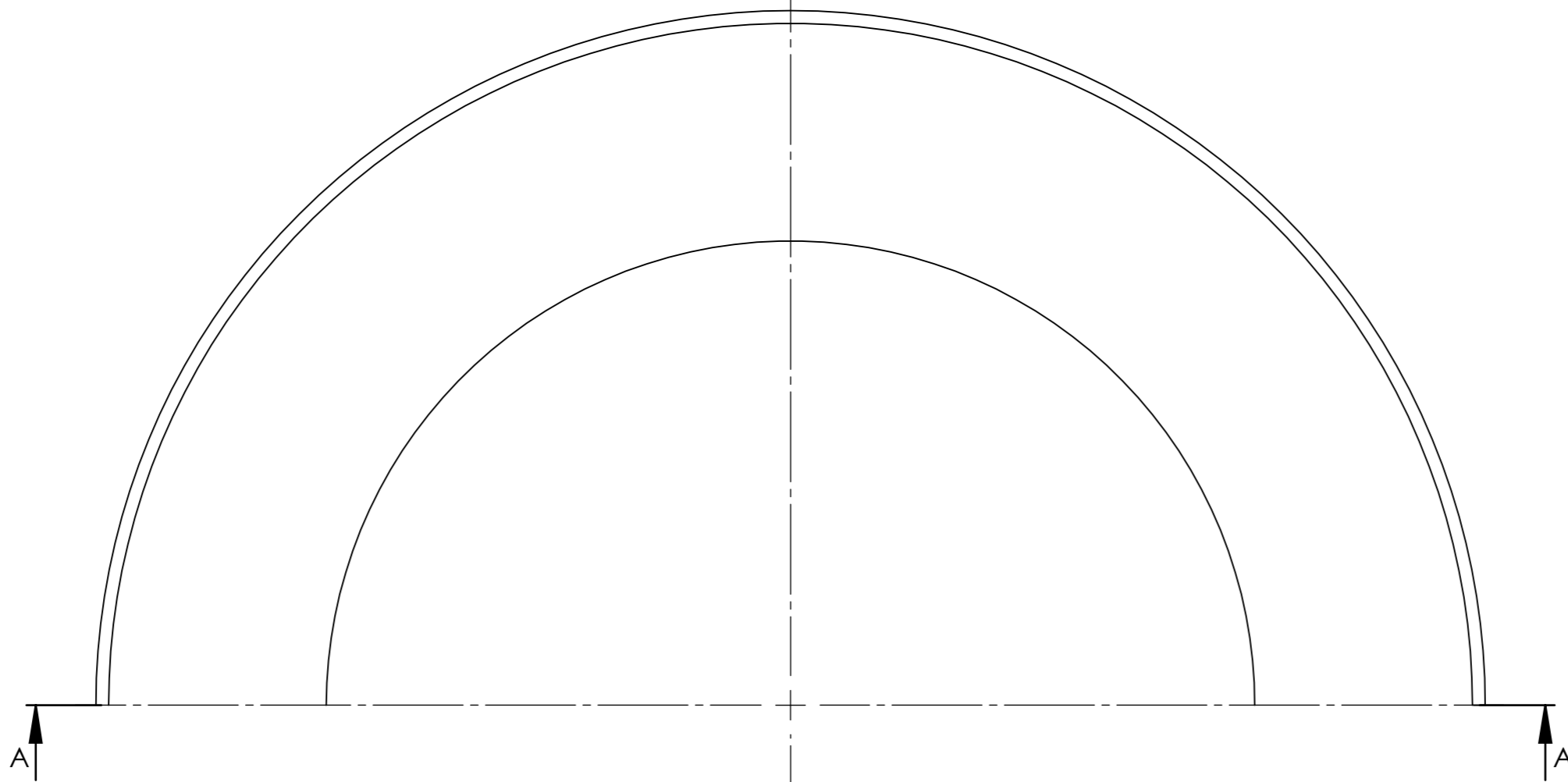
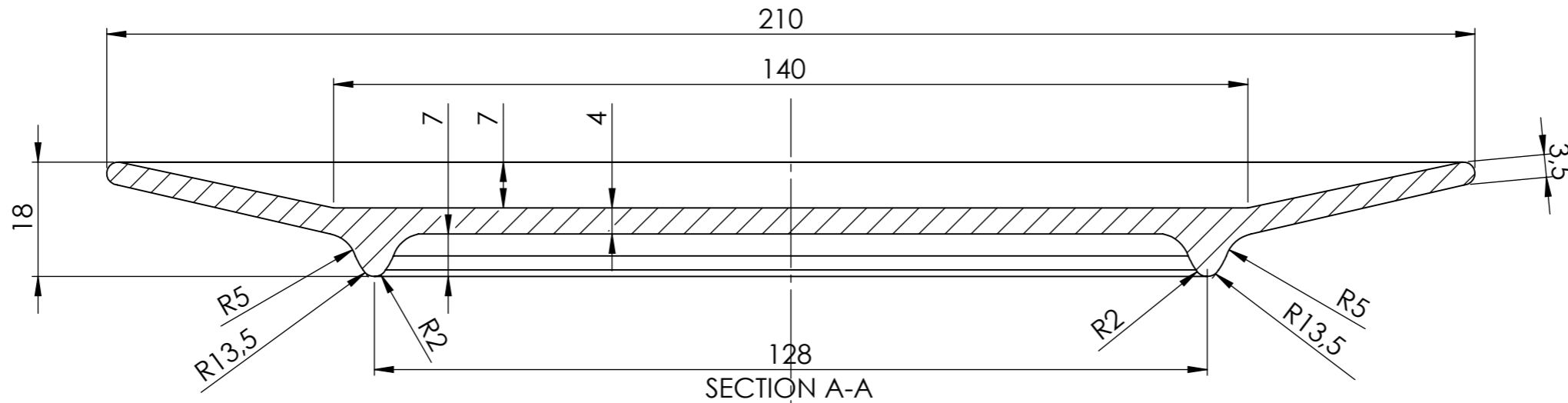


Parâmetros Calculados para cada Provete, Média e Desvio Padrão

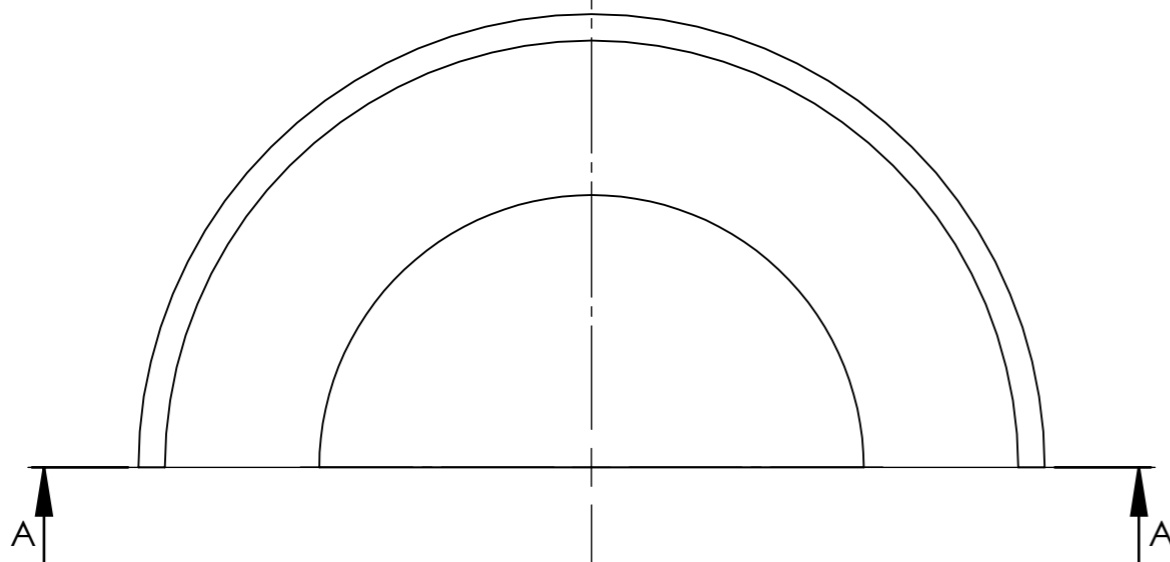
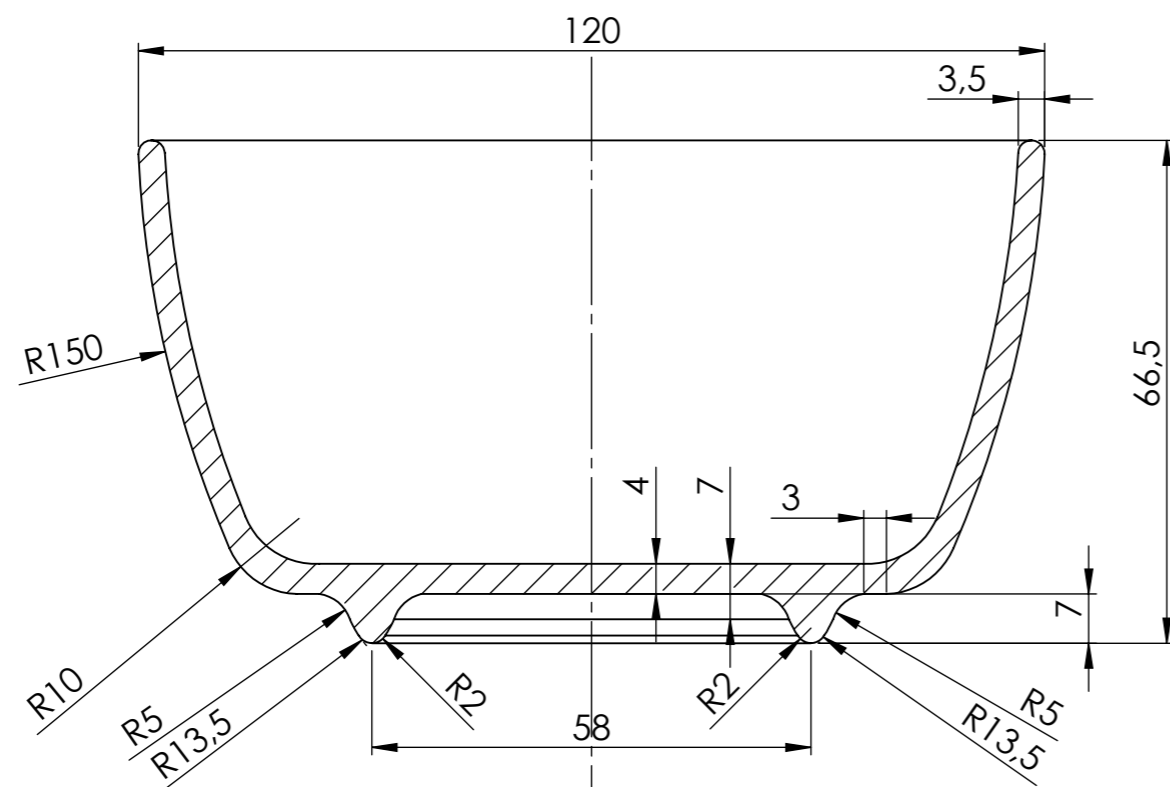
Provetes	Tensão de Rotura (Mpa)	Deslocamento Máximo (mm)	Força Máxima (N)	l	Módulo de Elasticidade Estático (Gpa)	Carga Aplicada/Deslocamento (N/mm)	Trabalho à Fratura (J/m ²)	Tenacidade (N/mm)
Provete 6	34,33	0,213	893,27	2146,39	25,66	5163,00	180,924	2,63
Provete 7	30,37	0,210	758,99	2019,06	27,35	5177,50	142,645	2,12
Provete 8	27,05	0,189	704,48	2117,23	25,22	5006,70	132,021	1,97
Provete 9	29,45	0,193	527,49	1196,53	32,83	3682,86	123,012	2,21
Provete 10	35,29	0,187	613,19	1179,66	34,74	3842,11	162,643	2,87
Média	31,30	0,199	699,49	1731,78	29,16	4574,43	148,25	2,36
Desvio Padrão	2,81	0,010	114,12	407,09	3,55	609,39	19,18	0,31

Anexo P

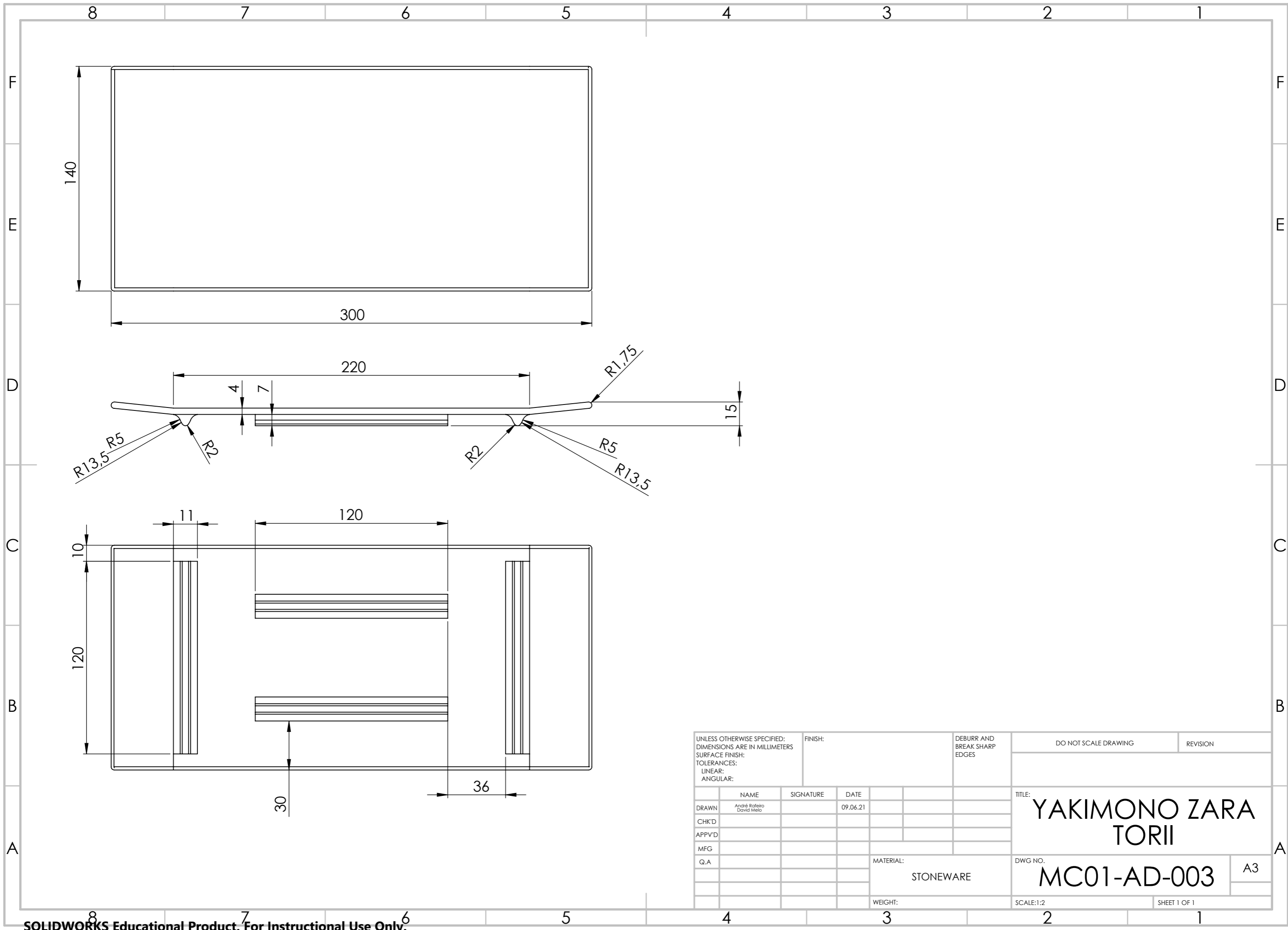
Desenhos do Prato, da Tigela e da Travessa Projetadas e de Alguns Produtos Modelados



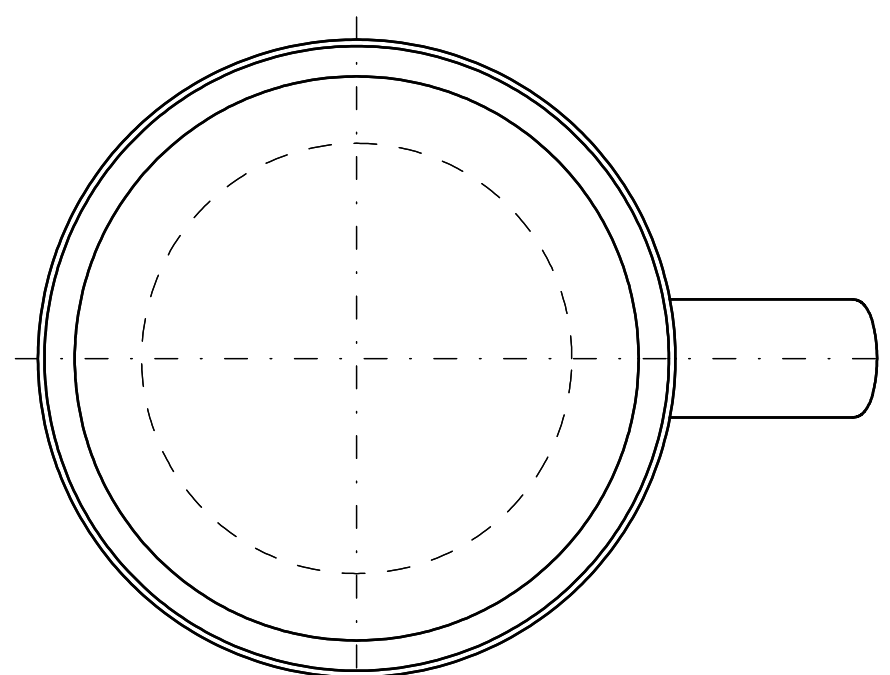
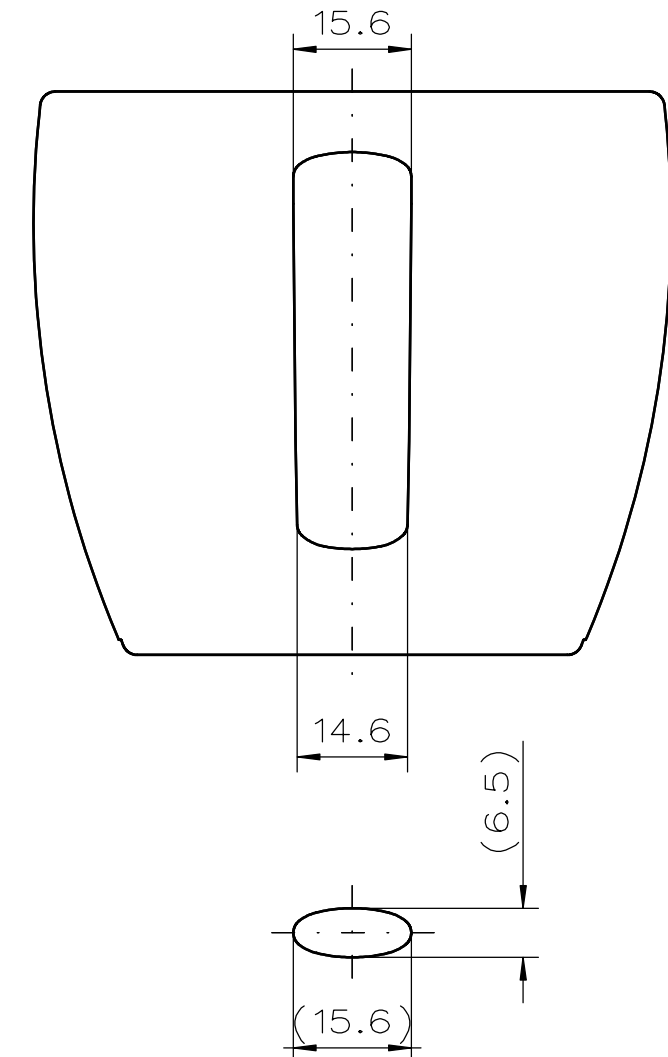
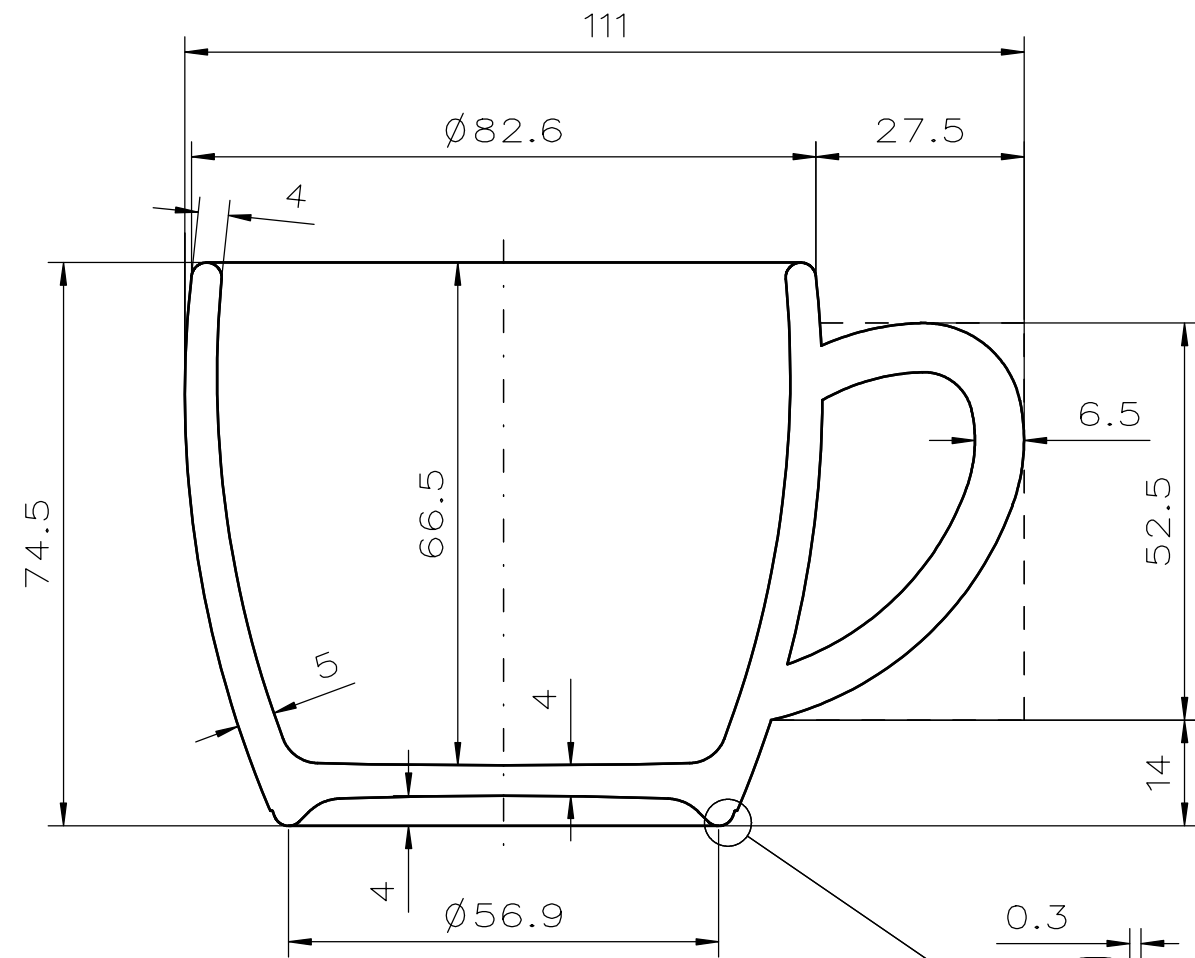
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
DRAWN	David Melo		09.06.21			CHUZARA TORII			
CHK'D	André Rafeiro								
APPV'D									
MFG									
Q.A									
				MATERIAL:		DWG NO.		A3	
				STONEWARE		MC01 - AD - 01			
				WEIGHT:		SCALE:1:1 FIRED SIZE		SHEET 1 OF 1	



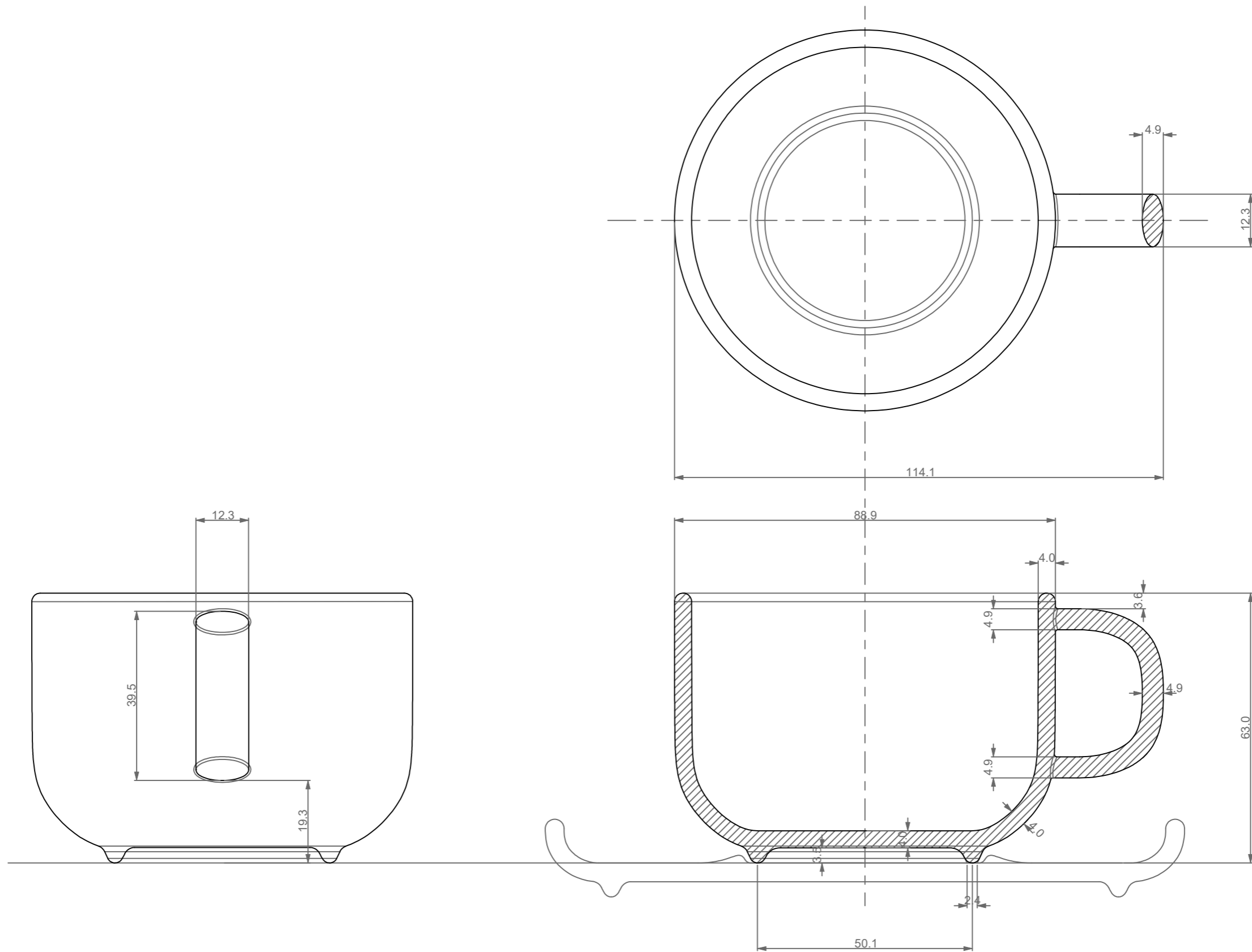
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
DRAWN	David Melo		09.06.21			SHIRUWAN TORII			
CHK'D	André Rafeiro								
APPV'D									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.	
						STONEWARE		MC01-AD-02	
						WEIGHT:		SCALE:1:1 FIRED SIZE	
								SHEET 1 OF 1	
								A3	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:										
TOLERANCES:										
LINEAR:										
ANGULAR:										
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE: YAKIMONO ZARA TORII			
DRAWN	André Rafaelo David Melo		09.06.21							
CHK'D										
APPV'D										
MFG										
Q.A										
					MATERIAL:	STONEWARE		DWG NO. MC01-AD-003		A3
					WEIGHT:			SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1



Pos	Menge	Einheit	Werkstoff	Ident. Nr.	Rohmasse - Halbzeug	DIN	BN
Passmass Abmass				Masstab 1:1		Gewicht	
Datum Name				Dieses Dokument ist Eigentum von DORST TECHNOLOGIES Alle darin enthaltenen Informationen sind vertraulich zu behandeln. Diese Zeichnung darf ohne schriftliche Erlaubnis von DORST TECHNOLOGIES nicht vervielfältigt oder verwendet werden. (DIN34)			
Gez. 02.12.2020 Fichtl				Benennung Mesacer, Coupe tea cup			
Gepr. 02.12.2020 Fichtl				Zeichnungs-Nr. / Identifikator PHT200-Txxx.00			
Freigez. 03.12.2020 Fichtl				Blatt 1			
A-Nr. CAD				1 Bl.			
DORST TECHNOLOGIES				Ers.f.:			
Urspr.:				Ers.d.:			
Zust. Änderung				Datum Name			



**NICK
HOLLAND
DESIGN**

Temple Court, Cathedral Road
Cardiff CF11 9HA, Great Britain
tel.: +351 919.544.631
mail@nickhollanddesign.com
www.nickhollanddesign.com

Client: MESA CERAMICS LDA.

Project: 1A

Title: Tea Cup

Drawing: NHD : MC100819/1

Scale: 1:1 Fired Size

Dimensions: MM

Material: Stoneware

Drawn: NH

Date: 28.08.19

Anexo Q

Imagens Fotográficas das Fases do Processo Produtivo do Prato do Projeto















Anexo R

Imagens Fotográficas das Fases do Processo Produtivo da Tigela do Projeto











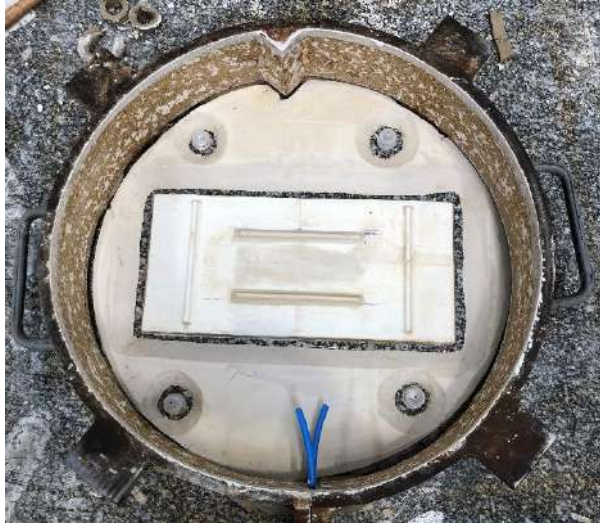






Anexo S**Imagens Fotográficas das Fases do Processo Produtivo da Travessa do Projeto**



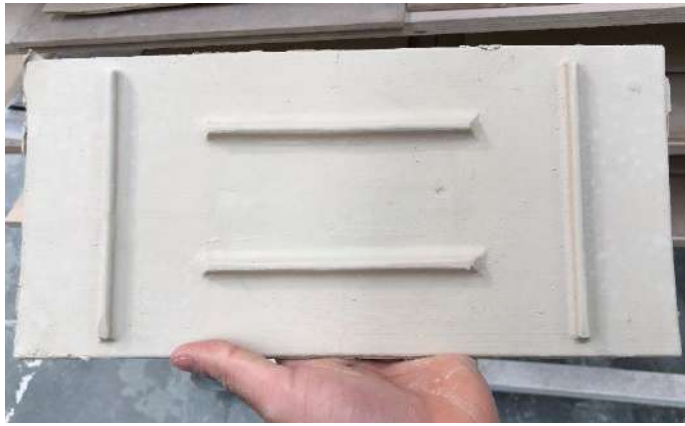








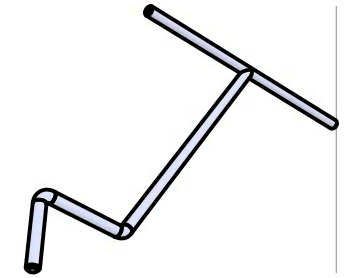
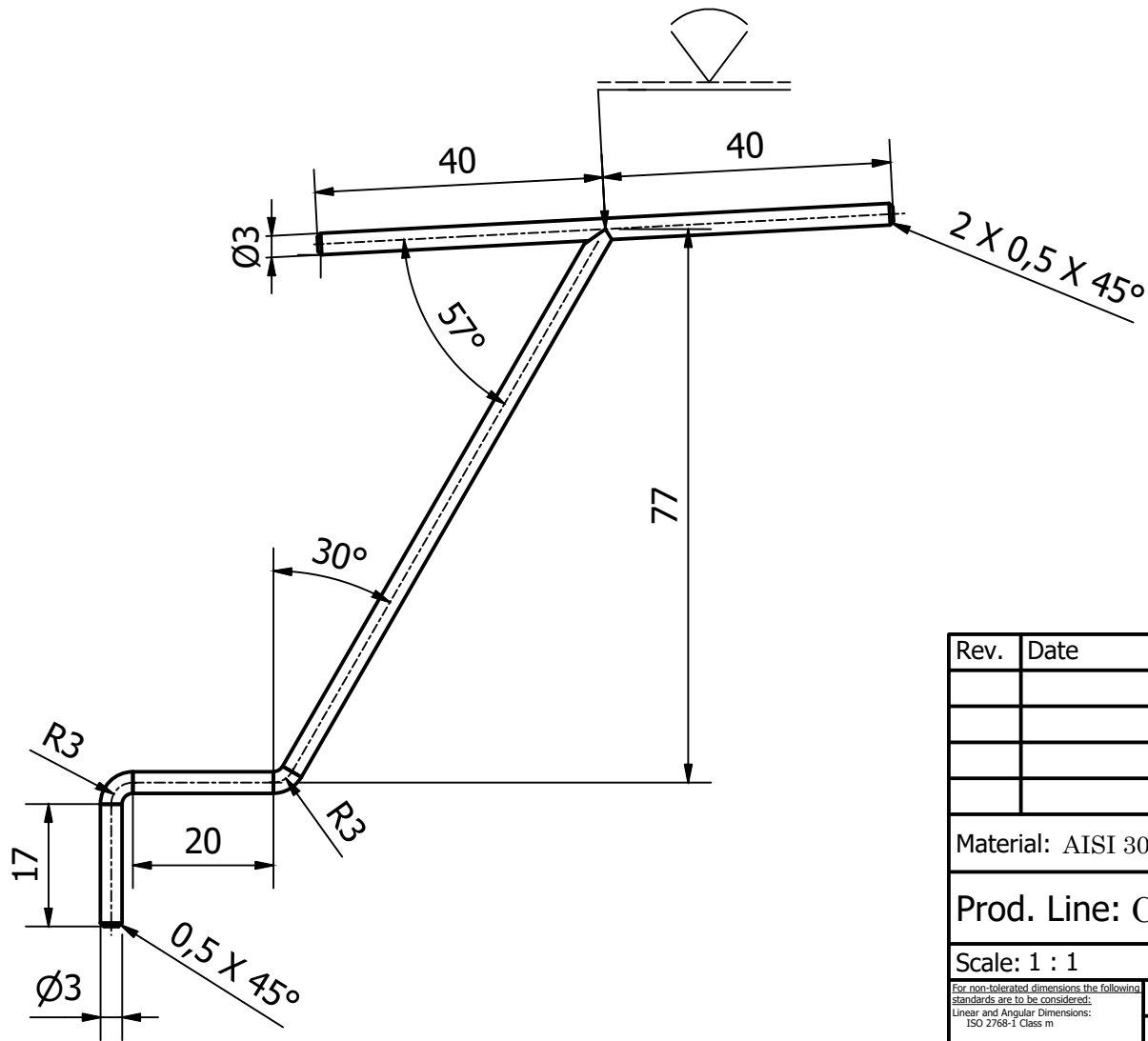






Anexo T

Desenhos dos Vários Componentes Projetados para os *Spindles*



Scale: 1:2

Rev.	Date	Description

Material: AISI 302



1. The graphic representation in drawing form is entirely and exclusively the property of MESA Ceramics.
2. This document may not be duplicated or circulated or its contents disclosed to third parties without MESA Ceramics express prior consent.
3. Non-compliance will result in MESA Ceramics seeking damages and will result in criminal prosecution.
4. All rights including industrial property rights are entirely and exclusively reserved by MESA Ceramics.

Prod. Line: Cabines Vid

Scale: 1 : 1

Qty:

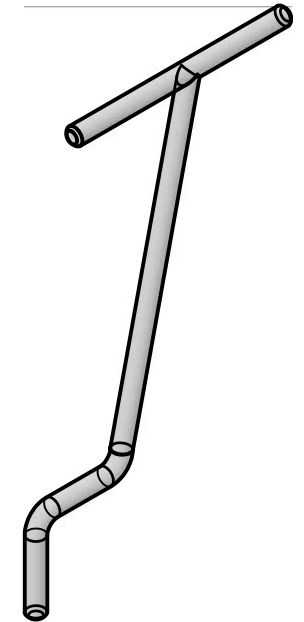
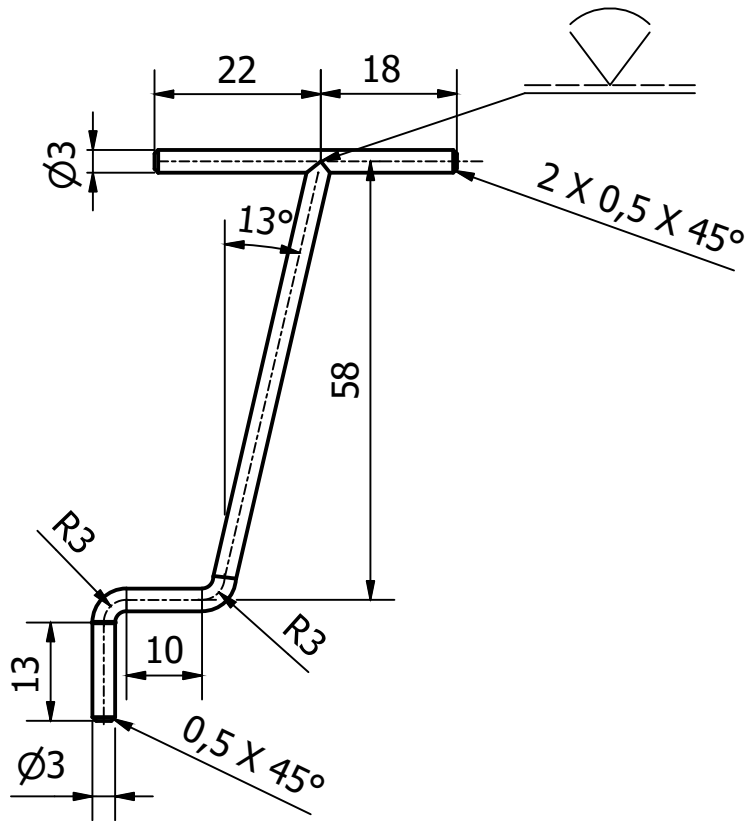
For non-tolerated dimensions the following standards are to be considered:
Linear and Angular Dimensions:
ISO 2768-1 Class m


	Datum	Name
Drawn	29.04.2021	André Rafeiro David Melo
Chk.	29.04.2021	F. J. Rocha
Apvd.	29.04.2021	F. J. Rocha

MESA
CERAMICS

MESA Ceramics
Eco-Parque Empresarial
Rua de Veiros, 6
3860-529 Estarreja
Portugal
www.mesa-ceramics.com

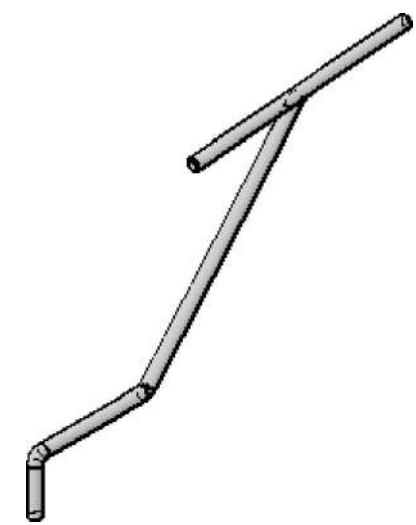
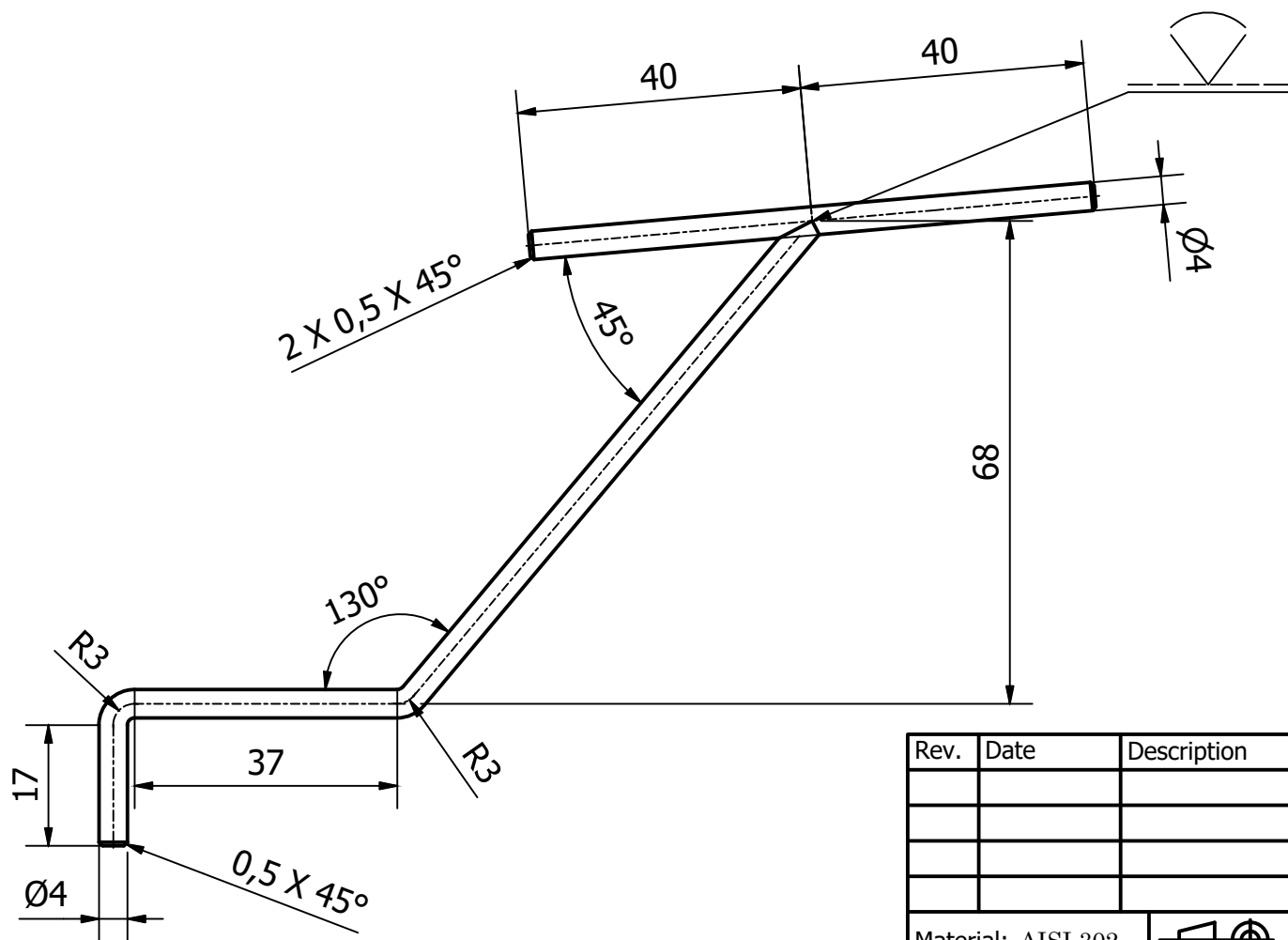
Description	SAP Ref.	Size	Page
Haste p/ Suporte Vidragem_ M	MC03-01-001	A4	1



Rev.	Date	Description
Material: AISI 302		 <ul style="list-style-type: none"> 1. The graphic representation in drawing form is entirely and exclusively the property of MESA Ceramics. 2. This document may not be duplicated or circulated or its contents disclosed to third parties without MESA Ceramics express prior consent. 3. Non-compliance will result in MESA Ceramics seeking damages and will result in criminal prosecution. 4. All rights including industrial property rights are entirely and exclusively reserved by MESA Ceramics.
Prod. Line: Cabines Vid		
Scale: 1 : 1		Qty:
<small>For non-tolerated dimensions the following standards are to be considered: Linear and Angular Dimensions: ISO 2768-1 Class m</small>		
Datum		Name
Drawn	29.04.2021	André Rafeiro David Melo
Chk.	29.04.2021	F. J. Rocha
Apvd.	29.04.2021	M. Gonçalves
Description		SAP Ref.
Haste p/ Suporte Vidragem_ S		MC03-01-002
Size	Page	
A4	1	




MESA Ceramics
Eco-Parque Empresarial
Rua de Veiros, 6
3860-529 Estarreja
Portugal
www.mesa-ceramics.com



Scale 1:2

Rev.	Date	Description

Material: AISI 302  1. The graphic representation in drawing form is entirely and exclusively the property of MESA Ceramics.

Prod. Line: Cabines Vid 2. This document may not be duplicated or circulated or its contents disclosed to third parties without MESA Ceramics express prior consent.

Scale: 1 : 1 Qty: 3. Non-compliance will result in MESA Ceramics seeking damages and will result in criminal prosecution.

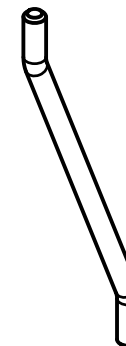
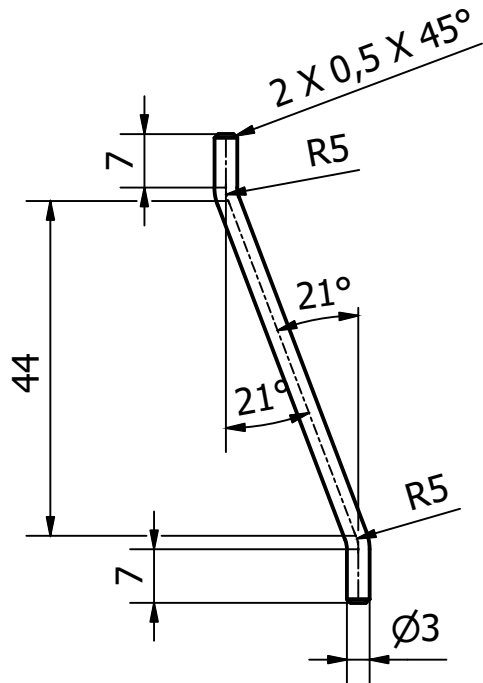
4. All rights including industrial property rights are entirely and exclusively reserved by MESA Ceramics.

For non-tolerated dimensions the following standards are to be considered: Linear and Angular Dimensions: ISO 2768-1 Class m		Datum	Name
Drawn	12.05.2021		André Rafeiro David Melo
Chk.	12.05.2021		F. J. Rocha
Apvd.	12.05.2021		F. J. Rocha




MESA CERAMICS
Eco-Parque Empresarial
Rua de Veiros, 6
3860-529 Estarreja
Portugal
www.mesa-ceramics.com

Description	SAP Ref.	Size	Page
Haste p/ Suporte Vidragem_L	MC01-02-008	A4	1



Rev.	Date	Description

Material: AISI 302  1. The graphic representation in drawing form is entirely and exclusively the property of MESA Ceramics.

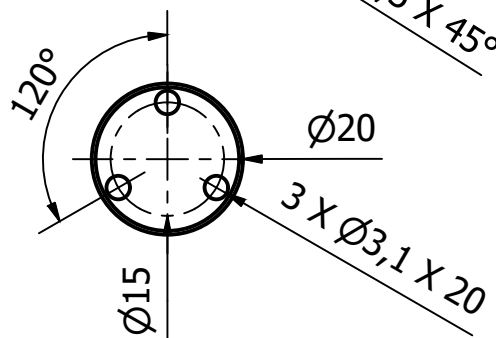
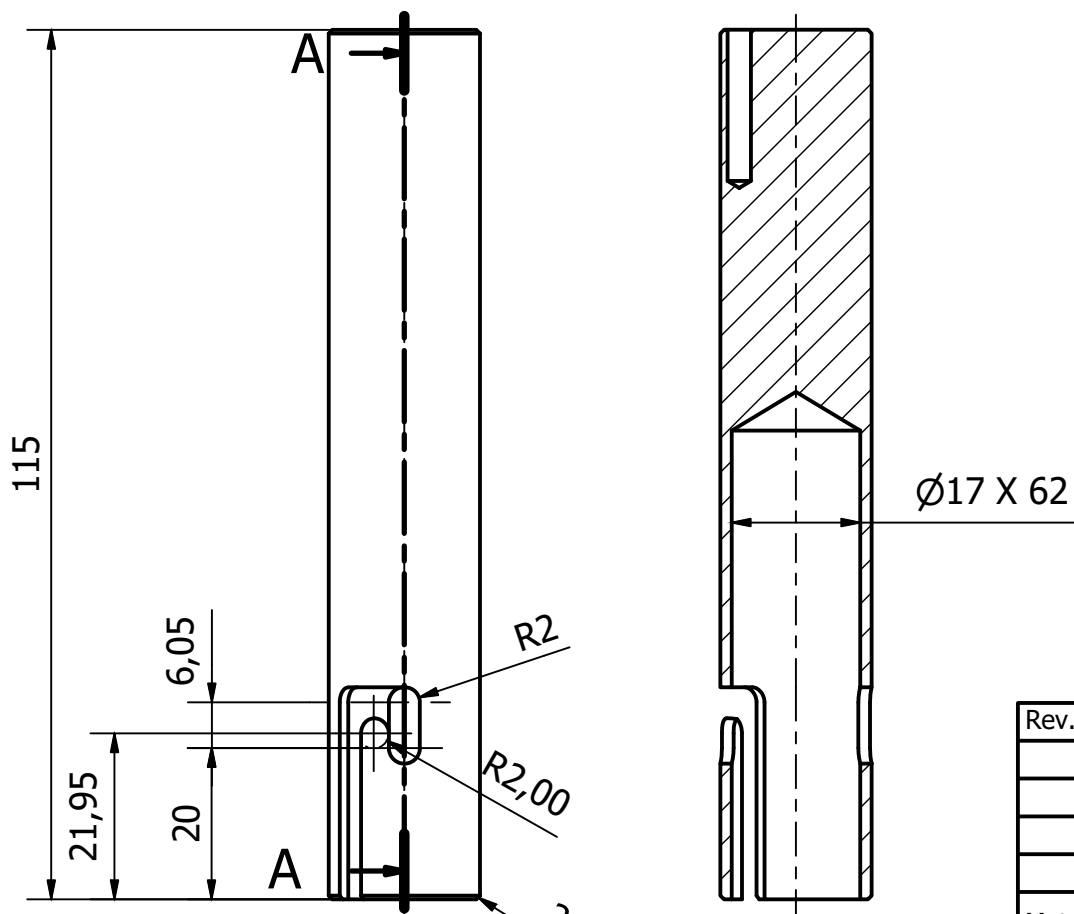
Prod. Line: Cabines Vid 2. This document may not be duplicated or circulated or its contents disclosed to third parties without MESA Ceramics express prior consent.

Scale: 1 : 1 Qty: 3. Non-compliance will result in MESA Ceramics seeking damages and will result in criminal prosecution.

<small>For non-tolerated dimensions the following standards are to be considered: Linear and Angular Dimensions: ISO 2768-1 Class m</small>	Datum	Name	 <p>MESA Ceramics Eco-Parque Empresarial Rua de Veiros, 6 3860-529 Estarreja Portugal www.mesa-ceramics.com</p>	
	Drawn	19.05.2021		André Rafeiro David Melo
	Chk.	19.05.2021		F. J. Rocha
	Apvd.	19.05.2021		F. J. Rocha


Description	SAP Ref.	Size	Page
Ligação p/ Suporte Vidragem Canecas	MC03-02-001	A4	1

A-A (1 : 1)



Scale 1:2

Rev.	Date	Description

Material: AISI 304  1. The graphic representation in drawing form is entirely and exclusively the property of MESA Ceramics.

Prod. Line: Cabines Vid 2. This document may not be duplicated or circulated or its contents disclosed to third parties without MESA Ceramics express prior consent.

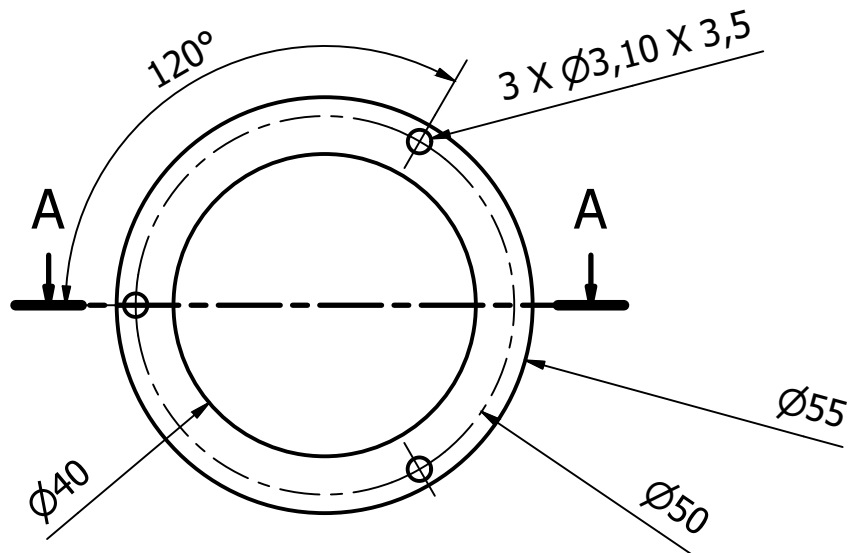
Scale: 1 : 1 Qty: 3. Non-compliance will result in MESA Ceramics seeking damages and will result in criminal prosecution.

For non-tolerated dimensions the following standards are to be considered: Linear and Angular Dimensions: ISO 2768-1 Class m		Datum	Name
Drawn	19.05.2021		André Rafeiro David Melo
Chk.	19.05.2021		F. J. Rocha
Apvd.	19.05.2021		F. J. Rocha

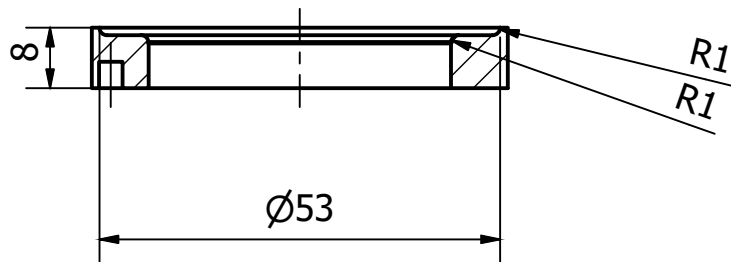
MESA CERAMICS

MESA Ceramics
Eco-Parque Empresarial
Rua de Veiros, 6
3860-529 Estarreja
Portugal
www.mesa-ceramics.com

Description Estrutura p/ Suporte Vidragem Canecas	SAP Ref. MC03-02-002	Size A4	Page 1
---	-------------------------	------------	-----------



A-A (1 : 1)



Rev.	Date	Description

Material: AISI 304

Prod. Line: Cabines Vid

Scale: 1 : 1 Qty:

- The graphic representation in drawing form is entirely and exclusively the property of MESA Ceramics.
- This document may not be duplicated or circulated or its contents disclosed to third parties without MESA Ceramics express prior consent.
- Non-compliance will result in MESA Ceramics seeking damages and will result in criminal prosecution.
- All rights including industrial property rights are entirely and exclusively reserved by MESA Ceramics.

<small>For non-tolerated dimensions the following standards are to be considered: Linear and Angular Dimensions: ISO 2768-1 Class m</small>		Datum	Name	<p>MESA Ceramics Eco-Parque Empresarial Rua de Veiros, 6 3860-529 Estarreja Portugal www.mesa-ceramics.com</p>
Drawn	19.05.2021		André Rafeiro David Melo	
Chk.	19.05.2021		F. J. Rocha	
Apvd.	19.05.2021		F. J. Rocha	

Description	SAP Ref.	Size	Page
Base Superior p/ Suporte Vidragem Canecas	MC03-02-003	A4	1

Anexo U**Tabela do Estudo de Rentabilidade dos *Spindles* Dimensão S**

Estudo de Rentabilidade	Investimento (€)	Produtividade (Nº de Peças Vidradas por Hora)	Qualidade		Tempo de Substituição dos <i>Spindles</i> (s)	Perda de Produção ao Longo da Substituição
			Vidragem	Escolha		
<i>Spindles</i> de Dimensão S (Necessita de 3 pistolas de pulverização)	1800					
<i>Spindles</i> de Dimensão M (Necessita de 4 pistolas de pulverização)	-					

Notas:

- Pressuposto: 30% de desperdício de vidro por passagem na máquina;
- Qualidade:
 - Vidragem: Peças caídas nas cabines de vidragem automática; peças com defeitos na vidragem, etc;
 - Escolha: Percentagem de peças de primeira qualidade, segunda e terceira.

Anexo V**Ficha Técnica do Silicone Utilizado na Produção dos *Vacuum Suckers***

NEUKASIL RTV 22

Silicone Rubber
addition-crosslinking

altropol

Main features

- high resistance to initial tearing and tear propagation
- very good flowability
- can be made thixotropic
- mixing ratio = 1 : 1
- quick through-curing

Applications

- general mould making
- body cast

Properties in the non-crosslinked state (approx. values)

		NEUKASIL RTV 22	NEUKASIL Crosslinker A 142	NEUKASIL Crosslinker A 156
Colour		white	orange	orange
Mixing ratio	p.b.w.	100	100	100
Density (20 °C)	g/cm ³	1.10	1.10	1.10
Viscosity (25°C)	mPa·s	3,000	2,500	2,500

Properties of the mixture and the cured product (approx. values)

Mixed viscosity	mPa·s		2,700	2,700
Pot life (1000 g)	minutes		5	30
Curing time (RT)*	hours		0.5	12
Hardness (24h, RT)	Shore A	DIN 53505	22	22
Service temperature, for a short time	°C		200	200
Tensile strength	MPa	DIN 53504	3.5	3.5
Elongation at break	%	DIN 53504	450	450
Resistance to tear propagation	N/mm	ASTM D 624 B	15	15

*The vulcanization is temperature-dependent and can be accelerated considerably by heat supply.

Important Note 1: The platinum catalyst is in NEUKASIL RTV 22.

Important Note 2: Use only identical batch numbers of A- and B-component.

How to process the material

For the preparation of a batch being ready for processing, add the required quantity of crosslinker to the rubber and stir the compound until it is homogeneous. See that as little air as possible gets into the compound while stirring.

Thixotropic adjustment

By addition of the component NEUKASIL Thixotropic Agent SN 200, the silicone rubber can be made thixotropic for special applications, i. e. the compound is then no longer liquid and castable, but pasty and brushable. For this, add approx. 0.5 - 1.0 % of NEUKASIL Thixotropic Agent SN 200 to the already mixed components NEUKASIL RTV 22 and NEUKASIL Crosslinker A 142 or NEUKASIL Crosslinker A 156. The thixotropic effect will already set in after a short while.

When NEUKASIL RTV 22 is used as mould making material (production of negatives), there is no release agent required for demoulding. Should there still arise any problems, we recommend our NEUKADUR Release Agent SE New or NEUKADUR Release Spray P 6.

For release agents, please visit our homepage under <http://www.altropol.de/en/produkte/weitere-produkte/trennmittel>

NEUKASIL RTV 22 can also be adjusted as a sprayable variant. We are well prepared to place a guide formulation at your disposal on request.

For the production of multipart moulds and to avoid an adhesion of NEUKASIL RTV 22 to itself, use the same release agents. Treat the surface of the part already vulcanized with release agent, then cast the second part of the mould.

When processing polyester or other casting resins, we recommend keeping the moulds in the air for some hours or heating them up to 50 - 100°C for 1 to 3 hours. In this way, the casting resin components having penetrated the surface of the mould can escape again, and the stability of the mould as well as the number of casts are increased considerably.

Compatibility with other materials

NEUKASIL RTV 22 is well compatible with all common pattern materials such as wood, plaster, metals and plastic materials and provides perfect casts. Certain substances inhibit or decelerate the vulcanization of NEUKASIL RTV 22 which can be noticed by tacky surfaces or surfaces containing bubbles. To these substances belong among other things condensation-crosslinking silicones, organic rubbers, plasticizers, amines, heavy-metal compounds and sulphurous substances. High air humidity and water may also lead to disturbances. Under unfavourable circumstances, it may happen that also surfaces having been in contact with the mentioned substances lead to vulcanization faults. The same applies to certain modelling materials. In case of doubt, we recommend carrying out pretrials on a small scale.

Vulcanization

By vulcanization or cross-linking one understands the transition from liquid, castable silicone rubber to the tack-free, rubbery-elastic state. It begins after addition of the crosslinker, and there are no cleavage products whatsoever produced during this process. At 20 - 25 °C, the vulcanization is terminated to a large extent after 24 hours. The vulcanization speed is temperature-dependent and can be accelerated considerably by heat supply.

NEUKASIL RTV is the designation for „Room Temperature Vulcanizing“ 2-component silicone rubber systems of ALTROPOL KUNSTSTOFF GmbH.

Form of delivery

NEUKASIL RTV 22	1 kg	5 kg	25 kg	200 kg
NEUKASIL Crosslinker A 142	1 kg	5 kg	25 kg	200 kg
NEUKASIL Crosslinker A 156	1 kg	5 kg	25 kg	200 kg
NEUKASIL Thixotropic Agent SN 200	0.01 kg	0.05 kg	0.2 kg	5 kg

Storage

We recommend keeping the material in tightly closed original receptacles at temperatures of 20 - 25°C. When duly stored, the material can be used within the shelf life indicated on the labels (the first 2 digits of the batch number indicate the week, the 3rd digit indicates the year).

Measure of precaution

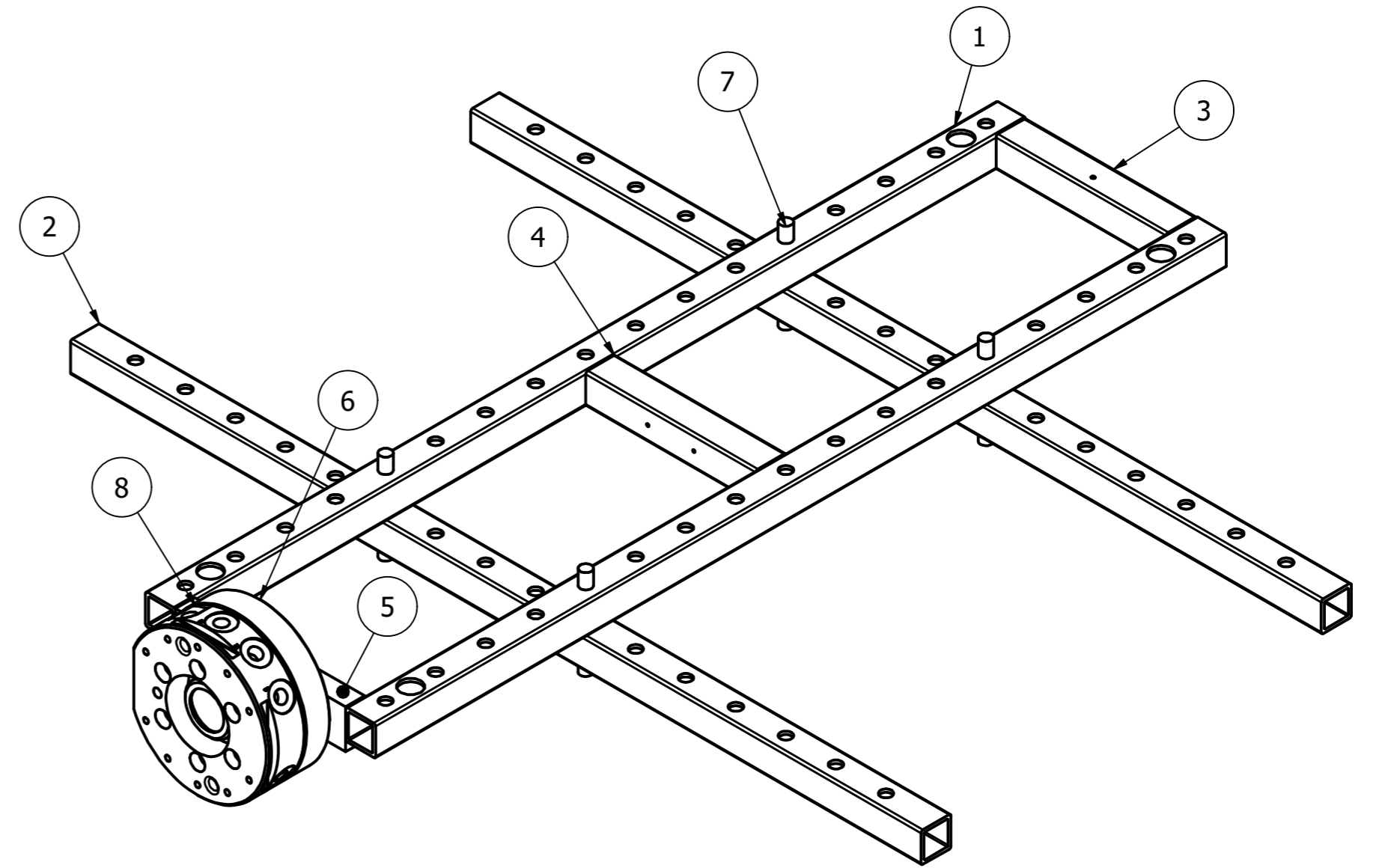
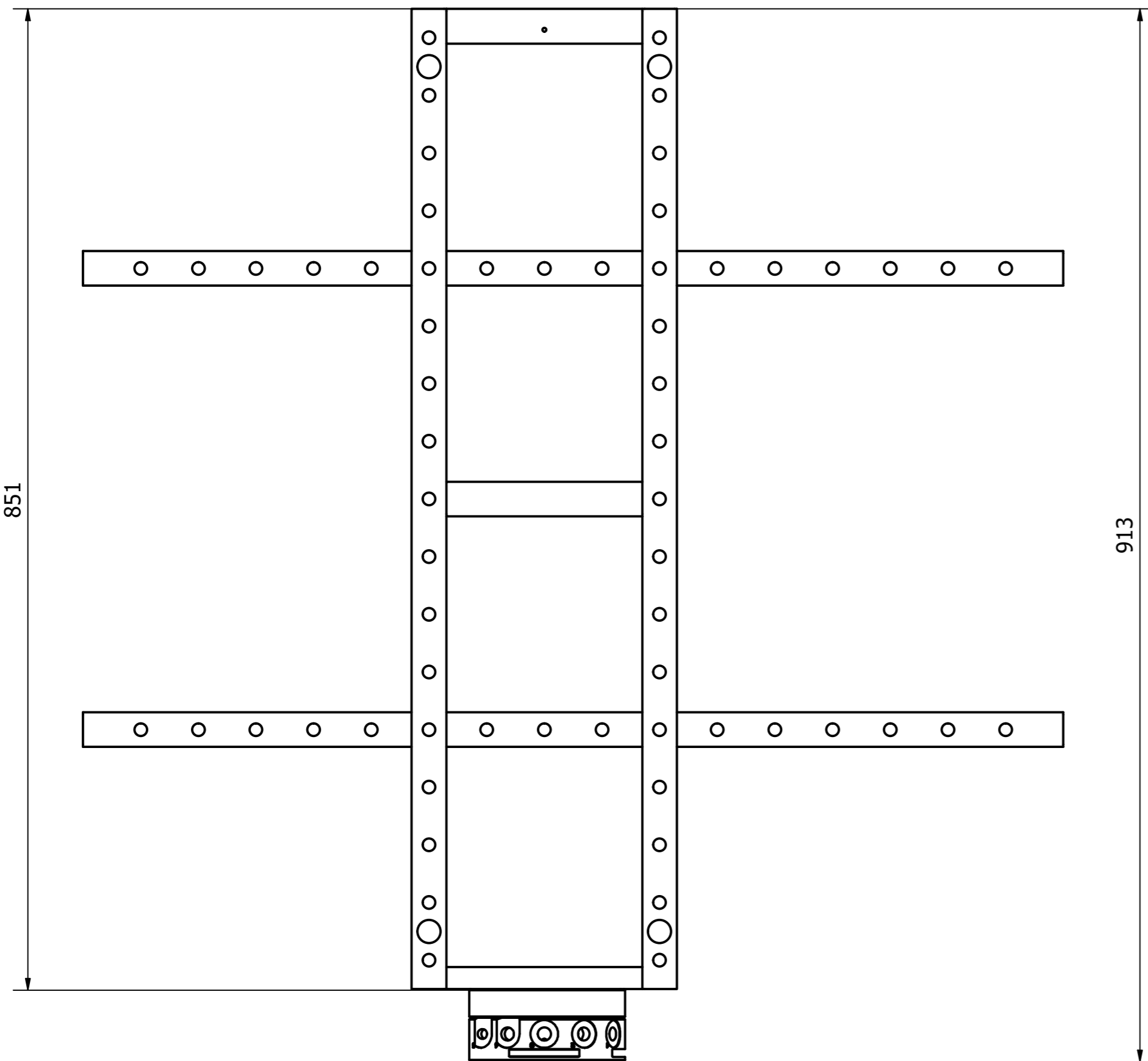
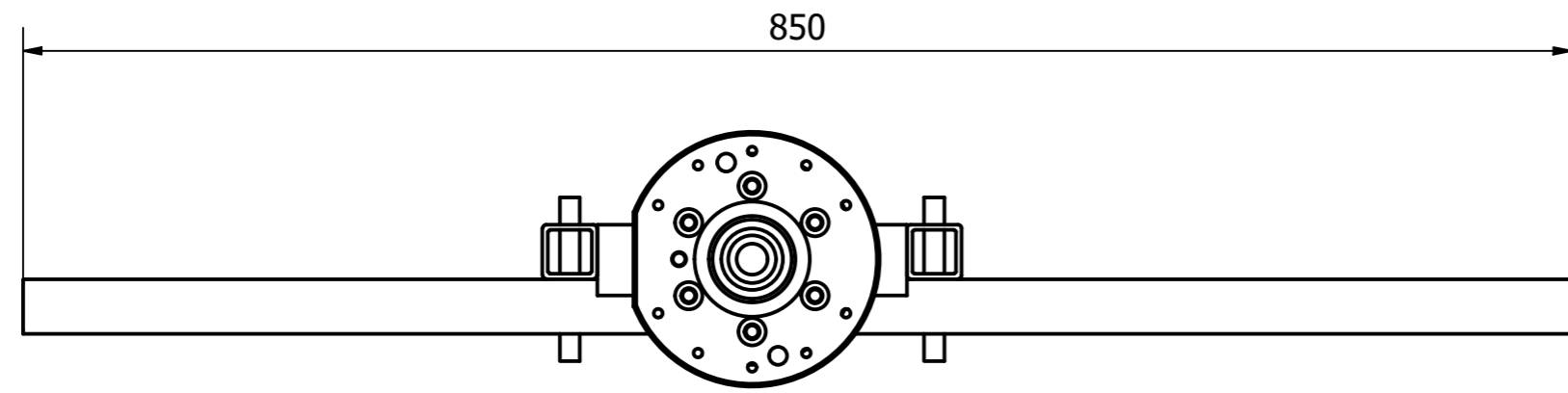
With the aid of the current safety data sheets, which contain physical, ecological, toxicological and other data relating to safety, the user can inform himself on the safe handling and storage of the products.

Our technical service - in words, in writing or by trials - is given according to the current state of our knowledge. It does however not relieve the customer / user from the duty to check by himself if the products supplied by us are suitable for the intended processes and purposes. Application, use and processing of the products take place beyond our control possibilities and lie therefore exclusively in the area of responsibility of the processor. Any existing property rights of third parties are to be considered. We guarantee the perfect quality of our products in accordance with our general terms and conditions of business. When handling our products you have to observe the legal rules and the rules for the industrial hygiene. As for the rest, we refer to the corresponding safety data sheets.

• 2019-09-30.6 / 12 / LW-W •

Anexo W

Desenhos dos *Frames* Projetados para o Equipamento de Enchimento Sob Pressão

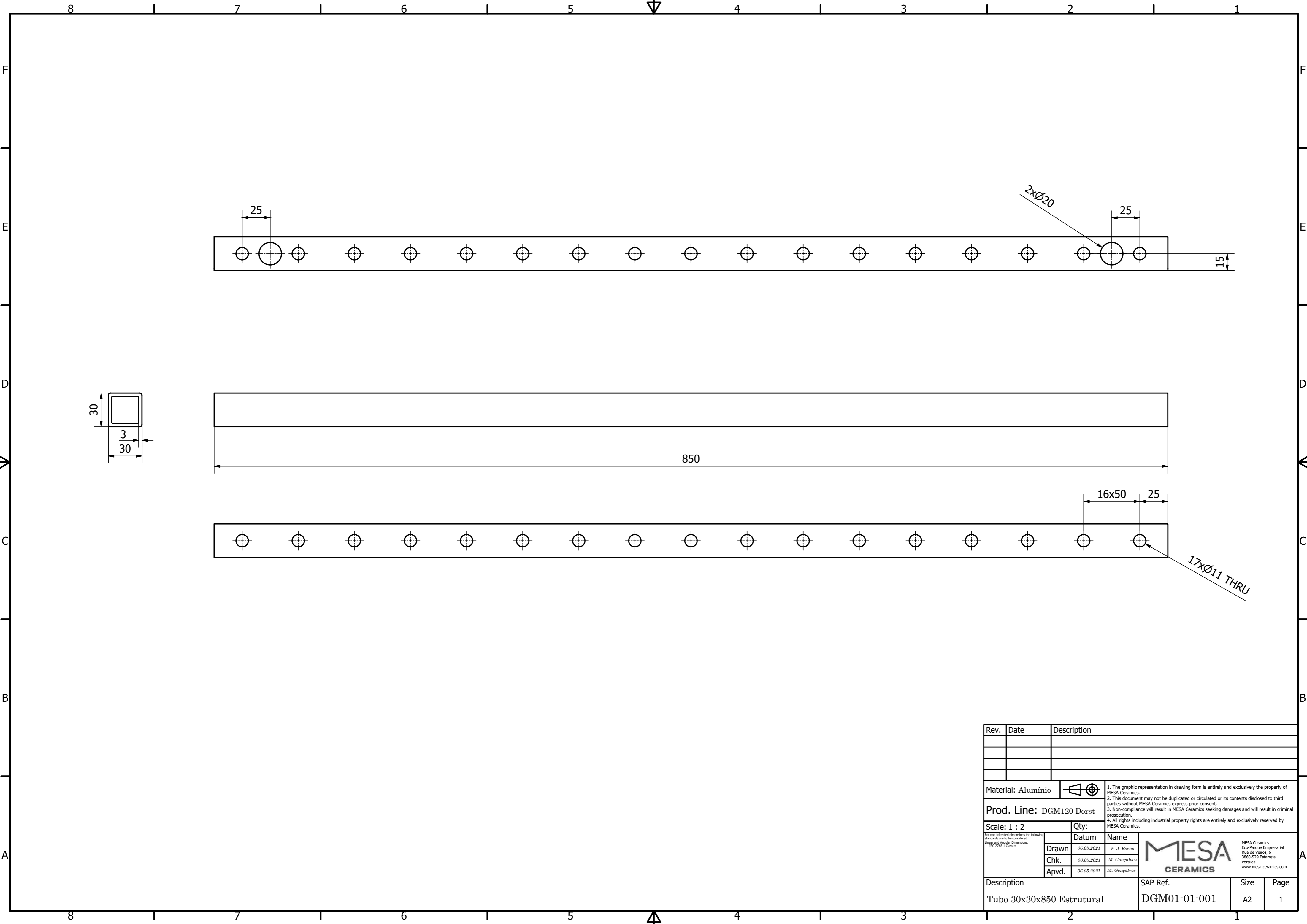


PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	DGM01-01-001	Tubo 30x30x850 Estrutural
2	2	DGM01-01-002	Tubo 30x30x850 Complementar
3	1	DGM01-01-003	Tubo 30x30x170 Furado 1x
4	1	DGM01-01-004	Tubo 30x30x170 Furado 4x
5	1	DGM01-01-005	Chapa Ligação
6	1	DGM01-01-006	Peça de aperto
7	4	DGM01-80-001	DIN975-M10-160
8	1	DGM01-80-002	TK-80-T-Tool Changer, Tool-Side

Rev.	Date	Description

Material: Alumínio				1. The graphic representation in drawing form is entirely and exclusively the property of MESA Ceramics. 2. This document may not be duplicated or circulated or its contents disclosed to third parties without MESA Ceramics express prior consent. 3. Non-compliance will result in MESA Ceramics seeking damages and will result in criminal prosecution. 4. All rights including industrial property rights are entirely and exclusively reserved by MESA Ceramics.	
Prod. Line: DGM120 Dorst		Scale: 1 : 4		Qty:	
<small>For non-SI related dimensions the following standards are to be considered: Linear and Angular Dimensions: ISO 22661-1 Class m</small>		Datum	Name		
Drawn	06.05.2021	F. J. Rocha		MESA Ceramics Eco-Parque Empresarial Rua de Velhos, 6 3860-529 Estarreja Portugal www.mesa-ceramics.com	
Chk.	06.05.2021	M. Gonçalves			
Apvd.	06.05.2021	M. Gonçalves			

Description	SAP Ref.	Size	Page
Tool Robot ABB	DGM01-01-900	A2	1



Rev.	Date	Description

Material: Alumínio

Prod. Line: DGM120 Dorst

Scale: 1 : 2

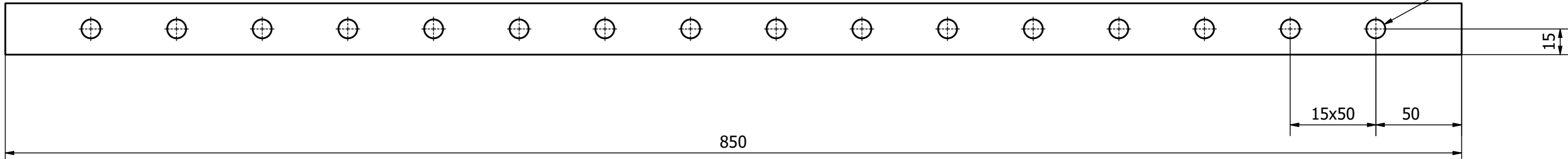
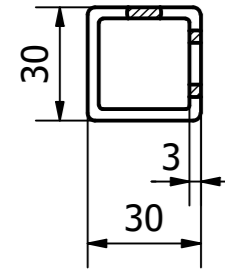
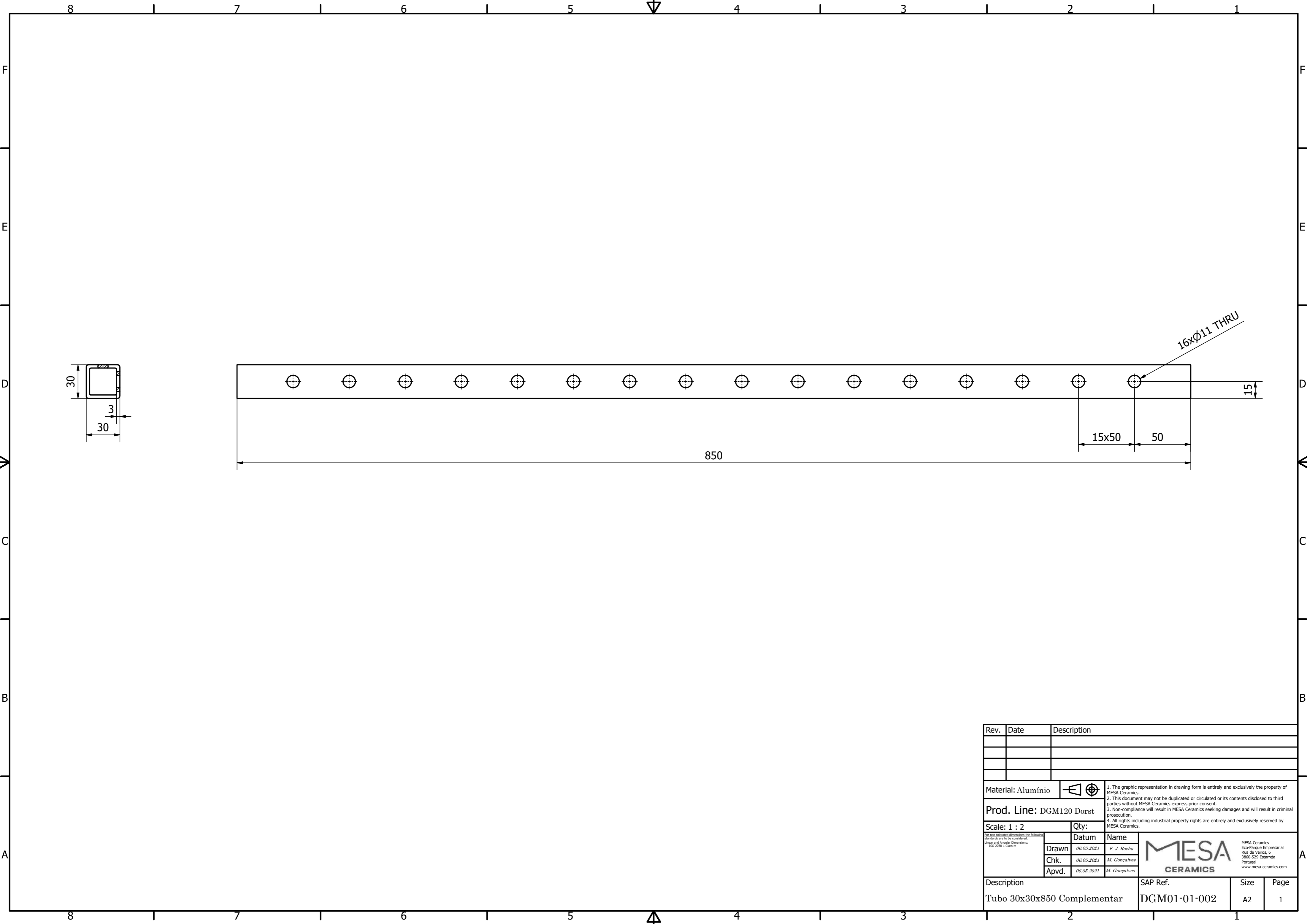
Qty:

Datum	Name
Drawn	06.05.2021 F. J. Rocha
Chk.	06.05.2021 M. Gonçalves
Apvd.	06.05.2021 M. Gonçalves

MESA CERAMICS
 MESA Ceramics
 Eco-Parque Empresarial
 Rua de Velhos, 6
 3860-529 Estarreja
 Portugal
 www.mesa-ceramics.com

Description	SAP Ref.	Size	Page
Tubo 30x30x850 Estrutural	DGM01-01-001	A2	1

1. The graphic representation in drawing form is entirely and exclusively the property of MESA Ceramics.
 2. This document may not be duplicated or circulated or its contents disclosed to third parties without MESA Ceramics express prior consent.
 3. Non-compliance will result in MESA Ceramics seeking damages and will result in criminal prosecution.
 4. All rights including industrial property rights are entirely and exclusively reserved by MESA Ceramics.



Rev.	Date	Description

Material: Alumínio

Prod. Line: DGM120 Dorst

Scale: 1 : 2

Qty:

Datum	Name
Drawn	06.05.2021 F. J. Rocha
Chk.	06.05.2021 M. Gonçalves
Apvd.	06.05.2021 M. Gonçalves

Description: Tubo 30x30x850 Complementar

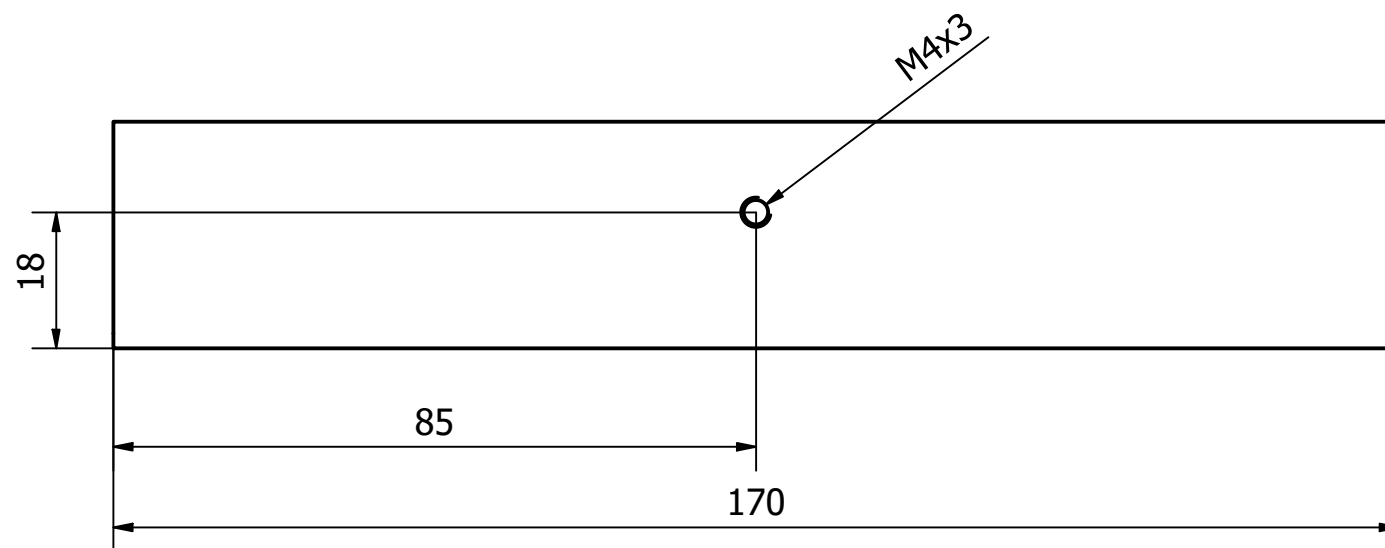
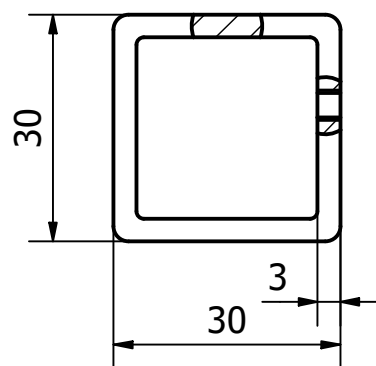
SAP Ref.: DGM01-01-002

Size: A2

Page: 1

MESA CERAMICS

MESA Ceramics
Eco-Parque Empresarial
Rua de Velhos, 6
3860-529 Estarreja
Portugal
www.mesa-ceramics.com



Rev.	Date	Description

Material: Alumínio



1. The graphic representation in drawing form is entirely and exclusively the property of MESA Ceramics.
2. This document may not be duplicated or circulated or its contents disclosed to third parties without MESA Ceramics express prior consent.
3. Non-compliance will result in MESA Ceramics seeking damages and will result in criminal prosecution.
4. All rights including industrial property rights are entirely and exclusively reserved by MESA Ceramics.

Prod. Line: DGM120 Dorst

Scale: 1 : 1

Qty:

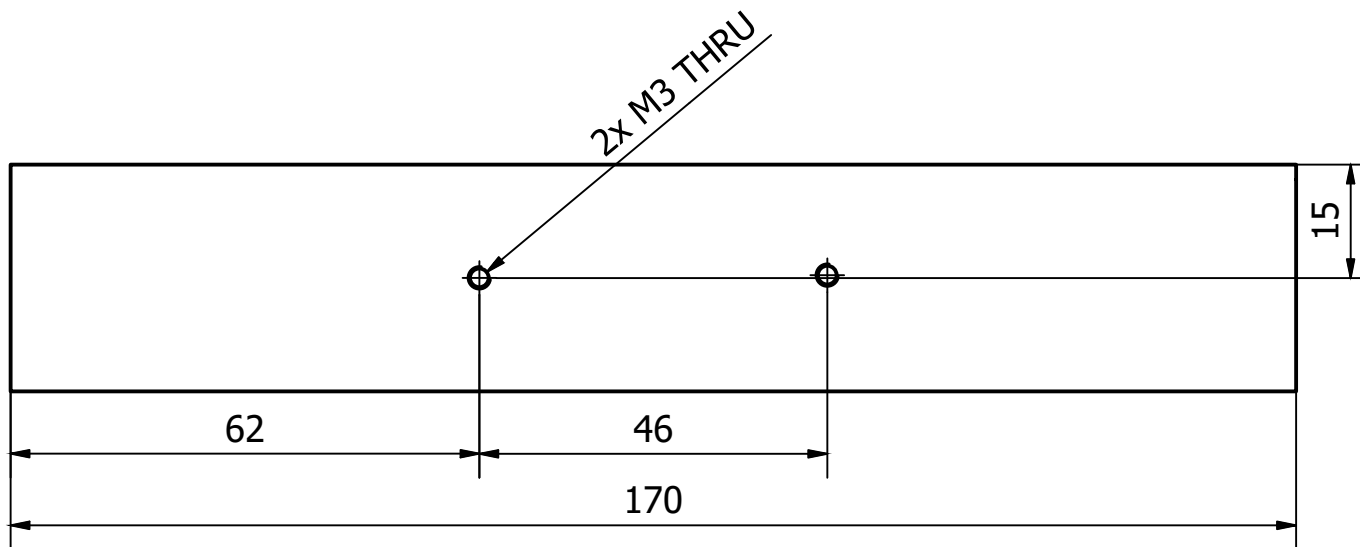
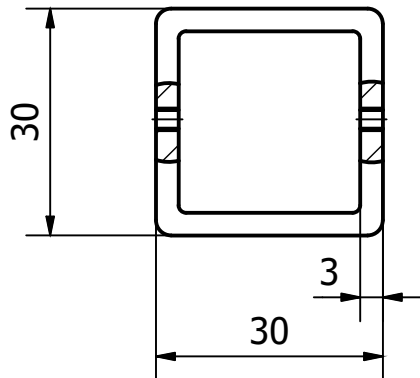
For non-tolerated dimensions the following standards are to be considered:
Linear and Angular Dimensions:
ISO 2768-1 Class m

	Datum	Name
Drawn	06.05.2021	F. J. Rocha
Chk.	06.05.2021	M. Gonçalves
Apvd.	06.05.2021	M. Gonçalves



MESA Ceramics
Eco-Parque Empresarial
Rua de Veiros, 6
3860-529 Estarreja
Portugal
www.mesa-ceramics.com

Description	SAP Ref.	Size	Page
Tubo 30x30x170 Furado 1x	DGM01-01-003	A3	1



Rev.	Date	Description

Material: Alumínio



1. The graphic representation in drawing form is entirely and exclusively the property of MESA Ceramics.
2. This document may not be duplicated or circulated or its contents disclosed to third parties without MESA Ceramics express prior consent.
3. Non-compliance will result in MESA Ceramics seeking damages and will result in criminal prosecution.
4. All rights including industrial property rights are entirely and exclusively reserved by MESA Ceramics.

Prod. Line: DGM120 Dorst

Scale: 1 : 1

Qty:

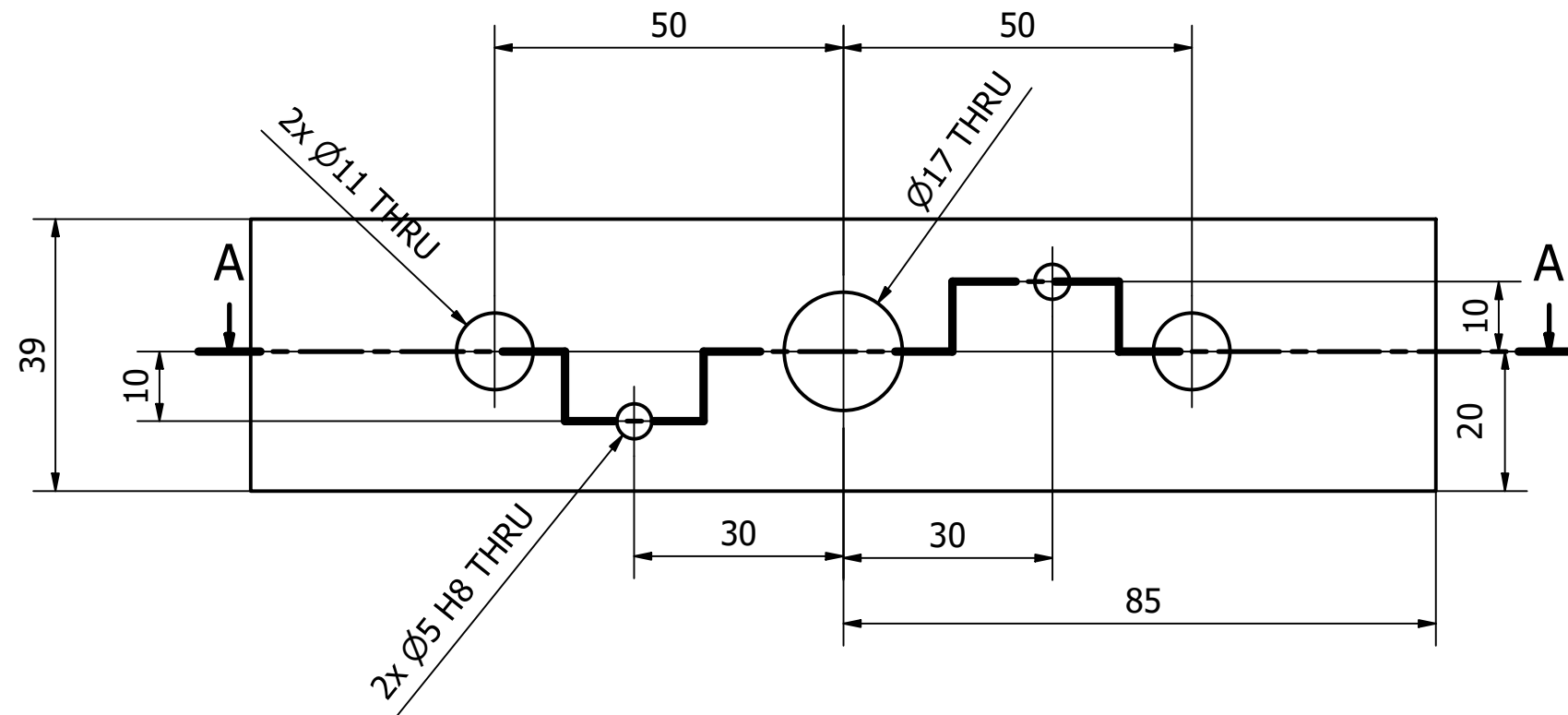
For non-tolerated dimensions the following standards are to be considered:
Linear and Angular Dimensions:
ISO 2768-1 Class m

	Datum	Name
Drawn	06.05.2021	F. J. Rocha
Chk.	06.05.2021	M. Gonçalves
Apvd.	06.05.2021	M. Gonçalves

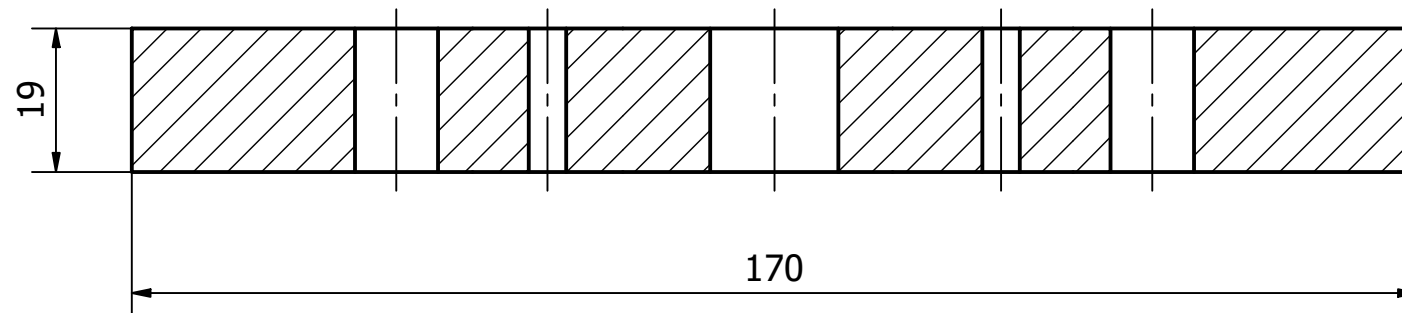


MESA Ceramics
Eco-Parque Empresarial
Rua de Veiros, 6
3860-529 Estarreja
Portugal
www.mesa-ceramics.com

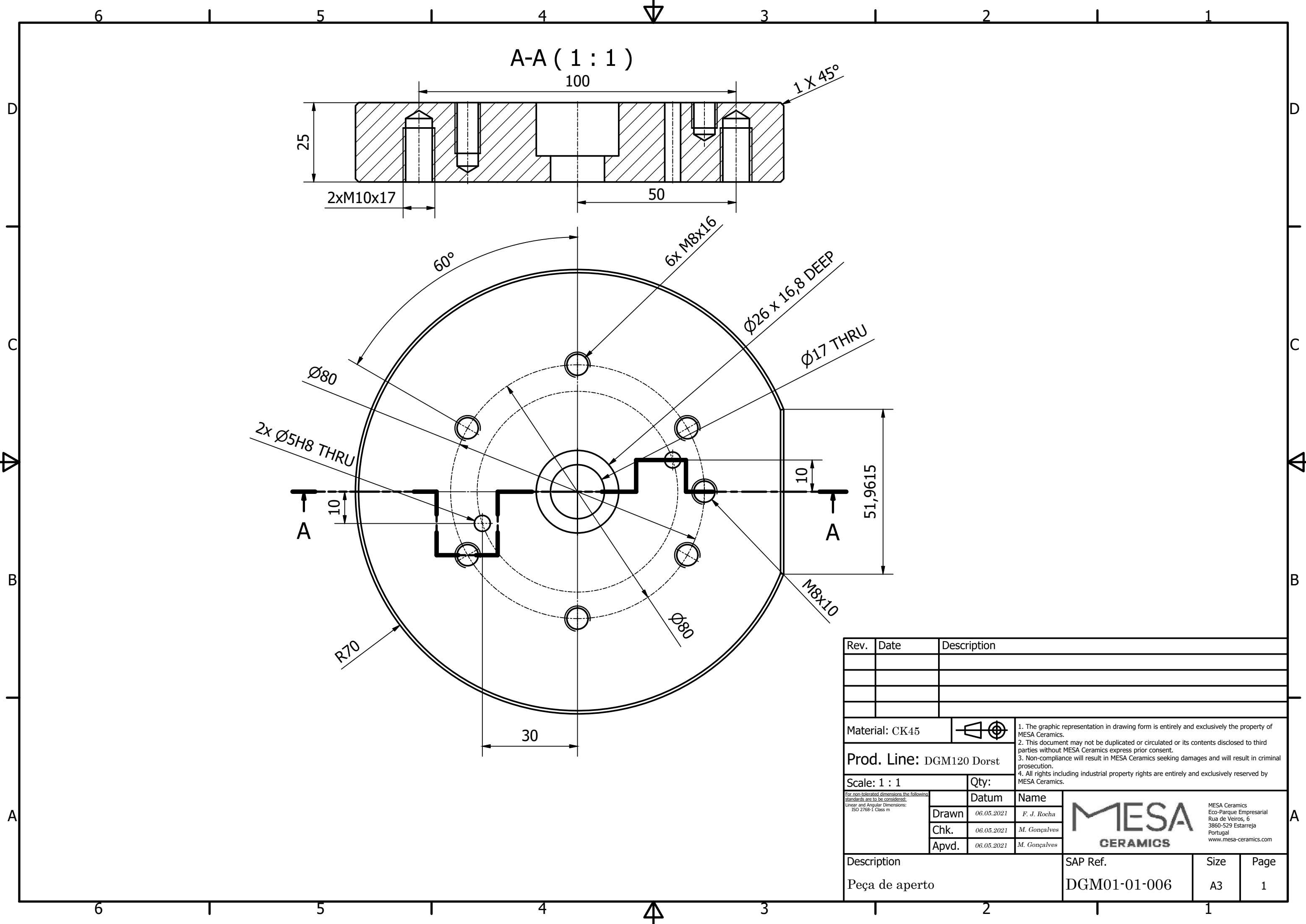
Description	SAP Ref.	Size	Page
Tubo 30x30x170 Furado 4x	DGM01-01-004	A4	1



A-A (1 : 1)



Rev.	Date	Description								
Material: Alumínio										
Prod. Line: DGM120 Dorst		1. The graphic representation in drawing form is entirely and exclusively the property of MESA Ceramics. 2. This document may not be duplicated or circulated or its contents disclosed to third parties without MESA Ceramics express prior consent. 3. Non-compliance will result in MESA Ceramics seeking damages and will result in criminal prosecution. 4. All rights including industrial property rights are entirely and exclusively reserved by MESA Ceramics.								
Scale: 1 : 1		Qty:								
<small>For non-tolerated dimensions the following standards are to be considered: Linear and Angular Dimensions: ISO 2768-1 Class m</small>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Datum</th> <th>Name</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Drawn</td> <td>06.05.2021 F. J. Rocha</td> </tr> <tr> <td>Chk.</td> <td>06.05.2021 M. Gonçalves</td> </tr> <tr> <td>Apvd.</td> <td>06.05.2021 M. Gonçalves</td> </tr> </tbody> </table>	Datum	Name	Drawn	06.05.2021 F. J. Rocha	Chk.	06.05.2021 M. Gonçalves	Apvd.	06.05.2021 M. Gonçalves
Datum	Name									
Drawn	06.05.2021 F. J. Rocha									
Chk.	06.05.2021 M. Gonçalves									
Apvd.	06.05.2021 M. Gonçalves									
Description										
Chapa de ligação		MESA Ceramics Eco-Parque Empresarial Rua de Veiros, 6 3860-529 Estarreja Portugal www.mesa-ceramics.com								
SAP Ref.		Size								
DGM01-01-005		A3								
Page		1								



Rev.	Date	Description

Material: CK45

Prod. Line: DGM120 Dorst

Scale: 1 : 1 Qty:

For non-tolerated dimensions the following standards are to be considered:
Linear and Angular Dimensions:
ISO 2768-1 Class m

Datum	Name
Drawn	06.05.2021 F. J. Rocha
Chk.	06.05.2021 M. Gonçalves
Apvd.	06.05.2021 M. Gonçalves

MESA CERAMICS

MESA Ceramics
Eco-Parque Empresarial
Rua de Veiros, 6
3860-529 Estarreja
Portugal
www.mesa-ceramics.com

Description	SAP Ref.	Size	Page
Peça de aperto	DGM01-01-006	A3	1

Anexo X

Orçamento para a Produção dos *Frames* Projetados para o Equipamento de Enchimento Sob Pressão



Rua dos Vales Grandes, n.º 8
Angeja
3850-427 Angeja
Telefone: 234 914 900
Fax: 234 914 901
NIF: 505 485 397
Capital Social: 150.000 EUR
Matricula na C.R.C. de Aveiro N.º 5166

Exmo(s) Sr(s)

Mesacer Ceramics, Lda

Rua de Veiros, 6 Eco-Parque Empresarial de Estarreja
Estarreja
3860-529 Estarreja

N.º Cliente: 296	V/ NIF: 513686967	V/ Ref.º:	Expedição:	Vendedor:
Moeda: EUR	Câmbio: 1.00	Cond. Pagamento: PAG. A 30 DIAS	Data Vencimento: 2021-07-04	Forma de Pagamento:

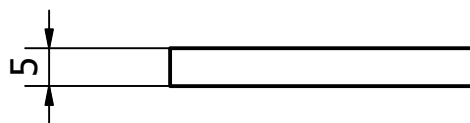
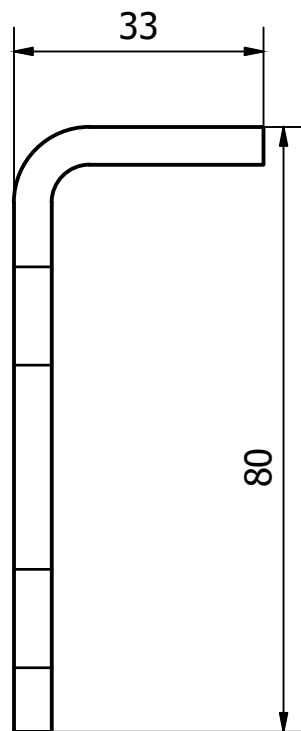
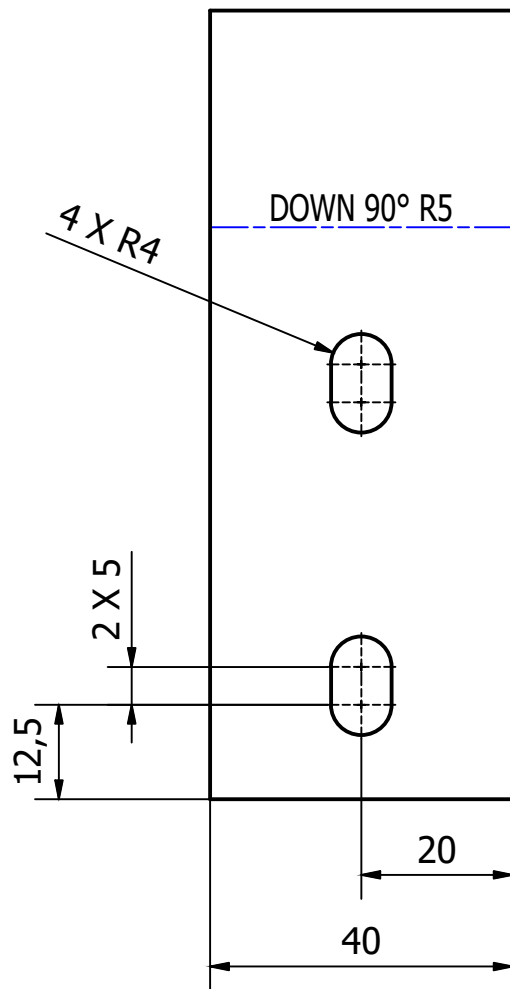
N.º Enc	Referência	Descrição	Quantidade	Un	Preço	% Desconto	%IVA	Total
	Ex	Executar ferramenta suporte Robot/Dorst, estrutura em alumínio 30x30x1mm	1.00	Un	770.30	0.00	23.00	770.30
	Ex	Executar ferramenta suporte Robot/Dorst, estrutura em inox 30x30x1mm	1.00	Un	890.78	0.00	23.00	890.78

Prazo de Entrega: 0 dias, Validade do Orçamento: 2021-06-04

Incidência	Taxa (%)	Imposto	Local de Carga	Sub-Total:	1,661.08
1,661.08	23.00	382.05	Nossas Instalações	Total EcoReee:	0.00
			Data Carga: 04-06-2021 Hora Carga: 09:55 Matrícula:	Valor Iliquido:	1,661.08
			Local de Descarga	Desconto Final:	0.00 %
			Rua de Veiros, 6 Eco-Parque Empresarial de Estarreja	Portes:	0.00
			Estarreja	Total Parcial:	1,661.08
			3860-529 Estarreja	Total IVA:	382.05
			Data Descarga: 04-06-2021	Total Documento em EUR:	2,043.13
Observações					
Informações Adicionais					

Anexo Y

Desenho do Componente em “L”



Rev.	Date	Description

Material: AISI 304



1. The graphic representation in drawing form is entirely and exclusively the property of MESA Ceramics.
2. This document may not be duplicated or circulated or its contents disclosed to third parties without MESA Ceramics express prior consent.
3. Non-compliance will result in MESA Ceramics seeking damages and will result in criminal prosecution.
4. All rights including industrial property rights are entirely and exclusively reserved by MESA Ceramics.

Prod. Line: Cabines Vid

Scale: 1 : 1

Qty:

For non-tolerated dimensions the following standards are to be considered:
Linear and Angular Dimensions:
ISO 2768-1 Class m

	Datum	Name
Drawn	05.04.2021	André Rafeiro David Melo
Chk.	05.04.2021	F. J. Rocha
Apvd.		

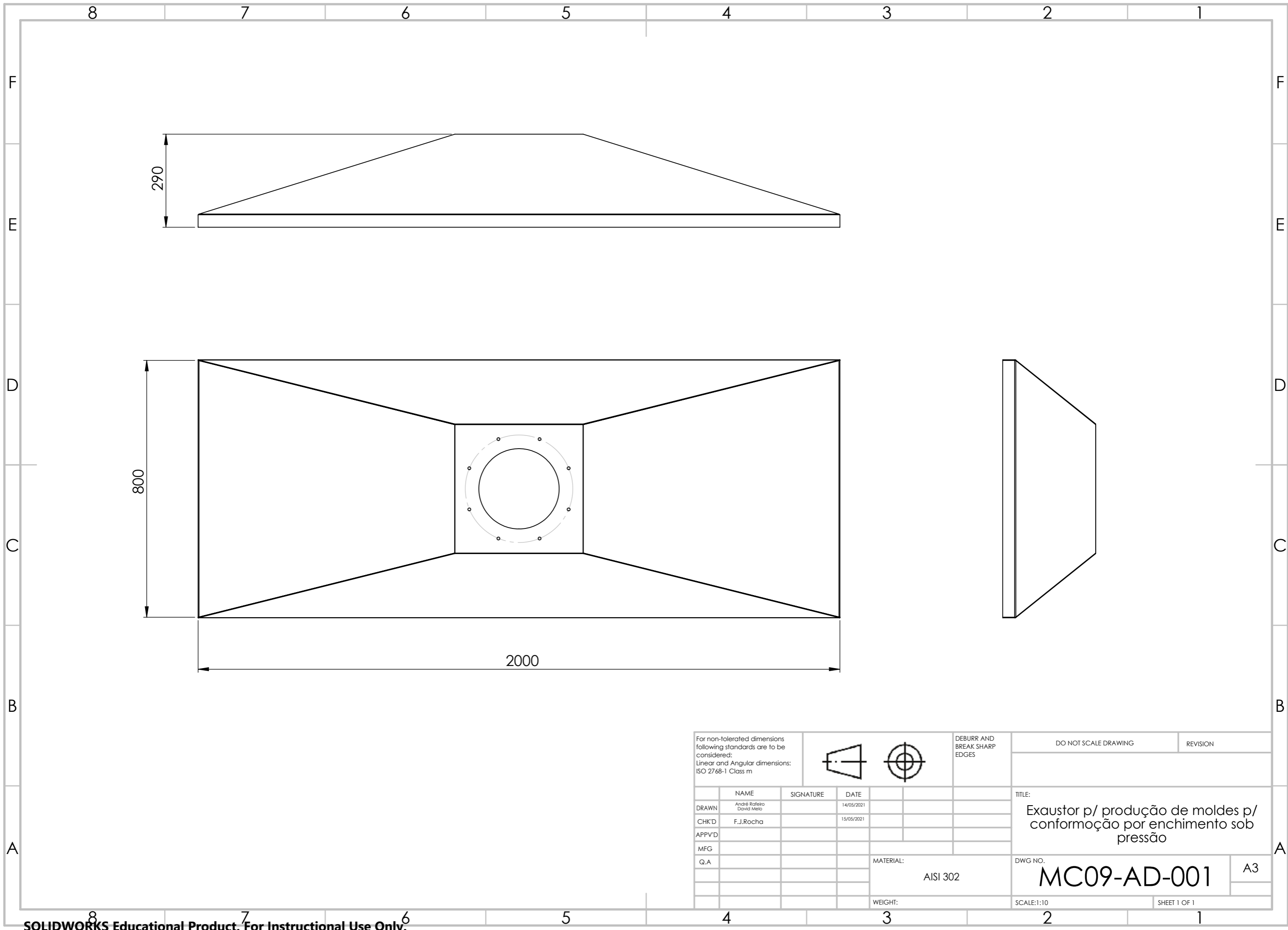
MESA
CERAMICS

MESA Ceramics
Eco-Parque Empresarial
Rua de Veiros, 6
3860-529 Estarreja
Portugal
www.mesa-ceramics.com

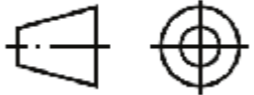
Description	SAP Ref.	Size	Page
Suporte de Fixação de Jatos de Vidro p/ Cabine de Vidragem	MC02-01-001	A4	1

Anexo Z

Desenhos dos Componentes Projetados para o Exaustor para Fabricação de Moldes para Conformação por Enchimento Sob Pressão



For non-tolerated dimensions following standards are to be considered:
 Linear and Angular dimensions: ISO 2768-1 Class m



DEBURR AND BREAK SHARP EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	André Rafaelo David Melo		14/05/2021
CHK'D	F.J.Rocha		15/05/2021
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:
 Exaustor p/ produção de moldes p/ conformação por enchimento sob pressão

MATERIAL:
 AISI 302

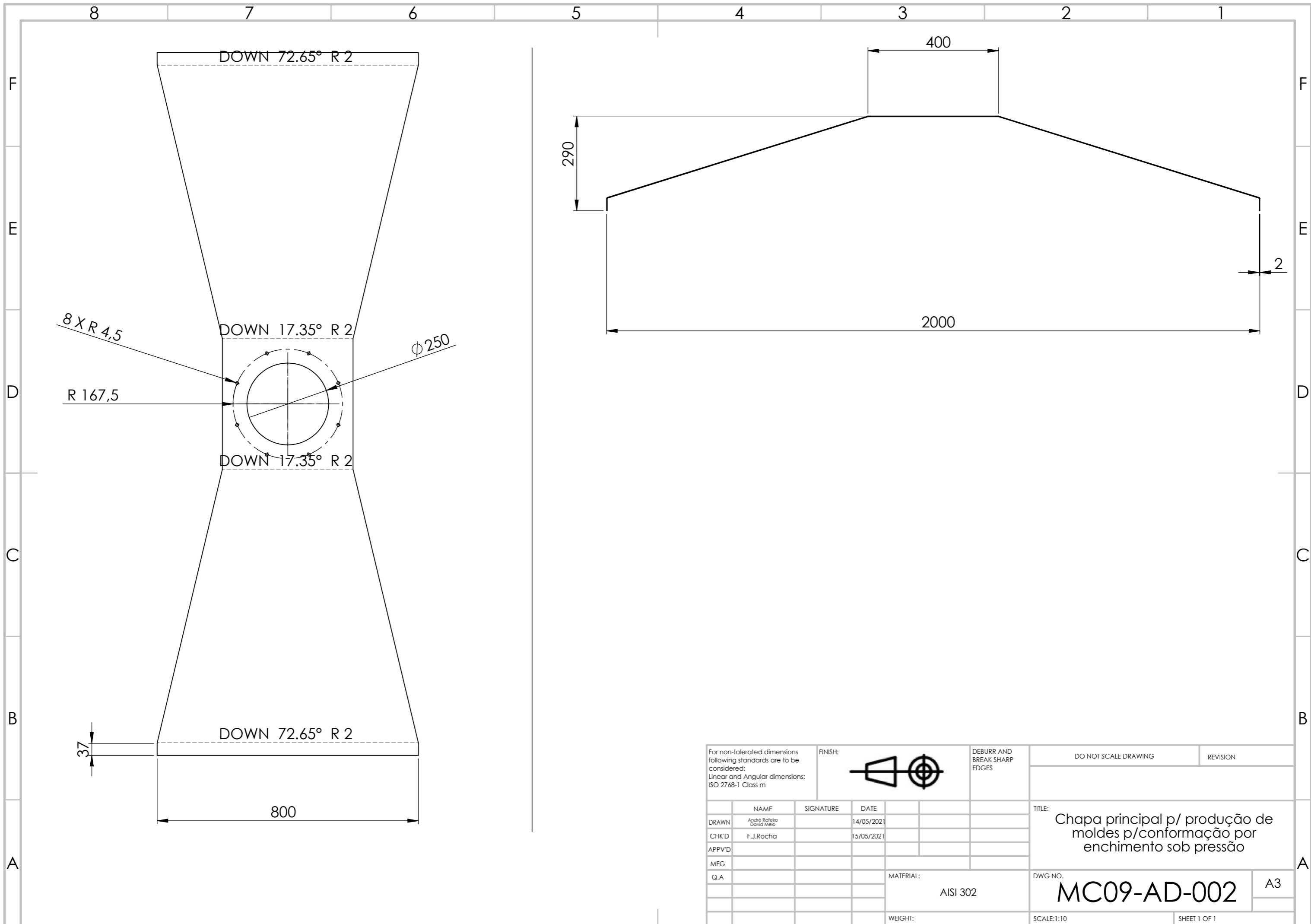
DWG NO.
MC09-AD-001

A3

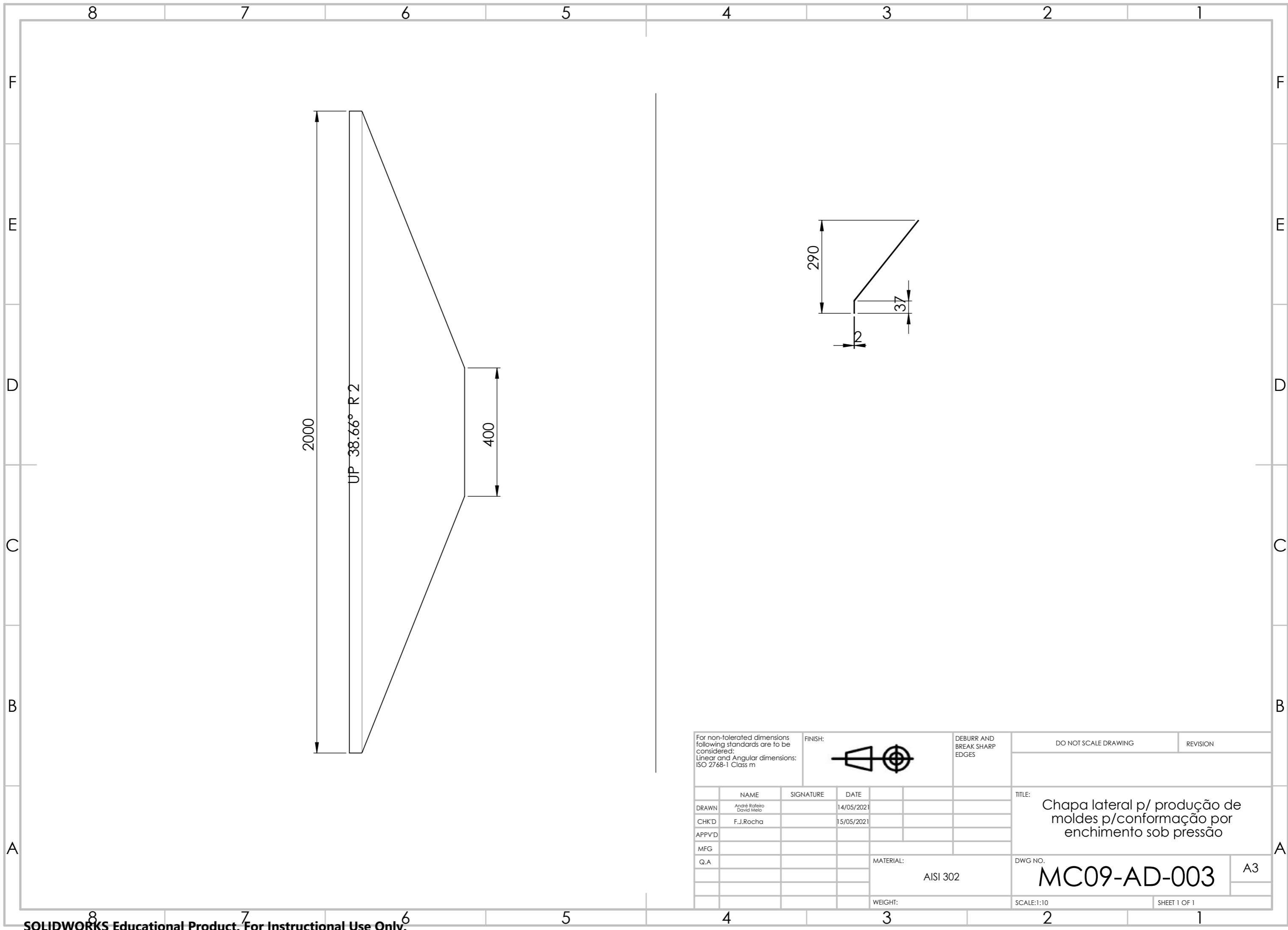
WEIGHT:

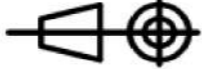
SCALE:1:10

SHEET 1 OF 1



For non-tolerated dimensions following standards are to be considered: Linear and Angular dimensions: ISO 2768-1 Class m				FINISH: 		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
								TITLE: Chapa principal p/ produção de moldes p/conformação por enchimento sob pressão			
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE		MATERIAL:		DWG NO.	
CHK'D		F.J.Rocha				15/05/2021		AISI 302		MC09-AD-002	
APPV'D										A3	
MFG											
Q.A								WEIGHT:		SCALE:1:10	
										SHEET 1 OF 1	



For non-tolerated dimensions following standards are to be considered: Linear and Angular dimensions: ISO 2768-1 Class m				FINISH: 		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION			
								TITLE: Chapa lateral p/ produção de moldes p/conformação por enchimento sob pressão					
DRAWN		André Rafaelo David Melo		SIGNATURE		DATE						14/05/2021	
CHK'D		F.J.Rocha		SIGNATURE		DATE						15/05/2021	
APPV'D				SIGNATURE		DATE							
MFG				SIGNATURE		DATE							
Q.A				SIGNATURE		DATE							
								MATERIAL:		AISI 302			
								WEIGHT:					
								DWG NO.		MC09-AD-003			
								SCALE:1:10		SHEET 1 OF 1			
										A3			