



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Mariana Martins Beltrão

Desenvolvimento de Peça Decorativa para a Indústria Domótica

Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia de Polímeros

Trabalho efetuado sob orientação de:

Professor Fernando Duarte

Engenheiro Normando Freitas

Outubro 2018

DECLARAÇÃO

Nome: Mariana Martins Beltrão

Endereço eletrónico: a70043@alunos.uminho.pt

Telefone: 916841708

Bilhete de Identidade/Cartão do Cidadão: 14238664

Título da dissertação: Desenvolvimento de Peça Decorativa para a Indústria Domótica

Orientadores:

Professor Doutor Fernando Moura Duarte

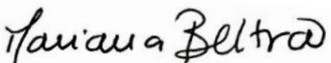
Engenheiro Normando Freitas

Ano de conclusão: 2018

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia de Polímeros

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

Universidade do Minho, 23/11/2018

Assinatura: 

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação de mestrado contou com incentivos essenciais. Aos quais, estarei eternamente agradecida. Os méritos que ela possa ter, devem-se aos contributos das pessoas que me proporcionaram apoios de diferentes formas.

Em primeiro lugar, aos meus pais, por me transmitirem valores como o trabalho árduo, a dedicação e perseverança. Por acreditarem e incentivarem, incondicionalmente, todos os meus objetivos definidos.

À *Fehst* Componentes, por me proporcionar a oportunidade de executar a tese de mestrado na sua instituição, que deu início ao meu crescimento a nível profissional. Ao meu orientador, Engenheiro Normando Freitas, pela orientação e supervisão durante o meu percurso na empresa. À Engenheira Ana Maria e Abílio Mota pelo constante apoio, conselhos e dedicação no decorrer do projeto.

Ao meu orientador da Universidade do Minho, Professor Fernando Moura Duarte, pelo importante auxílio prestado durante a realização da dissertação.

Ao meu namorado, Leonardo, pelo apoio incondicional, motivação e ajuda constante.

Por último, mas não menos importante, à Marta, Rita, Sofia e Filipa e ao meu irmão por me acompanharem em mais uma etapa da minha vida e nunca duvidarem das minhas capacidades de alcançar todos os meus objetivos.

Expresso assim, a todos, a minha mais profunda gratidão.

Obrigada!

RESUMO

O termo **domótica**, resultante da junção das palavras *domus* (casa) e robótica, remete à automatização habitacional. Sistemas tecnológicos implementados no sistema imobiliário mundial, criados e aperfeiçoados desde os anos 80, foram gradualmente aumentando o conforto geral diário.

Este projeto, desenvolvido na *Fehst* Componentes, no âmbito da Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia de Polímeros, consiste no desenvolvimento de uma peça domótica para montagem com vidro. Esta Dissertação foca-se na criação de uma nova peça desenvolvida pela *Only Smart Home*, a incluir no sistema habitacional e que procura englobar a funcionalidade pretendida com a elegância visual e a inovação característica da fundação. O controlo eletrónico habitacional é uma realidade cada vez mais desenvolvida e disponível para implementação. No seguimento deste conceito, o grupo *Enancer Electrónica S.A.*, instituidora de produtos que conjugam a qualidade funcional com a inovação e privacidade, desenvolveu um dispositivo *touch* com painel de vidro, para controlo de funcionalidades sem necessidade de aumento do número de comandos. Este dispositivo é constituído por um painel frontal de vidro, uma *frame* envolvente e, um equipamento eletrónico traseiro. A peça estudada neste projeto será a *frame* que envolve o painel frontal em vidro e possibilita a integração das três partes. A *frame* foi idealizada para ser concebida através do processo de moldação por injeção e, posteriormente, revestida através de dois processos, a pintura e a cromagem.

Deste modo, terá que dispor de propriedades específicas para a sua finalidade, sendo importante a escolha do material a injetar. O material utilizado foi o Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno (ABS) que, apresenta como principais propriedades a resistência térmica, elétrica e mecânica, dureza e boa aparência visual e, essencialmente, trata-se de um polímero compatível com o revestimento metálico a aplicar.

A primeira etapa do projeto consistiu no desenvolvimento da cavidade da peça e escolha do material mais adequado à finalidade pretendida para o produto. A segunda etapa do projeto caracterizou-se por todo o estudo efetuado para a produção da peça (injeção, pintura e cromagem) no qual são definidos todos os parâmetros dos processos, bem como a influência nas características do produto final. Após serem sujeitas a todos os processos, as peças foram alvo de ensaios para melhor entendimento do seu comportamento.

Em suma, foi possível concluir que todas as etapas envolventes da produção da peça estão diretamente relacionadas entre si, desde o processo de injeção até ao revestimento da peça.

Palavras-chave: Domótica, Injeção, Pintura, Cromagem

ABSTRACT

The term **home automation**, derived by the coupling of the words *domus* (house) and robotics, refers to the residential automation. Technological systems implemented in the world's real estate system, created and perfected since the 80's, were gradually increasing the overall daily comfort.

This project, developed in Fehst Componentes, in the framework of the dissertation of master in Polymer Engineering, consists in developing a piece for home automation to assemble with glass. This dissertation focuses on the creation of a new piece developed by Only Smart Home, to add in the housing system and which seeks to encompass the intended functionality with the visual elegance and innovation characteristic of the foundation. The electronic housing control is a reality more and more developed and available for implementation. In the sense of this concept, the Enancer Electronic S.A. group, that establishes electronic products that combine functional quality with innovation and privacy, designed the creation of a touch device with glass panel, for control of functionality without having to increase the number of commands. This device consists of a glass front panel, a surrounding frame and, a rear electronic equipment. The piece studied in this project will be the frame that surrounds the front panel and allows the fitting between the three parts. The frame was designed to be conceived through the injection moulding process and, subsequently, covered by two processes, painting and chrome plating.

In this way, the piece must have specific properties for the purpose, being important to choose the right material to inject. The material used was the polymer Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS), which presents as key properties thermal resistance, electrical and mechanical, hardness and good visual appearance and, essentially, it is a compatible polymer with metal coating to be applied.

The first stage of the project consisted in the development of the cavity and selection of the material more suitable for the intended purpose for the product. The second stage of the project was characterized by all study on the production of the frame (injection, painting and chrome plating) in which all the parameters of the processes are defined, as well as the influence on the characteristics of the final product. After being subject to all the processes, the pieces were tested for a better understanding of their behavior.

In short, it was possible to conclude that all the steps involving the production of the frame are directly related to each other, since the injection process to the coating of the piece.

Keywords: Domotic, Injection, Painting, Chrome Plating

ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO	1
1.1. FEHST COMPONENTES, LDA	1
1.2. ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO	3
1.3. OBJETIVOS	5
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	5
CAPÍTULO II. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	7
2.1. MOLDAÇÃO POR INJEÇÃO	7
I. CICLO DE MOLDAÇÃO POR INJEÇÃO	8
II. VARIÁVEIS CICLO DE MOLDAÇÃO POR INJEÇÃO	8
III. DEFEITOS CARACTERÍSTICOS PROCESSO DE INJEÇÃO	9
2.2. MOLDE PARA INJEÇÃO DE PLÁSTICOS	11
2.3. MATERIAL	11
2.4. TRATAMENTOS SUPERFICIAIS	12
2.4.1. PINTURA EM PLÁSTICOS	12
2.4.2. CROMAGEM EM PLÁSTICOS	16
I. MATERIAIS ENVOLVIDOS NO PROCESSO	17
II. ETAPAS DO PROCESSO	17
CAPÍTULO III. PROJETO DA CAVIDADE	22
3.1. PEÇA EM ESTUDO	22
3.2. DESENVOLVIMENTO DA CAVIDADE	22
CAPÍTULO IV. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	29
4.1. MATERIAL	29
4.2. PROCESSAMENTO – PINTURA	29
4.3. PROCESSAMENTO – CROMAGEM	31
4.4. ENSAIOS REALIZADOS	33
CAPÍTULO V. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	46
5.1. ENSAIOS REALIZADOS	46
CAPÍTULO VI. CONCLUSÃO	61
Anexo I – Ficha de Parâmetros do Processo	66
Anexo II – Ficha de Parâmetros do Processo	68
Anexo III – Ficha Técnica do Material utilizado	70
Anexo IV – Tabela com valores obtidos da medição das cotas	71
Anexo V – Instruções de Trabalho para o ensaio de Medição de Textura	72

<i>Anexo VI – Instruções para a realização do teste de avaliação de tensões internas.....</i>	<i>73</i>
<i>Anexo VII – Instruções de trabalho do ensaio da Câmara Climática</i>	<i>74</i>
<i>Anexo VIII – Parâmetros da Pintura UV.....</i>	<i>76</i>
<i>Anexo IX – Instruções de trabalho do Cross Test - Teste de Aderência</i>	<i>77</i>
<i>Anexo X – Instruções de Trabalho do Ensaio de Medição do Brilho</i>	<i>79</i>
<i>Anexo XI – Instruções de Trabalho do Ensaio para Medição a Resistência ao Risco</i>	<i>80</i>
<i>Anexo XII – Instruções de Trabalho do Ensaio para Medição das Espessuras das Camadas do Revestimento Metálico</i>	<i>81</i>
<i>Anexo XIII – Instruções de Trabalho do Cass Test.....</i>	<i>84</i>
<i>Anexo XIV – Instruções de Trabalho</i>	<i>86</i>
<i>Anexo XIV – Dimensões da peça existente em produção na empresa</i>	<i>87</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Logótipos das empresas constituintes do Grupo Fehst.....	1
Figura 2 - Empresa Fehst Componentes, Lda. (Fehst, 2017)	1
Figura 3 - Esquema Ilustrativo da Linha Cronológica da empresa Fehst.....	2
Figura 4 – Logótipos dos principais clientes da Indústria Automóvel.....	2
Figura 5 - (a) Painel existente totalmente em plástico;	3
Figura 6 - Desenho técnico da peça a desenvolver durante o projeto	4
Figura 7 - Frame a desenvolver para aplicação de painel touch de vidro	4
Figura 8 - Demonstração das diferentes partes do conjunto que irá integrar a frame	4
Figura 9 – Máquina de moldação por injeção - ENGEL.....	7
Figura 10 - Molde da peça em estudo	11
Figura 11 - Máquina VejaKob utilizada para a pintura automática com cura convencional	14
Figura 12 – Máquina utilizada para Pintura UV (Fehst, 2017)	15
Figura 13 – Depósitos dos banhos constituintes do processo de Metalização	17
Figura 14 - Sequência ilustrativa do Processo de Metalização	18
Figura 15 - Exemplos dos conjuntos que a frame irá compor juntamente com	22
Figura 16 – Desenho em software Solidworks da peça em estudo (a) parte frontal da peça; (b) parte traseira da peça.....	23
Figura 17 – Cavidade moldante constituinte do postigo da peça em estudo (a) Desenho da cavidade em Solidworks; (b) Postigo da Cavidade	23
Figura 18 - Molde (parte móvel e parte fixa) da frame a desenvolver	24
Figura 19 - Ilustração da direção do enchimento do material durante o processo de injeção	24
Figura 20 – Identificação do mau acabamento superficial na cavidade desenvolvida.....	25
Figura 21 – Demonstração dos defeitos observados nas peças consequentes do primeiro ensaio de Injeção	26
Figura 22 - Representação na frame das correções aplicadas na cavidade desenvolvida	26
Figura 23 – Representação na frame das correções aplicadas na cavidade desenvolvida.....	27
Figura 24 – Medidas gerais das novas medidas da peça em estudo.....	27
Figura 25 – Defeitos observados nas peças Injetadas após ajustes na cavidade desenvolvida ...	28
Figura 26 –Disposição das peças nos tabuleiros para o processo de Pintura	30
Figura 27 – Peças resultantes do processo de pintura convencional	30
Figura 28 - Frame após revestimento de tinta com aplicação de camada top coat.....	31
Figura 29 – Disposição das peças no rack para consequente processo de metalização	31
Figura 30 – Ilustração das fases do processo de metalização.....	32
Figura 31 – Peças com tinta não condutora para consequente metalização	32
Figura 32 - Identificação dos pontos para medição das cotas da frame	33
Figura 33 - Identificação dos lados e pontos analisados no ensaio de medição da textura da peça	34
Figura 34 - Ilustração dos passos executados durante o ensaio para medição das tensões residuais.....	35
Figura 35 - Ilustração dos pontos onde a carga é aplicada na amostra durante o ensaio de flexão a três pontos (Ruchert, s.d.).....	36
Figura 36 - Ilustração da divisão da peça para posterior análise no ensaio de flexão em três pontos	36
Figura 37 - Ilustração da divisão da frame para proceder ao cálculo da massa na balança analítica eletrónica	37
Figura 38 - Demonstração da medição da espessura do revestimento de tinta numa placa de material ferroso	39

Figura 39 - Identificação das zonas da peça onde se efetuou o Cross Test.....	39
Figura 40 - Ilustração do procedimento do ensaio de adesão da tinta.....	40
Figura 41 – Demonstração como se executa o teste de adesão ao revestimento metálico aplicado nas peças.....	40
Figura 42 - Identificação das zonas da peça onde se efetuou o ensaio de resistência ao risco ...	41
Figura 43 - Aparelho para medição do brilho do revestimento de tinta (Instruments, s.d.).....	42
Figura 44 - Identificação dos pontos onde se efetuou a medição do brilho da tinta	42
Figura 45 - Demonstração medição do brilho da tinta das peças pintadas.....	42
Figura 46 – Ilustração do ponto selecionado na peça para proceder à medição das espessuras das Camadas do Revestimento	43
Figura 47 - Zona da peça observada em microscópico da amostra da peça injetada e da peça injetada após imersão no ácido acético	44
Figura 48 - Ilustração da zona da peça selecionada para estudo através da microscopia ótica por reflexão.....	44
Figura 49 - Equipamento utilizado para o Teste de Corrosão – Cass Test.....	45
Figura 50 - Peças resultantes do Ensaio de Medição das Tensões Residuais	48
Figura 51 – Gráfico da média e desvio padrão dos valores da Carga Máxima obtidos no ensaio de Flexão em três pontos	49
Figura 52 - Peças resultantes do Teste de Hidrólise durante 72 horas	52
Figura 53 – Peças resultantes do teste de Hidrólise durante 24 horas.....	53
Figura 54 – Peças resultantes do teste de Hidrólise durante 72 horas.....	53
Figura 55 – Demonstração como se executa o teste de adesão ao revestimento metálico aplicado nas peças.....	56
Figura 56 - Resultado da observação das peças através da microscopia ótica por reflexão.....	57
Figura 57 – Imagem microscópica das camadas de revestimento cromado da zona da peça selecionada	59
Figura 58 – Peça resultante do Cass Test.....	60
Figura 59 - Frame desenvolvida emparelhada no conjunto final	61

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros do Processo de Pintura Convencional	30
Tabela 2 - Valores obtidos da medição das cotas da Amostragem de 10 peças.....	46
Tabela 3 – Média dos resultados obtidos após a medição da textura na peça - Lados.....	47
Tabela 4 – Média dos resultados obtidos após a medição da textura na peça - Base.....	47
Tabela 5 - Média e Desvio Padrão dos resultados obtidos do ensaio do cálculo da densidade ..	51
Tabela 6 - Resultados Ensaio Ciclo Térmico 72h	52
Tabela 7 - Resultados Ensaio Teste Hidrólise durante 24h e 72h	53
Tabela 8 – Média dos resultados da medição do brilho nas peças pintadas.....	54
Tabela 9 - Resultados obtidos após Teste de Aderência em peças pintadas	55
Tabela 10 - Resultados obtidos após ensaio de Resistência ao Risco em peças pintadas	55
Tabela 11 – Resultados obtidos após Teste de Aderência em peças cromadas.....	56
Tabela 12 – Média dos resultados da medição das Espessuras das Camadas do Revestimento .	58
Tabela 13 - Resultados Ensaio Teste de Corrosão	60

NOMENCLATURA

ABS	-	Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno
Cl ⁻	-	Cloreto
cm ³	-	Centímetros cúbicos
CO ₂	-	Dióxido de Carbono
Cr	-	Crómio
CrO ₃	-	Trióxido de Crómio
Cu ⁺²	-	Cobre
F ⁻	-	Fluoreto
Fe ⁺³	-	Ferro
<i>g</i>	-	Gramas
H ₂ SO ₄	-	Ácido Sulfúrico
kg/m ³	-	Quilograma por metro cúbico
MFI	-	Índice de Fluidez [g/10min]
Ni ⁺²	-	Níquel
NO ₃	-	Nitrato
<i>t_{arref}</i>	-	Tempo de arrefecimento [s]
<i>t_c</i>	-	Tempo de ciclo [s]
<i>t_{ej}</i>	-	Tempo de ejeção [s]
<i>t_f</i>	-	Tempo de fecho [s]
<i>t_{inj}</i>	-	Tempo de injeção [s]
UB	-	Unidades de Brilho
UV	-	Ultravioleta
Zn ⁺²	-	Zinco

CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO

Ao longo do presente Capítulo I é feita uma breve descrição da empresa, Fehst Componentes, onde foi a dissertação e uma introdução teórica de todos os conceitos posteriormente abordados ao longo do relatório.

1.1. FEHST COMPONENTES, LDA

O grupo *Fehst* consiste num grupo familiar com sede em Braga, fundada em maio de 1995, especializada em componentes plásticos para auto-rádios e controlos automóveis, coordena a *Fehst Componentes, Lda.*, *Enancer Eletrónica S.A.* e *Siroco* – Soc. Ind. de Robótica, logótipos de cada representados na Figura 1.

A *Fehst* (Figura 2) fabrica componentes decorativos para o interior automóvel, sendo um fornecedor internacional de peças para a indústria automóvel. A *Enancer* desenvolve e comercializa soluções tecnológicas para *Smart House*. A *Siroco* fornece soluções de automação e robotização para clientes industriais.



Figura 1 - Logótipos das empresas constituintes do Grupo Fehst



Figura 2 - Empresa Fehst Componentes, Lda. (Fehst, 2017)

É uma empresa especializada em:

- ❖ Injeção termoplástico: Máquinas de injeção de um, dois e três componentes.

- ❖ Cromagem: Metalização eletrolítica de peças plásticas com acabamentos brilhante, semi-brilhante e acetinado.
- ❖ Pintura: Processo com tinta de cura UV (monocura) e, convencional à base de solvente, tinta de alto brilho, ou à base de água.
- ❖ Montagem de componentes de forma manual e automática.

A empresa segue a cronologia ilustrada abaixo, na Figura 3:

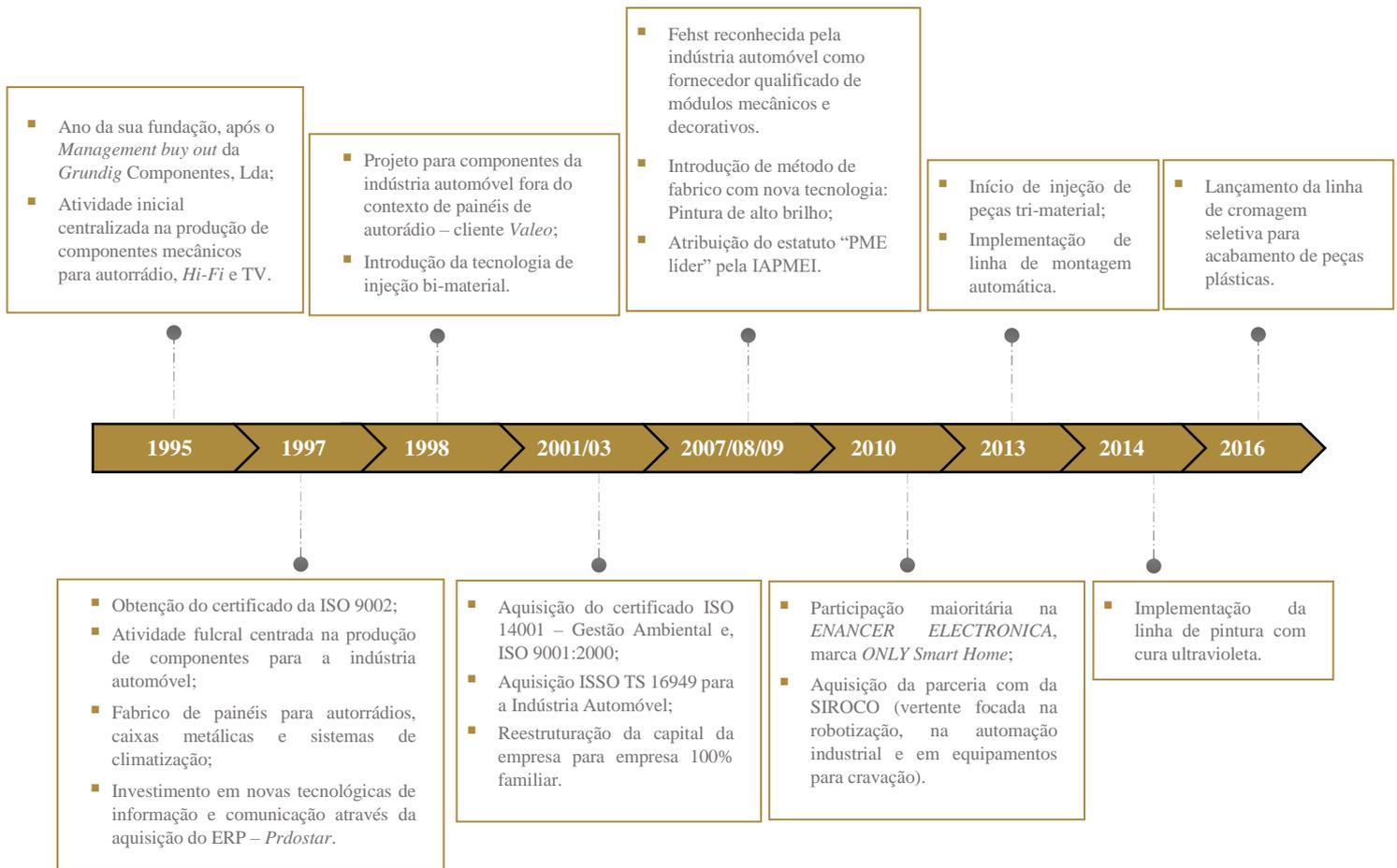


Figura 3 - Esquema Ilustrativo da Linha Cronológica da empresa Fehst

Os principais clientes da indústria automóvel da empresa são a *BMW, Jaguar, Porsche, Mercedes, Audi, Ford, Volkswagen*, entre outros (Figura 4).



Figura 4 – Logótipos dos principais clientes da Indústria Automóvel

1.2. ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO

A presente dissertação foi desenvolvida na empresa *Fehst* Componentes, Lda., localizada em Braga, Portugal. Trata-se de um grupo familiar constituído pela *Fehst* Componentes, Lda., *Siroco* e *Enancer*, vertente esta que desenvolve e comercializa soluções tecnológicas para *Smart Home* sob a marca *ONLY Smart Home*TM.

Smart Home é um termo ambíguo utilizado como referência a todos os sistemas tecnológicos referentes ao controlo, monitorização e automatização de sistemas habitacionais, envolvendo sistemas de segurança, climatização, iluminação, entretenimento e saúde. O mercado europeu para os sistemas envolventes da *Smart Home* ainda está em fase inicial em comparação com a América do Norte. (Svanberg, s.d.) Através do relatório realizado por *Svanberg* e *Johan*, a quantidade de habitações europeias em adaptação à tecnologia *Smart Home* está a crescer de forma significativa, havendo previsão de um aumento de implementação nos próximos 5 anos.

A peça fundamental deste projeto é baseada numa outra já desenvolvida pela *Enancer*, apresentadas na Figura 5, sendo o principal objetivo da sua conceção a finalidade de montagem com um painel de vidro, para melhorar o aspeto visual do produto final.

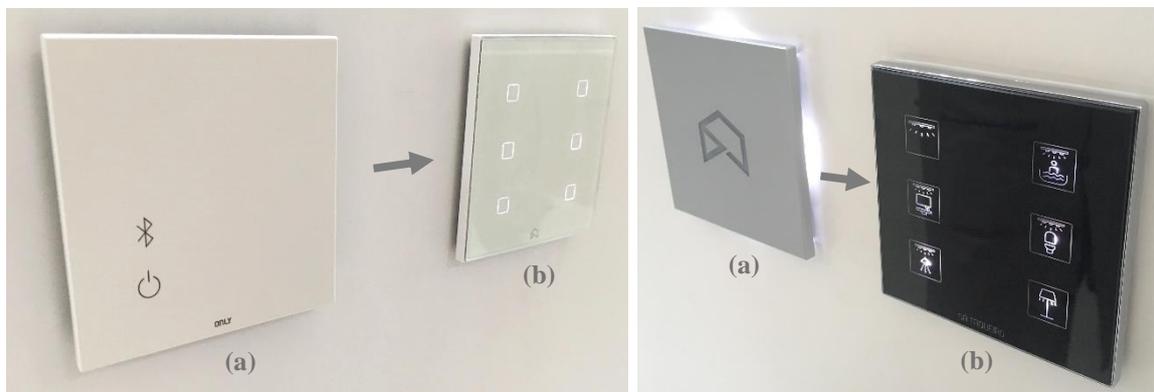


Figura 5 - (a) Painel existente totalmente em plástico;
(b) Frame a desenvolver com painel touch de vidro

A *frame*, apresentada na Figura 7, irá, juntamente com um painel frontal de vidro *touch* e um dispositivo eletrónico traseiro, integrar um sistema inovador tecnológico na área da domótica e automação habitacional (Figura 8). A utilização de um painel *touch* de vidro para a finalidade do conjunto em estudo, trata-se de uma inovação da empresa uma vez que, para o mesmo efeito, apenas se concebiam painéis em plástico. As dimensões da peça existente na empresa são apresentadas na Figura 6, e encontram-se no Anexo XV.

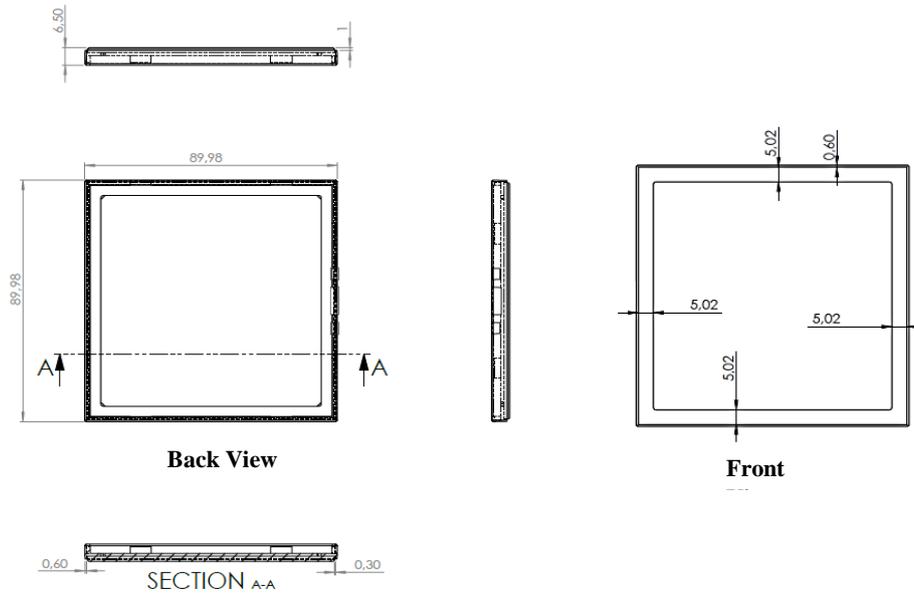


Figura 6 - Desenho técnico da peça a desenvolver durante o projeto



Figura 7 - Frame a desenvolver para aplicação de painel touch de vidro

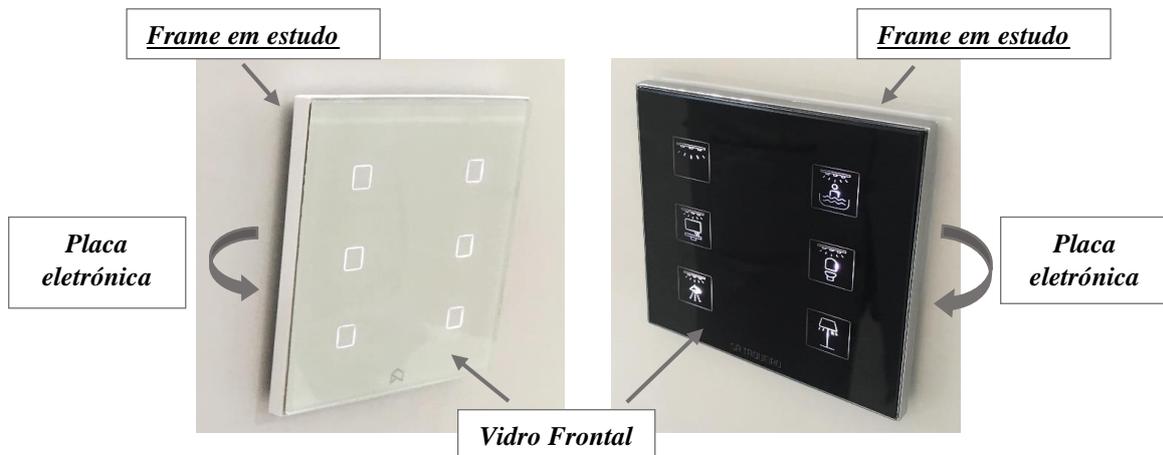


Figura 8 - Demonstração das diferentes partes do conjunto que irá integrar a frame

O desenvolvimento de uma nova peça passa pelo seu projeto, injeção e aplicação do revestimento. Para uma nova peça em produção, são realizados ensaios em todas as etapas do seu fabrico, de forma a avaliar o comportamento característico e, ser assim possível, conceber o produto final idealizado. Assim, ao longo da dissertação são apresentadas todas as etapas e ensaios efetuados até à conceção da *frame* projetada para integrar com o vidro *touch*.

1.3. OBJETIVOS

A presente dissertação tem como objetivo o desenho e conceção de uma cavidade para elaboração da *frame* idealizada pela empresa bem como, o estudo dos processos produtivos que a peça é sujeita, nomeadamente moldação por injeção, pintura convencional e cromagem. Assim, pretende-se o acompanhamento de todo o processo da nova peça a entrar em produção, desenvolvida pela *Only Smart Home*, que será posteriormente sujeita ao processo de pintura e cromagem. Será feito o acompanhamento da produção da peça desde a injeção até às etapas de acabamento, pintura e cromagem. Definição dos parâmetros de cada etapa, relacionamento dos parâmetros com os defeitos obtidos em cada fase, relacionamento do processo de injeção com as etapas de acabamento, pintura e cromagem, e, otimização de todos os processos. Realização de testes/ensaios em cada etapa do processo, para melhor estudo e previsão do comportamento do material e efeitos na peça.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A Dissertação está organizada da seguinte forma.

No capítulo 1, designado por “**Introdução**” apresenta-se uma breve descrição da empresa Fehst Componentes, local onde se realizou o projeto em estudo. Um enquadramento e apresentação dos objetivos definidos do projeto de mestrado elaborado.

No capítulo 2, “**Enquadramento Teórico**”, fez-se uma introdução teórica dos tópicos abordados ao longo da dissertação bem como, o processo de moldação por injeção e as etapas de acabamento, pintura e cromagem.

No capítulo 3, designado por “**Parte Experimental**”, é apresentado todo o estudo experimental que envolveu o projeto de dissertação. São descritos todos os processos produtivos e ensaios realizados para análise da peça em estudo.

No capítulo 4, “**Discussão dos Resultados**”, são apresentados e discutidos os resultados obtidos em todos os testes efetuados nas peças injetadas e nas peças após os acabamentos, pintura e cromagem.

Finalmente, no capítulo 5, “**Conclusão**” são apresentadas as principais conclusões do trabalho.

CAPÍTULO II. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1. MOLDAÇÃO POR INJEÇÃO

A moldação por injeção é uma das técnicas mais usuais de processamento de polímeros, por permitir operar com uma vasta gama de materiais plásticos e permitir obter peças com elevada precisão dimensional e bom acabamento superficial. Uma das várias vantagens deste processo trata-se por ser um método económico de produção em massa. Permite produção de peças em massa com geometria complexa tornando-se assim, num processo eficaz com um custo de produção por peça baixo apesar de possuir um grande capital de investimento inicial no equipamento.

A máquina de injeção (Figura 9), pode ser dividida em duas unidades essenciais, a unidade de injeção é responsável pelo transporte, aquecimento e homogeneização do material fundido desde a tremonha até ao bico de injeção e, a unidade de fecho permite a fixação e movimentação do molde. (Marujo, 2014) No processo de injeção, o molde e a zona de plasticização encontram-se separados. A área de plasticização é mantida à temperatura de processamento do material, enquanto que, o molde, é mantido a uma temperatura suficiente para permitir a desmoldagem da peça injetada. (ARBURG, 2004)



Figura 9 - Máquina de injeção

I. CICLO DE MOLDAÇÃO POR INJEÇÃO

O ciclo de moldação por injeção inicia-se com a disposição de material plástico, em estado sólido, normalmente sob a forma de grãos, na máquina de injeção onde, seguidamente é fundido e imposta pressão de forma e entrar nas cavidades do molde, procedendo ao arrefecimento e ejeção da peça final. O material é submetido a um perfil de temperaturas crescente até atingir o estado fundido e, posteriormente, solidifica em contacto com o molde. O ciclo pode ser dividido nas seguintes etapas:

1. Fecho do molde.
2. Injeção do material fundido.
3. Compactação.
4. Arrefecimento.
5. Abertura do molde e ejeção da peça. (Rodrigues, 2010)

A sequência inicia-se com o fecho do molde e injeção do material fundido, através da força exercida pelo parafuso, segundo um perfil de velocidades definido no *software* da máquina, para o interior do molde. Após o enchimento da cavidade do molde, dá-se a compactação do material, através da aplicação contínua de pressão com o objetivo de compensar a contração do material originada pelo arrefecimento. Já com as cavidades preenchidas exerce-se a segunda pressão. Seguidamente, ocorre o arrefecimento e tempo de solidificação necessário até ser possível a ejeção da peça. Devido à complexidade do processo de injeção e, ao elevado custo dos equipamentos, a otimização contínua deste ciclo é essencial.

II. VARIÁVEIS CICLO DE MOLDAÇÃO POR INJEÇÃO

O processo de injeção é motivado por vários parâmetros pré-definidos que influenciam o resultado da peça final ejetada. Os parâmetros de injeção podem ser subdivididos em parâmetros operatórios (variáveis controladas pelo operador), parâmetros do processo (delineados durante a fase de projeto de molde) e do material (selecionados conforme a peça a desenvolver e o as propriedades que requer). (Marujo, 2014) Os parâmetros operatórios são a causa mais usual para a formação de defeitos nas peças injetadas e, por essa razão, são descritas em pormenor abaixo para melhor entendimento da relação existente entre as variáveis operatórias e o efeito no produto. Exemplos destes, são:

PRESSÃO DE INJEÇÃO: Pressão exercida no fundido, pelo pistão, de modo a causar o enchimento total das cavidades do molde.

PRESSÃO DE COMPACTAÇÃO (2° PRESSÃO): Pressão exercida após o molde se encontrar cheio, comprimindo o material de forma a diminuir a ocorrência de contrações.

VELOCIDADE DE INJEÇÃO: Velocidade de avanço do pistão na máquina injetora, ou seja, a velocidade do enchimento do molde pelo fundido.

POSIÇÃO DE COMUTAÇÃO: Também designado por pressão de compactação, corresponde ao ponto do avanço do parafuso (em *mm*) em que ocorre a transição da primeira pressão para a segunda pressão.

TEMPERATURA DO MOLDE: Parâmetro determinante no aspeto final da peça, na ocorrência de tensões internas, na contração e estabilidade dimensional da peça final. Este fator é controlado pela quantidade de água que passa pelos canais de circulação do molde.

PERFIL DE TEMPERATURAS DO CILINDRO: Temperaturas em diferentes pontos do cilindro. O cilindro terá que apresentar uma temperatura mínima suficiente para fundir o material e, manter esse estado, ao longo de todo o cilindro. (Saraiva, 2016)

O controlo e definição destes parâmetros é um passo importante e característico de cada peça e material a injetar. O processo de determinação dos parâmetros ideias caracteriza-se por uma fase crítica. Desse modo, na maioria das empresas não há um procedimento *standard* para a implementação dos parâmetros corretos na primeira tentativa, o que leva a um elevado desperdício e custo acrescido.

III. DEFEITOS CARACTERÍSTICOS PROCESSO DE INJEÇÃO

Durante o processo de moldação por injeção podem desenvolver-se defeitos nas peças injetadas. Os parâmetros colocados em cada ensaio, o material selecionado e, a condição do molde, são fatores determinantes para a qualidade e aspeto final das peças ejetadas. Os problemas desenvolvidos durante o processo de injeção podem advir da falta de material injetado pelo molde, consequente de vários fatores. Como por exemplo, a aplicação insuficiente de pressão, o tempo de injeção baixo ou falta da fusão total do material. Os principais defeitos superficiais que são observados no processo de injeção são:

REBARBAS – Caracteriza-se por ser o material deslocado fora dos limites da peça. Pode advir da elevada temperatura do cilindro e/ou molde durante o processo de injeção ou da elevada pressão de injeção. Possíveis soluções que visam evitar a formação deste defeito seriam, reduzir

a temperatura do fundido e/ou do molde ou reduzir a velocidade do parafuso e/ou injeção. (Harada, 2004)

CHUPADOS – Tratam-se de regiões de depressão de material na superfície da peça moldada. Ocorrem durante o arrefecimento do material caso a contração do material não for compensada. Como uma possível solução a este defeito o ponto de injeção deverá ter a maior área possível, evitando o arrefecimento rápido do material na zona do ponto e injeção e, conseqüentemente, diminuição da compactação do material. (ARBURG, 2004) A sua aparência pode estar relacionada com fatores relativos ao molde, da máquina ou até mesmo do material. Exemplos de alguns parâmetros que influenciam o desenvolvimento de chupados nas peças injetadas são, a pressão de injeção da máquina demasiado elevada, a temperatura do molde baixa ou o fluxo do material muito alto ou muito lento. (Harada, 2004)

MAU ACABAMENTO SUPERFICIAL- Qualifica-se como a presença de rugosidade e/ou imperfeições na superfície da peça. Possíveis causas deste defeito são, o mau acabamento superficial do molde, necessitando de ajustes/polimento para conferir uma melhor estabilidade à peça injetada.

EMPENHO DA PEÇA – O empeno desenvolvido nas peças está associado a uma aplicação de pressão, temperatura e/ou tempo de injeção inadequada que provoca o desenvolvimento de tensões residuais internas. (Harada, 1994) Assim, quando existe um desequilíbrio das tensões residuais, poderá ocorrer o desenvolvimento de empeno na peça quando sujeita a um ataque químico na superfície ou quando submetida a uma carga.

As tensões residuais desenvolvem-se devido ao rápido arrefecimento a que o material é sujeito quando injetado e, também podem ser desenvolvidas devido a ações mecânicas durante o escoamento. O material, moldado em estado fundido, quando sujeito a um arrefecimento rápido, desenvolve tensões térmicas que, irão comprometer o desempenho final da peça. Assim, quando submetida a ataques químicos ou térmicos, provoca o desequilíbrio molecular causando empeno da peça. Para evitar o desenvolvimento de empeno na peça, é essencial encontrar um compromisso entre o tempo de operação e a pressão aplicada nas fases de enchimento e compactação do material. É necessário também a seleção adequada do tempo de arrefecimento de forma a minimizar as contrações volumétricas do material. (Oliveira, 2016)

2.2. MOLDE PARA INJEÇÃO DE PLÁSTICOS

O molde para injeção de plásticos (Figura 10) é constituído pela parte fixa e pela parte móvel. A parte fixa garante a centragem do bico de injeção da máquina com a parte móvel do molde e, a parte móvel, serve de suporte para o sistema de extração do molde. Após a solidificação do material, a parte móvel descola-se e dá-se a ejeção da peça formada. (Harada, 2004)



Figura 10 - Molde da peça em estudo

2.3. MATERIAL

A escolha do material para o fabrico de um produto é uma etapa essencial que determina a qualidade e características finais da peça.

O ABS é um polímero amorfo que apresenta como propriedades a elevada rigidez e boa resistência. É um polímero que, mesmo sujeito a baixas temperaturas, manifesta um equilíbrio entre a dureza, a resistência ao calor e a resistência química. (Kurek, 2008) Nem todos os materiais são possíveis para serem sujeitos a processos de revestimento sendo que, o polímero ABS, é um dos materiais compatível ao acabamento de pintura e de cromagem.

2.4. TRATAMENTOS SUPERFICIAIS

O tratamento de superfície tem como função conferir determinadas propriedades à peça, melhorar a aparência superficial, entre outros. Estes tratamentos são aplicados dependendo das propriedades específicas de cada material, não sendo aplicáveis a todos. (Lima, 2010) As técnicas de tratamento superficial tratadas neste projeto são o revestimento da superfície através do processo de pintura e de cromagem.

2.4.1. PINTURA EM PLÁSTICOS

Um dos processos de tratamento superficial aplicado às peças injetadas trata-se da pintura. Pode-se revestir a peça através da pintura automática com cura convencional ou pintura com cura ultravioleta.

Segundo *Rossi* (Rossi, 2008), o processo de pintura em materiais plásticos é utilizado para diversas finalidades. Desde fins decorativos, proteção da superfície plástica, ou para proporcionar características adicionais à superfície como, uma maior uniformidade a nível da cor ou promover uma certa textura à peça. A qualidade final da pintura da peça está diretamente relacionada com o processo de moldação por injeção das peças plásticas, ou seja, para um resultado ideal e desejado após a aplicação do revestimento com tinta, as peças injetadas têm que apresentar certos requisitos. Se a moldação por injeção causar peças com defeitos, essas irregularidades irão sobressair após a aplicação do revestimento. A escolha do tipo de técnica utilizada para o processo é determinante para definir a eficiência e características finais da peça. Das variadas técnicas existentes para aplicação da tinta destacam-se as seguintes, o *Air Spray*, o *Airless Spray*, o *High Volume Low Pressure* e a Pintura electroestática. O processo de pintura é influenciado por variáveis da máquina, propriedades da mistura e especificações finais. Alguns dos parâmetros de importante consideração para o processo são:

FAN – Trata-se do leque que é formado pelo fluído à saída da pistola, controlado pela pressão que o sistema aplica, sendo maior a área de aplicação quando as pressões exercidas são maiores. (Carvalho, 2013)

ATOMIZAÇÃO – Define-se como o parâmetro da pistola que transforma o fluído em pequenas partículas a ser depositadas na superfície. Quanto maior for a pressão de atomização, maior será a quantidade de partículas de pequenas dimensões depositadas.

AIR-CAP – Caracteriza-se por ser um elemento constituinte da pistola que define a pulverização do fluido à saída desta. Constituída por orifícios que permitem uma atomização e precisão da aplicação da tinta na superfície da peça.

ÂNGULO DA PISTOLA – O ângulo da pistola é uma variável que irá afetar a distribuição da tinta na superfície da peça a pintar, sendo este um fator influenciador na espessura final da tinta aplicada. Assim, o ajuste preciso do ângulo da pistola afeta a qualidade final da aplicação do revestimento.

Além de consequências resultantes da moldação por injeção, entende-se que são vários os fatores que influenciam o revestimento das peças plásticas com tinta. Deste modo, a técnica de aplicação, a tinta e a peça em aplicação são os fatores de maior importância que influenciam a qualidade final do revestimento.

A TINTA

A tinta utilizada no processo é um parâmetro de grande importância para a qualidade final do revestimento nas peças plásticas. Por definição, a tinta é uma composição pigmentada aplicada sobre a superfície a revestir para atribuir certa cor pretendida. Esta composição cria uma camada que, após secagem, forma uma película sólida aderida na superfície, insolúvel em água, com características específicas. Por norma, as tintas são compostas por resina, pigmentos, solventes e aditivos em quantidades que dependem das propriedades finais pretendidas para o revestimento. Segundo *Carvalho* (2013), a resina é responsável pela ligação dos componentes e promoção da adesão ao substrato, os aditivos têm como função alterar as propriedades do fluido, os pigmentos podem ser classificados como base (conferem cor à tinta) ou inertes (conferem uma maior durabilidade à tinta) e, os solventes destinam-se a serem utilizados como um meio para dispersão dos outros componentes e para conferir consistência à tinta. Existem dois tipos de tintas em utilização na empresa, sendo uma das tintas com base de solvente e, a outra, com base de água. Sendo que, a tinta com base de solvente promove uma maior adesão com a superfície plástica. (Carvalho, 2013) Para cada peça a ser pintada, a mistura de tinta com o endurecedor trata-se de um processo automático, realizada no momento prévio de cada processo dependendo da percentagem de cada componente pretendida.

PINTURA AUTOMÁTICA

A pintura automática com cura convencional (Figura 11) pode ser dividida nas seguintes fases:

1. Inicia-se com a **ENTRADA** das peças a pintar na máquina.
2. Seguindo-se pela passagem pela **ZONA DE DESIONIZAÇÃO** onde é retirada toda a eletricidade estática existente nas peças a pintar.
3. Após a zona de desionização, atravessa a **CABINE DE PINTURA**, mantida a aproximadamente 25°C com uma taxa de humidade de sensivelmente 60%.
4. Posteriormente, encontra-se a zona **FLASH OFF**, onde ocorre a evaporação dos solventes existentes nas peças. As peças percorrem esta zona durante sensivelmente 15 minutos mantida entre os 30/35°C.
5. Seguidamente, dá-se a **SECAGEM TÉRMICA**. As peças são sujeitas à secagem durante aproximadamente 30 minutos numa estufa mantida a uma temperatura de 80°C.
6. Finalmente, dá-se o **ARREFECIMENTO** antes da saída da máquina.



Figura 11 - Máquina VejaKob utilizada para a pintura automática com cura convencional

PINTURA ULTRAVIOLETA

Este sistema trata-se de uma técnica com aplicação cada vez mais crescente, devido às excelentes propriedades que proporciona ao revestimento como, uma maior resistência ao risco, redução da acumulação da humidade e, a possibilidade de revestimento de peça mais complexas. Esta técnica utiliza um menor consumo de energia e materiais poluentes, permite também uma redução nos tempos de processamento graças à rapidez do processo de secagem da tinta após pintura. A pintura ultravioleta é um processo fotoquímico, com utilização de gama de luz ultravioleta (UV) de alta intensidade, para curar ou “secar” tintas instantaneamente.

Inicia-se com a entrada das peças em máquina, posicionadas em tabuleiros, passando por uma câmara de limpeza de gelo seco de CO₂ e uma câmara de limpeza por ionização. Após o processo de limpeza, os tabuleiros são carregados automaticamente na cabine de pintura. Dado como concluído o ciclo de pulverização, as peças são encaminhadas por uma zona de evaporação, denominada de *Flash-Off* e, seguidamente, as peças são curadas por radiação ultravioleta, em atmosfera de gás de azoto. A qualidade final da aplicação de tinta através deste sistema é influenciada por diversos fatores. Sendo alguns destes:

ESPECTRO DE EMISSÃO – O espectro de emissão trata-se de um parâmetro essencial para o processo uma vez que, a distribuição espectral da radiação UV necessita de coincidir com o espectro de absorção do foto-iniciador para que o processo de cura ocorra. Caso não coincida, o processo não ocorre.

IRRADIAÇÃO (W/cm²) – Trata-se da radiação incidida na superfície, por unidade de área.

DENSIDADE DE ENERGIA (mJ/cm²) – A densidade de energia quantifica a totalidade de energia que é incidida na face, sendo proporcional ao tempo de exposição e ao número de lâmpadas.

A máquina de pintura UV (Figura 12) aplica a tinta através de três eixos, dois lineares e um rotativo. O sistema logístico do processo constitui o uso de um transportador de tabuleiros desacoplados permitindo a seleção de velocidades distintas para cada etapa envolvente. Antes de se iniciar o processo de pintura, as peças passam por uma câmara onde ocorre limpeza por ionização e limpeza de gelo seco de CO₂. Após limpeza das peças, os tabuleiros são posicionados e direcionados automaticamente para a cabine de pintura. Dada a entrada na cabine, inicia-se o ciclo de pulverização e as peças passam pela zona de evaporação/relaxamento, denominada por *Flash-Off*, onde se dá o início do processo de secagem da tinta. Subsequentemente, as peças são sujeitas a um processo de cura por radiação UV em atmosfera de gás inerte, através da utilização de lâmpadas de ferro, com o objetivo de endurecer o revestimento aplicado.



Figura 12 – Máquina utilizada para Pintura UV (Fehst, 2017)

Desde o início do processo de pintura é necessário garantir a inexistência de sujidades na peça ou defeitos consequentes da moldação por injeção, que possam influenciar a qualidade final do revestimento. Todos os componentes envolventes no processo de pintura são fatores determinantes para o resultado final. Porém, a viscosidade da tinta, é considerado um dos fatores com maior influência no processo. (Carvalho, 2013)

2.4.2. CROMAGEM EM PLÁSTICOS

A peça em estudo, além da pintura, foi sujeita também ao acabamento por cromagem. A cromagem de uma peça consiste no processo de revestimento com um dado metal, com o objetivo de conceber determinadas propriedades químicas (corrosão) ou mecânicas (desgaste) à peça final ou, apenas, para fins decorativos ou técnicos. É usualmente aplicado este revestimento devido às suas propriedades características como, um bom isolamento térmico, um bom isolamento elétrico, resistência à corrosão e baixo peso adicionado à peça final. Porém, trata-se de um processo que, além da sua dificuldade de controlo, envolve químicos ambientalmente tóxicos. (Sood, 2014) Segundo *Cheik* (Cheik, 2010), a preparação prévia da superfície para a deposição do revestimento é uma etapa essencial que influencia a qualidade final do acabamento. É essencial promover um pré-tratamento na peça de modo a possibilitar uma melhor aderência do metal. O processo, no caso de utilização de um polímero como o ABS, é complexo. Por se tratar de um polímero não condutor, é necessário criar uma camada condutora para ser possível metalizar após ser aplicado o pré-tratamento. Esta camada servirá não só como base para as restantes camadas, mas também para aumentar a aderência entre o plástico e o metal. Este processo será explicado mais à frente. (Leonardo Rodrigues, 2014) No caso em estudo, dá-se a metalização por processos químicos. Este processo pode ser dividido em “electroless” (revestimento não eletrolítico) e eletrodeposição. (Leonardo Rodrigues, 2014)

TRATAMENTO SUPERFICIAL, ELETROLESS – Trata-se de um processo autocatalítico, o qual através da oxidação de um composto químico presente na própria solução realiza a redução dos iões metálicos na solução e a deposição da película de metal. Segundo *Azhar Equbal e Anoop kumar Sood* (Sood, 2014), a camada metálica desenvolve-se por reações de oxirredução, em qualquer face da peça, sem necessidade de um potencial elétrico externo.

TRATAMENTO SUPERFICIAL, ELETRODEPOSIÇÃO – Este processo conduz eletricamente átomos metálicos do banho de revestimento para as peças plásticas. Ocorre a transformação da energia elétrica em energia química através da migração de partículas carregadas eletricamente numa solução aquosa, com auxílio de uma corrente elétrica. Tem como finalidade a deposição de camadas para proteger a peça contra a corrosão.

Para ser possível obter uma peça metalizada com qualidade, é necessário o processo antecedente de injeção ser realizado com parâmetros específicos e estáveis de modo a não desenvolver peças com defeitos que, poderão afetar a qualidade do revestimento metálico a aplicar.

I. MATERIAIS ENVOLVIDOS NO PROCESSO

Existem diversos materiais metálicos utilizados para os banhos de peças plásticas no processo de cromagem, dependendo das características e utilização que se pretende adicionar à peça.

Segundo *Cheik* (Cheik, 2010), os principais constituintes dos banhos da cromagem (Figura 13) são, o trióxido de crómio (CrO_3) que é responsável por fornecer o metal à solução, o ácido sulfúrico (H_2SO_4) garante a deposição do crómio, o fluoreto (F^-) aumenta a capacidade de penetração do crómio e, contaminantes, impurezas provenientes de banhos anteriores, como o ferro (Fe^{+3}), o níquel (Ni^{+2}), o cobre (Cu^{+2}), zinco (Zn^{+2}), cloreto (Cl^-) e nitrato (NO_3^-) que, até uma certa medida não são interferentes no banho.



Figura 13 – Depósitos dos banhos constituintes do processo de Metalização

II. ETAPAS DO PROCESSO

“Para uma adequada adesão da camada metálica, o processo de cromagem é realizado em duas etapas: pré-tratamento químico e tratamento eletrolítico, sendo estas etapas compostas por vários banhos.” (Kurek & Sellin, s.d.) A cromagem do ABS é um processo dividido em duas etapas. Inicialmente submete-se a peça a um pré-tratamento, este poderá ser mecânico ou químico.

No caso de estudo recorreu-se ao pré-tratamento químico e, seguidamente, a um tratamento eletrolítico onde a peça é sujeita a vários banhos com diferentes materiais constituintes. A variação dos materiais presentes em cada banho depende do tipo de peça em processo e, da sua finalidade.

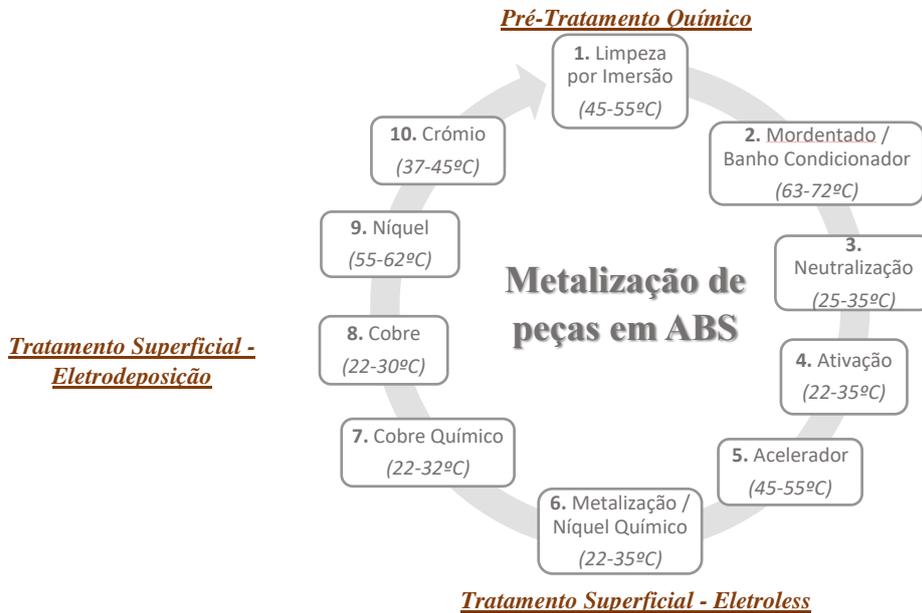


Figura 14 - Sequência ilustrativa do Processo de Metalização

PRÉ-TRATAMENTO QUÍMICO

A etapa de pré-tratamento químico ocorre com o auxílio de uma corrente elétrica responsável pela limpeza e remoção de materiais aderidos à superfície da peça.

1. LIMPEZA POR IMERSÃO

O pré-tratamento químico inicia-se com a limpeza da peça por imersão. Esta fase tem como função eliminar contaminações e resíduos que possam existir. Provoca a redução das tensões superficiais na peça para uma melhor reação nos banhos posteriores. Assim, previne o desenvolvimento de bolhas de ar na superfície na peça durante o banho de condicionador seguinte. (DALBIN & POMMIER, s.d.) Durante este banho, as peças são submersas num intervalo de temperaturas compreendido entre os 45 – 55°C.

2. MORDENTADO / BANHO CONDICIONADOR

O banho condicionador, ou banho mordentado, é responsável pela modificação da superfície do termoplástico ABS criando pontos de aderência, sendo essencial para proporcionar à peça condições favoráveis para uma boa adesão entre o plástico e o metal. As peças são sujeitas a um banho oxidativo que ataca a superfície e cria rugosidade na face, aumentando a área superficial, para facilitar a posterior adesão da camada metálica. (Luiz Alberto Cesar Teixeira, 2005) A taxa de condicionamento depende da orientação e das tensões presentes na superfície da peça. Neste banho, constituído por soluções ácidas oxidantes como ácido crómio e ácido sulfúrico, as peças são submersas num intervalo de temperaturas compreendido entre os 63 – 72°C.

3. NEUTRALIZAÇÃO

Seguidamente, dá-se o banho neutralizador, onde a quantidade residual de crómio que se encontra na superfície da peça é removida por um agente redutor. Esta etapa é essencial uma vez que, no plástico ABS pretende-se tornar a superfície do plástico hidrófila para possibilitar o revestimento. As peças são submergidas num intervalo de temperaturas compreendido entre os 25 – 35°C.

4. ATIVAÇÃO

Depositam-se as peças num banho de pré-ativação à temperatura ambiente e, de seguida, ocorre o banho de ativação, onde produz pontos catalíticos para uma posterior deposição química. As peças são submersas num intervalo de temperaturas compreendido entre os 22 – 35°C.

5. ACELERADOR

Segue-se o banho de acelerador, onde a camada catalítica fica ativa de modo a iniciar a reação de deposição de níquel químico. As peças são submersas num intervalo de temperaturas compreendido entre os 45 – 55°C. Após o banho acelerador, dá-se o início de deposição de camadas constituintes do tratamento superficial – *eletroless*. As camadas são formadas através de uma reação de redução na superfície da peça em ABS.

TRATAMENTO SUPERFICIAL - ELETROLESS

6. METALIZAÇÃO / NÍQUEL QUÍMICO

No banho de níquel químico, cria-se uma camada homogénea e condutora que proporciona uma excelente aderência à superfície plástica. O níquel funciona como catalisador e cobre toda a

superfície da peça. (Kurek, 2008) As peças são submersas num intervalo de temperaturas compreendido entre os 22 – 35°C.

7. COBRE QUÍMICO

Dá-se a deposição do cobre químico nas peças. Estas são submersas num banho com um intervalo de temperaturas compreendido entre os 22 – 32°C. Os parâmetros dos banhos constituintes da fase de pré-tratamento químico devem ser ajustados dependendo do tipo de plástico e peça a metalizar, para otimização do processo de cromagem. Após a etapa de tratamento químico, as peças seguem para a segunda etapa do processo, a metalização eletrolítica. Esta etapa tem como objetivo conferir características desejadas à peça.

TRATAMENTO SUPERFICIAL - ELETRODEPOSIÇÃO

8. COBRE

O depósito de cobre tem ação niveladora da superfície de forma a proporcionar um acabamento mais brilhante na peça final. Segundo *Dalbin e Pommier* (DALBIN & POMMIER, s.d.), o cobre gera uma camada elástica que irá suportar esforços produzidos durante os ciclos térmicos. As peças são submersas num intervalo de temperaturas compreendido entre os 22 – 30°C.

9. NÍQUEL

Segundo *Trigolo* (Trigolo, 2014), o níquel, devido às suas propriedades físicas e químicas, trata-se de um material protetor essencial para o processo. Atribui à peça uma boa proteção superficial, proteção contra a corrosão e atribui boa aderência à superfície para as posteriores camadas a serem depositadas. Existem três depósitos de níquel, o semi-brilhante, o brilhante e o micro-poroso, sendo que, cada depósito apresenta características distintas. As peças são submersas num intervalo de temperaturas compreendido entre os 55 – 62°C.

10. CRÓMIO

Seguidamente, dá-se a deposição da camada de crómio com um banho prévio de ativação crômica. Esta camada irá proporcionar uma maior estabilidade quando em contacto com o ar atmosférico, uma boa resistência e, uma aparência brilhante. Neste banho, as peças são submersas num intervalo de temperaturas compreendido entre os 37 – 45°C.

Todos estes parâmetros dependem da peça em questão a ser sujeita ao processo e, assim, todas as operações devem ser ajustadas para a otimização do processo específico. A aplicação do

revestimento metálico tem como desvantagem o realce dos defeitos provenientes do processo de moldação por injeção. De facto, algumas das irregularidades desenvolvidas durante a injeção das peças é atenuada após a aplicação das camadas do revestimento. No entanto, durante o próprio processo de cromagem, também pode ocorrer o desenvolvimento de anomalias na superfície da peça ou no próprio revestimento. Alguns exemplos de defeitos observados no acabamento são, a falta de homogeneidade no revestimento da superfície, deformação das peças consequente do mau posicionamento destas a cromar ou devido à temperatura demasiado elevada nos banhos, desenvolvimento de rugosidade superficial induzida por partículas durante os banhos devido a contaminação dos tanques, entre outros. Por forma a evitar a ocorrência de anomalias consequentes do processo de cromagem é possível efetuar vários ensaios com o intuito promover uma melhoria contínua do processo. Os ensaios realizados durante a desenvolvimento da dissertação são descritos a seguir.

CAPÍTULO III. PROJETO DA CAVIDADE

3.1. PEÇA EM ESTUDO

Na vertente da indústria domótica, o grupo Enancer, associado à Fehst Componentes, projetou o fabrico de um painel de automação que reúne comandos associados a diversas funções. O painel (Figura 15) é constituído por um equipamento eletrónico e uma superfície tátil de vidro, revestidos por uma *frame* de plástico. Neste projeto desenvolveu-se a vertente do *frame* de plástico do painel.

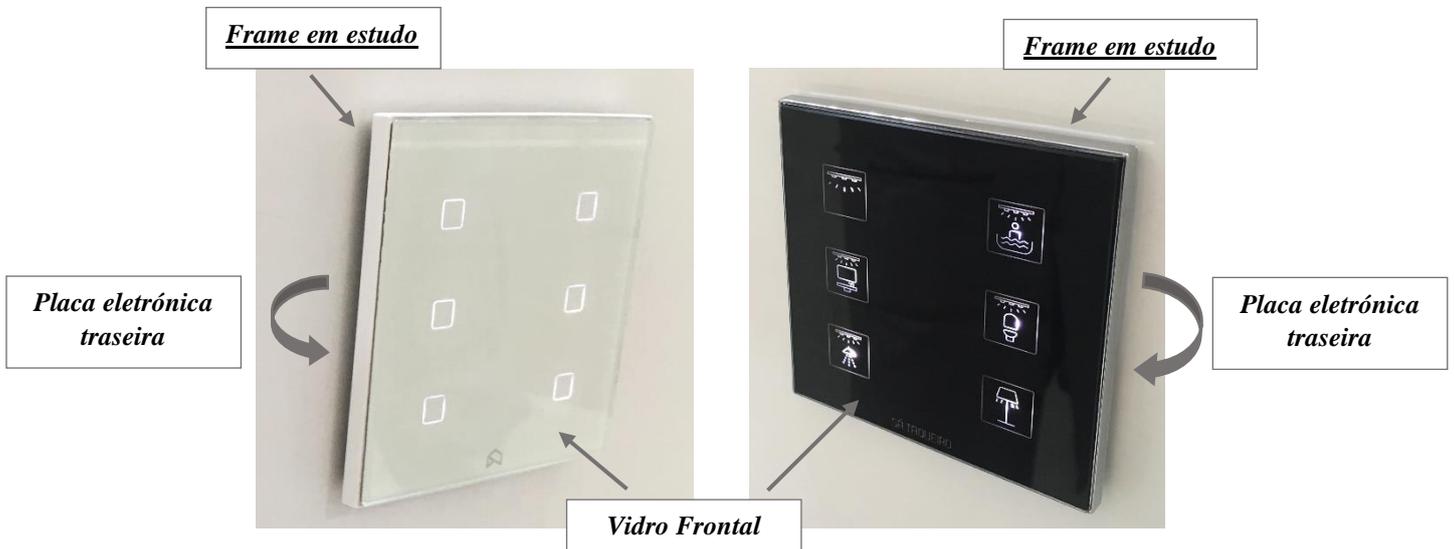
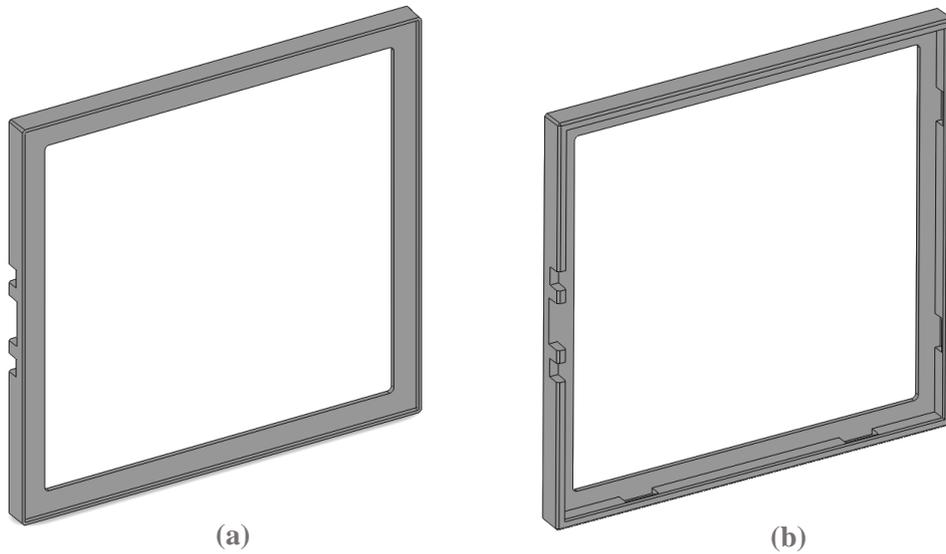


Figura 15 - Exemplos dos conjuntos que a *frame* irá compor juntamente com a placa de vidro frontal e a placa eletrónica encaixada na parte de trás

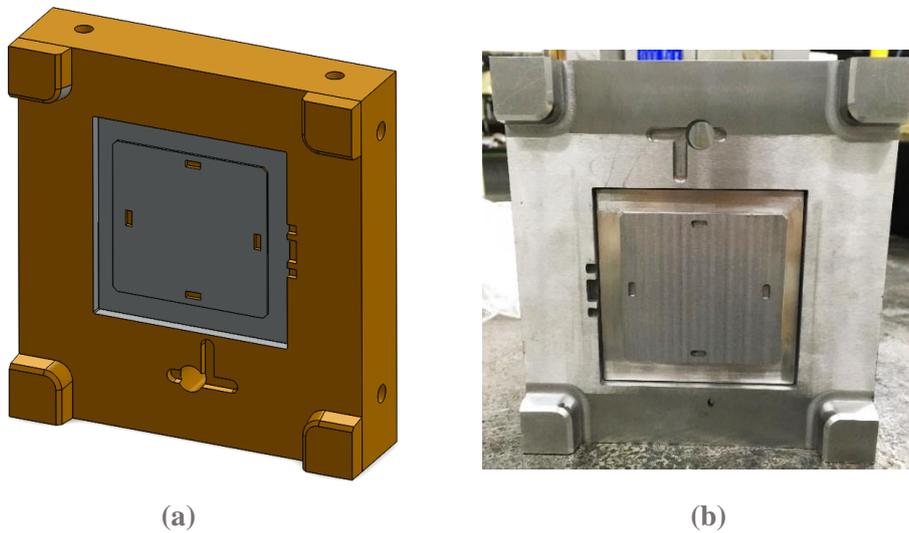
3.2. DESENVOLVIMENTO DA CAVIDADE

Uma *frame* semelhante à pretendida a desenvolver durante este projeto encontra-se em produção na empresa, existindo assim o molde para a sua produção. Então, como a única diferença entre a peça em produção e a peça a desenvolver é que, a nova, possibilitará o encaixe a uma superfície de vidro com a finalidade de incorporar um sistema *touch*, será apenas necessário produzir uma nova cavidade para a peça em projeto.

Através da Figura 16, da peça a desenvolver, recorreu-se ao *software Solidworks* para projetar a unidade de cavidade (Figura 17 e 18) para adaptação à unidade de fecho existente da peça já existente.



*Figura 16 – Desenho em software Solidworks da peça em estudo
(a) parte frontal da peça; (b) parte traseira da peça*



*Figura 17 – Cavidade moldante constituente do postigo da peça em estudo
(a) Desenho da cavidade em Solidworks; (b) Postigo da Cavidade*

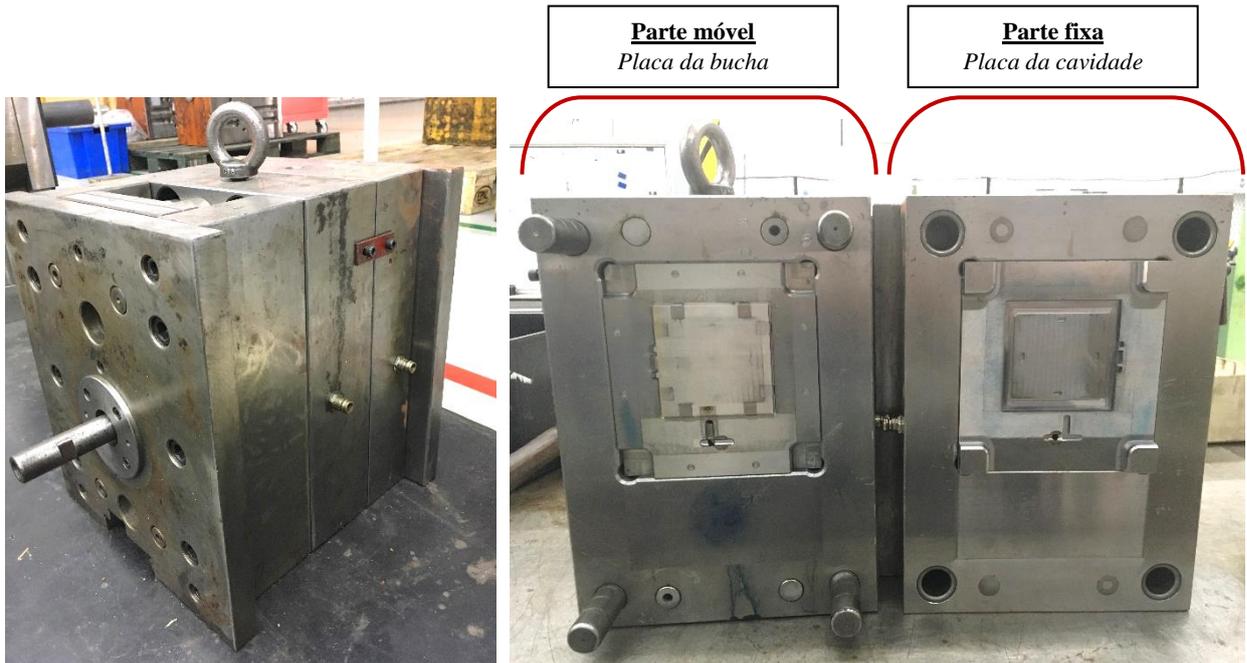


Figura 18 - Molde (parte móvel e parte fixa) da frame a desenvolver

Assim, visto que a metade do postigo existente, placa da bucha, já incluía o ponto onde se efetua a injeção do material, a direção do enchimento do material da peça irá decorrer como ilustrado na Figura 19.

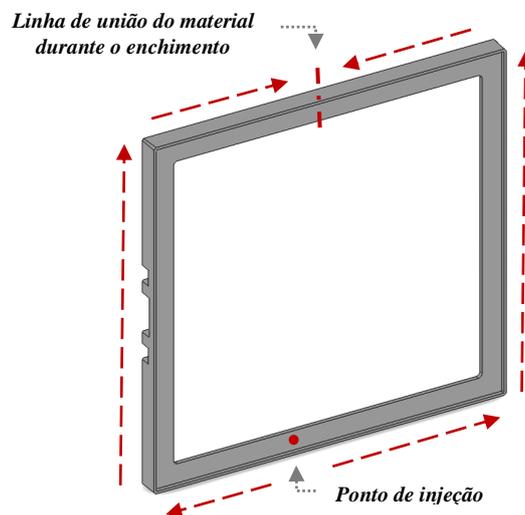


Figura 19 - Ilustração da direção do enchimento do material durante o processo de injeção

Após o desenho e fabrico da cavidade, procedeu-se ao primeiro ensaio do processo de moldação por injeção com o material ABS. A ficha técnica do material utilizado para injeção das peças deste projeto, onde estão tabelados as características e propriedades, encontra-se anexada no Anexo III. A cavidade fabricada quando sujeita ao primeiro ensaio, apresentou a necessidade

de ajustes e melhorias que visam a melhoria do processo e otimização das peças injetadas. A estabilidade dimensional é um dos fatores mais importantes na moldação por injeção, estando diretamente interligada com processos adjacentes, como o revestimento. Assim, é essencial proceder a processos de melhoria constante para fabricar peças com melhor qualidade possível. No primeiro ensaio de injeção, utilizou-se o polímero ABS do fornecedor *Polylac*. Os parâmetros utilizados encontram-se na *Ficha de Parâmetros de Processo* no Anexo I. No que se refere às condições operatórias, iniciou-se o ensaio com os parâmetros de injeção utilizados para a produção da peça semelhante existente em produção na empresa, produzida pela mesma unidade de injeção, tendo havido necessidade de variar os parâmetros devido à ocorrência de defeitos visuais como chupados, rebarbas, mau acabamento superficial e excessivo empeno nas peças injetadas. Assim, fez-se variar a temperatura de injeção do fundido, por forma a melhorar o enchimento da peça e, conseqüentemente, eliminar alguns defeitos observados, como os chupados. Fez-se, também, variar a pressão de injeção e a temperatura do molde, até conseguir minimizar ao máximo possível os defeitos observados nas peças injetadas. Verificou-se o aparecimento dos mesmos defeitos com uma ligeira diminuição no aparecimento de defeitos (chupados) na parede lateral, porém, de pequena ordem.

Os defeitos observados estão relacionados com irregularidades na cavidade, identificadas na Figura 20, havendo assim, inevitavelmente, necessidade de efetuar correções. O mau acabamento superficial explica-se devido à erosão da cavidade do postigo, causando rugosidade e defeitos superficiais nas peças injetadas.



Figura 20 – Identificação do mau acabamento superficial na cavidade desenvolvida

Exemplos das peças com defeitos resultantes dos primeiros ensaios de injeção estão apresentados na Figura 21.

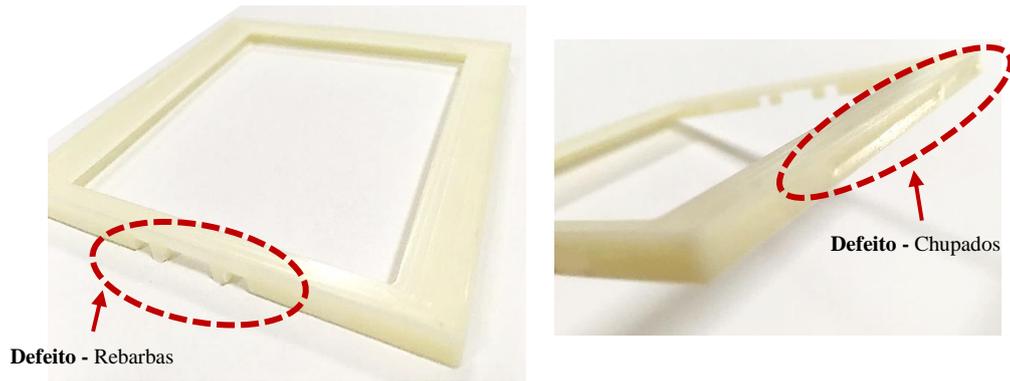


Figura 21 – Demonstração dos defeitos observados nas peças consequentes do primeiro ensaio de Injeção

Deste modo, submeteu-se a cavidade desenvolvida a ajustes com o intuito de melhorar o aspeto visual das peças injetadas, até adquirirem a estabilidade pretendida. Aplicou-se um polimento à cavidade por forma a eliminar a rugosidade observada nas peças injetadas, que causava dificuldade na extração das peças devido ao relevo. Além disso, foi proposto e implementado, a criação de chanfros internos de 2 mm e, o aumento da largura da base da superfície de dois dos lados superiores, como apresentado na Figura 19, de modo a que o fluxo do material seja mais fluído. Com estas alterações pretende-se solucionar a ocorrência dos chupados nas peças injetadas. A criação de chanfros trata-se da remoção do ângulo de 90° dos cantos ilustrados na Figura 22 e, a criação de uma aresta.

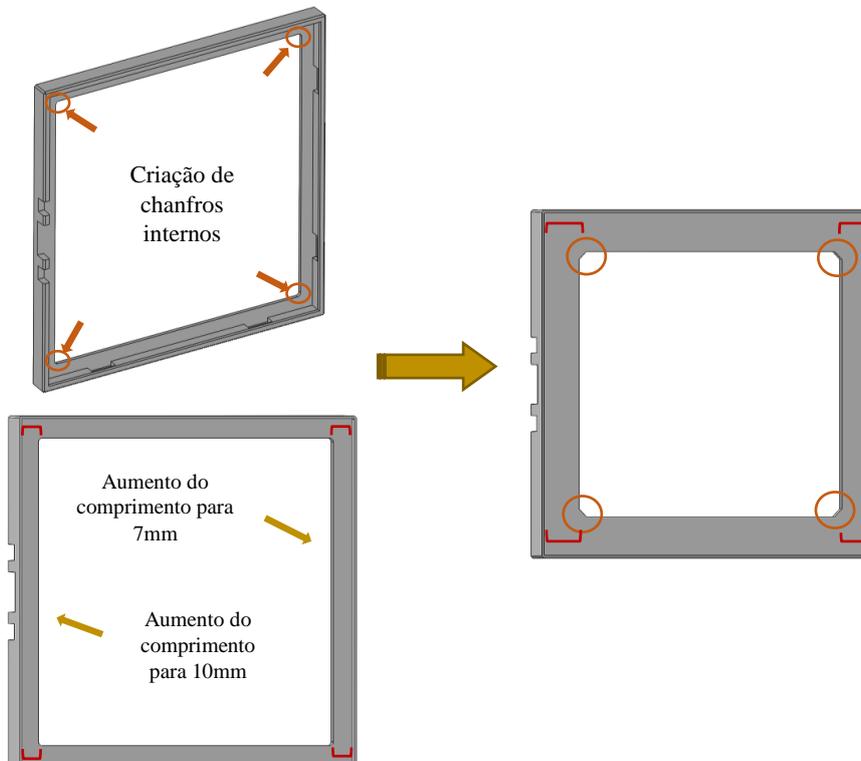


Figura 22 - Representação na frame das correções aplicadas na cavidade desenvolvida

Após as medidas aplicadas à cavidade, foram analisadas as peças resultantes do processo de injeção e, concluiu-se que, havia necessidade de efetuar um novo ajuste na cavidade desenvolvida. Desta vez, foi proposto um aumento da espessura da base (indicada na Figura 23), de 0.3 mm, com o intuito de eliminar a ocorrência de chupados nas peças injetadas.

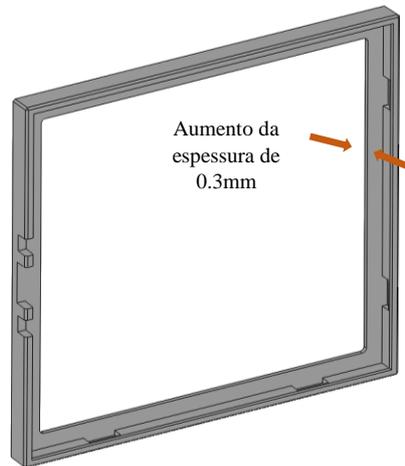


Figura 23 – Representação na frame das correções aplicadas na cavidade desenvolvida

Assim, a peça final a desenvolver terá as dimensões ilustradas no desenho técnico apresentado na Figura 24.

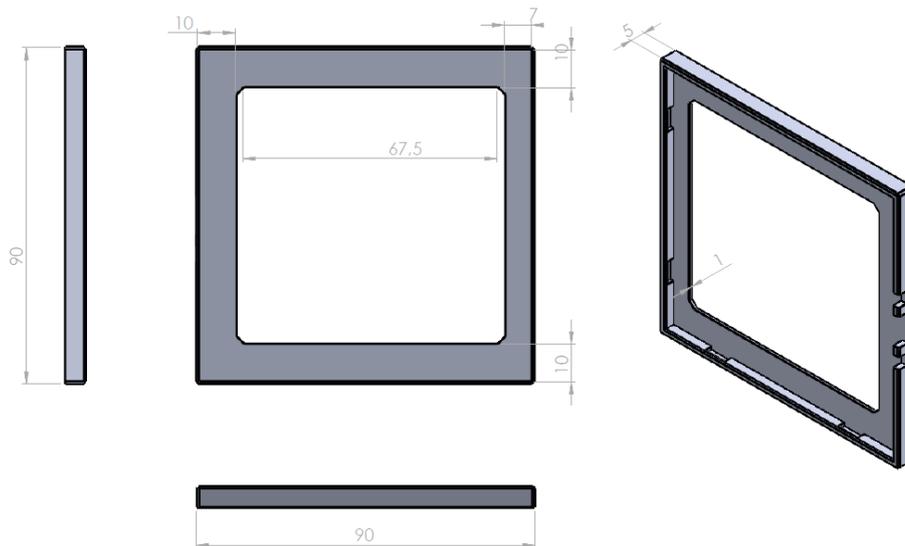


Figura 24 – Medidas gerais das novas medidas da peça em estudo

Depois das alterações na cavidade, procedeu-se à injeção para avaliar o seu efeito no aspeto final das peças. Neste ensaio pretende-se eliminar a ocorrência dos chupados observados no ensaio anterior e, para isso os parâmetros de injeção foram ajustados. Os chupados desenvolvem-se devido a fatores como a pressão de injeção da máquina demasiado elevada, a temperatura do molde baixa ou o fluxo do material muito lento. Selecionou-se uma temperatura do cilindro superior devido ao desenvolvimento dos chupados, apenas observado na face onde se unem os fluxos durante o enchimento, conseqüente da baixa espessura da parede ou a insuficiente fluidez do material para preencher a última parede da cavidade. Os novos parâmetros do ensaio de injeção, apresentados no Anexo II. Como pretendido, observou-se a eliminação dos chupados e, as peças apresentaram uma melhor estabilidade dimensional. Porém, ainda se notou a existência de rebarbas nas peças injetadas, indicado na Figura 25. De forma a tentar eliminar este defeito, diminuiu-se a velocidade de injeção, resultando em melhorias nas peças seguintes.

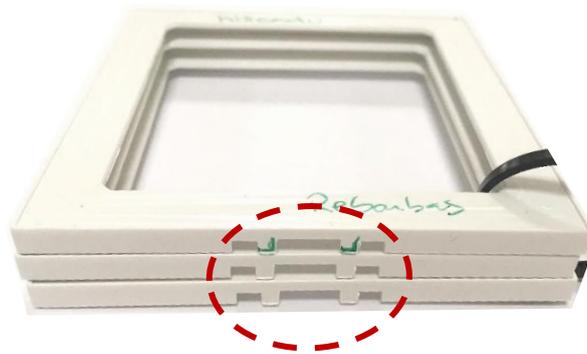


Figura 25 – Defeitos observados nas peças Injetadas após ajustes na cavidade desenvolvida

Com o processo estabilizado e definidas os parâmetros de injeção, procedeu-se à injeção novas peças. Estas peças, foram submetidas a ensaios e testes, nas diferentes etapas que decorrem até ao estado final, de forma a analisar o comportamento e as limitações da peça idealizada. No sentido de uma melhor compreensão das imperfeições superficiais obtidas no processo de injeção e, essencialmente, para definir os parâmetros ideais das etapas de acabamento, as peças foram submetidas ao revestimento com pintura e cromagem, estudo apresentado em pormenor mais à frente no relatório.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.1. MATERIAL

O material escolhido para a peça em desenvolvimento, devido às suas propriedades como a boa resistência ao impacto, fácil processamento e compatibilidade com o processo de cromagem, foi o polímero ABS (Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno). Nos ensaios do processo de injeção utilizou-se material *ABS Polylac 726 Natur*, da empresa fornecedora *CHIMEI Corporation*, que apresenta o valor de MFI igual a 20,76 (g/10min). O termo determinante pelo qual foi selecionado este material, em vez de outros disponíveis por diferentes fornecedores, foi o valor de MFI. Por se tratar de um parâmetro que prevê o comportamento do fluxo do polímero, sendo que, quanto maior for o valor do índice de fluidez, menor será a viscosidade do material fundido observada. A ficha técnica do material utilizado, onde estão tabelados as características e propriedades, encontra-se anexada no Anexo III.

4.2. PROCESSAMENTO – PINTURA

Na empresa *Fehst*, executa-se a pintura automática com cura convencional e, um processo mais recente, a pintura com cura ultravioleta. A pintura automática com cura convencional, exercida na empresa *Fehst*, executa-se na máquina *VenjaKob* que possui quatro pistolas para pintura com utilização de tinta à base de solvente e, quatro pistolas para pintura com utilização de tinta à base de água. Para o processo de pintura UV de alto brilho, utiliza-se uma máquina desenvolvida pela empresa *Sprimag* que efetua uma pintura através de três eixos, dois lineares e um rotativo. Os parâmetros definidos para executar o revestimento através do processo de pintura convencional estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros do Processo de Pintura Convencional

Parâmetros do processo de Pintura Convencional											
Número de Pistolas	Diâmetro do Bico (mm)	Pressão da Tinta/Volume por pistola (bar/mm)	Temperatura da cabine (°C)		Humidade da Cabine (%)		Pré-Secagem		Secagem		
			Máx.	Min.	Máx.	Min.	Tempo (min)	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Temperatura (°C)	
4	0,85	1,6	25		55		15	25		30	60
			28	22	60	50		28	22		

As peças são dispostas num tabuleiro (Figura 26) e conduzidas para o interior da máquina. Neste caso em estudo, sujeitou-se a peça à pintura convencional utilizando diversas tintas, desde o preto, branco ou cinza e, variando de brilhante a *mate* (Figura 27). No fim, aplicou-se uma camada de *top coat* através do mecanismo de pintura ultravioleta.



Figura 26 –Disposição das peças nos tabuleiros para o processo de Pintura



Figura 27 – Peças resultantes do processo de pintura convencional

Aplicou-se ainda, uma camada de tinta, *top coat*, através da técnica de pintura ultravioleta com sistema rotativo para ser possível aplicar a mesma pintura, com a mesma uniformidade, nas quatro faces constituintes da peça (Figura 28). Esta camada tem como principal objetivo melhorar o aspeto da peça, adicionando brilho à pintura, e, uma maior resistência, mecânica e química, ao revestimento de tinta aplicado. Os parâmetros são apresentados no Anexo VIII.



Figura 28 - Frame após revestimento de tinta com aplicação de camada top coat

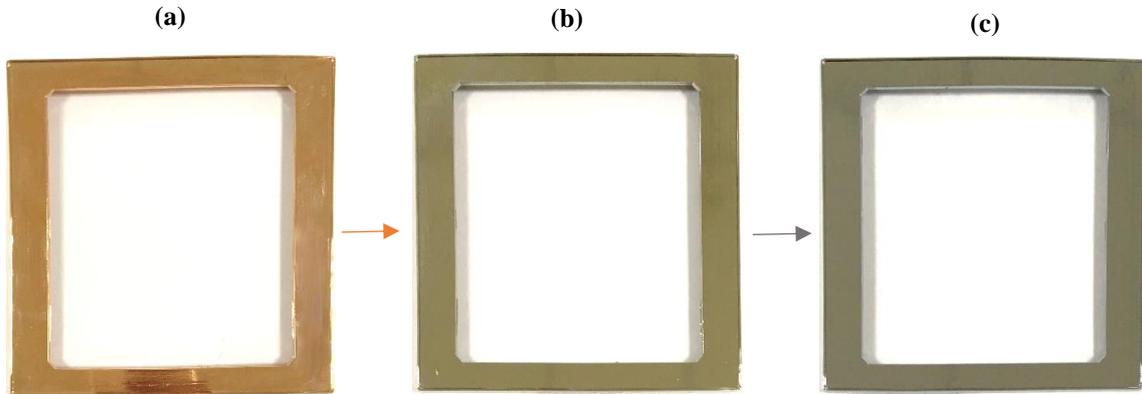
4.3. PROCESSAMENTO – CROMAGEM

As peças injetadas foram colocadas em dispositivos próprios (Figura 29) e conduzidas para os banhos que irão revestir a peça.



Figura 29 – Disposição das peças no rack para conseqüente processo de metalização

O processo de cromagem consiste na imersão das peças em vários banhos compostos por diferentes constituintes. O processo de cromagem pode ser dividido em três camadas essenciais (Figura 30), a aplicação das camadas de cobre, de níquel e, finalmente, de crómio.



*Figura 30 – Ilustração das fases do processo de metalização.
(a): Após banho de cobre; (b): após banho de níquel; (c): após banho de crómio-final*

Visto que, a peça em estudo tem como objetivo o encaixe funcional com um aparelho eletrónico e uma placa de vidro, necessita de um revestimento que permita a condução de energia da placa até ao vidro frontal. Os materiais constituintes do revestimento metálico poderão interferir com a energia elétrica da placa que irá ser montada na *frame*, podendo causar choques elétricos através do toque e pôr em causa a segurança do utilizador e do meio envolvente. Assim, a melhor solução para o pretendido seria a injeção da peça em estudo com dois materiais, um compatível com o revestimento metálico e outro não. Porém, para isso, seria necessário desenvolver um postigo que permita a bi-injeção, sendo esta uma hipótese não viável. Posto isto, procedeu-se à cobertura da periferia da peça injetada com uma tinta não condutora (Figura 31), não compatível com o revestimento metálico, e, assim, precaver a segurança do utilizador.



Figura 31 – Peças com tinta não condutora para consequente metalização

Através desta solução, foi possível cumprir o objetivo pretendido, que se tratava de possibilitar a condução de energia da placa elétrica traseira até ao vidro frontal.

4.4. ENSAIOS REALIZADOS

As peças provenientes do processo de moldação por injeção e, as peças resultantes após a pintura e a cromagem, apresentam propriedades e características dependentes dos parâmetros selecionados. Por forma a avaliar a resistência e qualidade das peças, bem como, a causa do desenvolvimento de certos defeitos e influência de cada processo no resultado final, recorreu-se a ensaios.

MEDIÇÃO DAS COTAS

Com a utilização de um paquímetro, executou-se a medição das cotas selecionadas na Figura 32 de uma amostragem de 10 peças após o processo de injeção, por forma a avaliar a coerência das peças injetadas. Assim, através desta medição, é possível certificar que não ocorrem variações das peças moldadas, que possa influenciar a qualidade dos acabamentos posteriormente aplicados. Como se trata de uma peça nova em produção, o intervalo de cotas definido baseia-se nos limites das peças a adicionar posteriormente, o vidro que irá ser colocado na parte frontal e o dispositivo eletrónico na parte traseira da *frame*. Por esta razão, as cotas da peça tratam-se de um parâmetro de elevada importância e com necessidade de extrema precisão pois, uma variação na ordem dos milímetros poderá influenciar a aceitação da peça injetada.

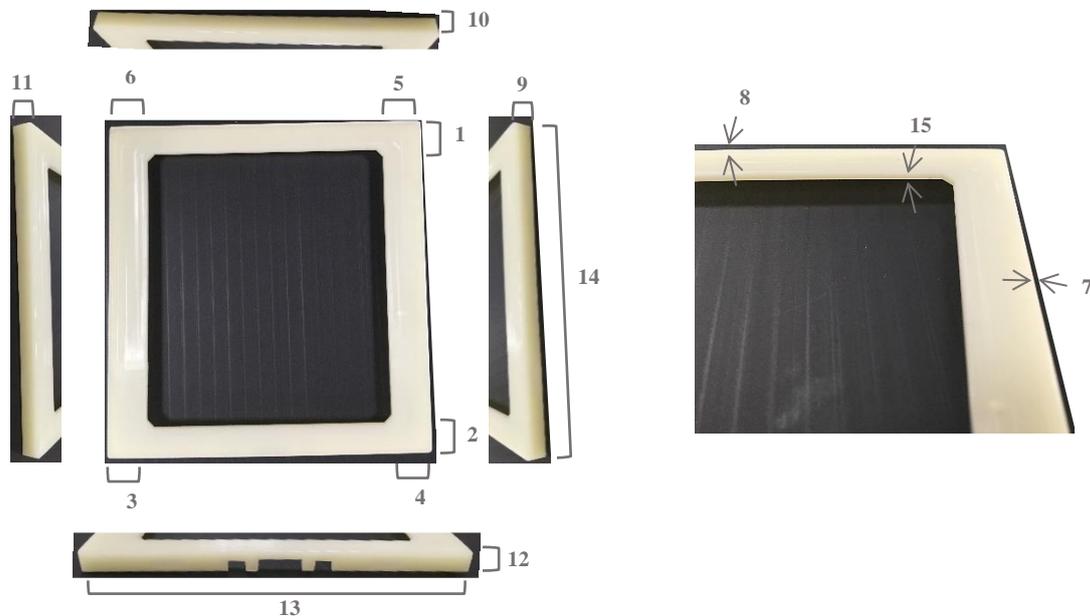


Figura 32 - Identificação dos pontos para medição das cotas da frame

MEDIÇÃO DA TEXTURA/RUGOSIDADE SUPERFICIAL

A medição da textura da peça, ou rugosidade superficial, é um parâmetro de grande importância por estar diretamente relacionado com a aderência dos acabamentos ao material. Realizou-se o ensaio para uma amostragem de 10 peças injetadas, nas faces superiores e laterais, como ilustrada na Figura 33, por forma a avaliar a uniformidade da superfície da zona mais crítica onde apresentava, antes dos ajustes aplicados ao molde, rugosidade na cavidade. Realizou-se também, a medição da textura na base superior onde servirá para encaixe com a placa de vidro, sendo esta de enorme importância uma vez que, a *frame* necessita de apresentar uma superfície de apoio uniforme, sem relevos. A medição da rugosidade superficial da peça injetada, R_a , realizou-se com o auxílio do aparelho de medição de textura, seguindo a norma de ensaio VDI 3400 e as instruções que se encontram no Anexo V.

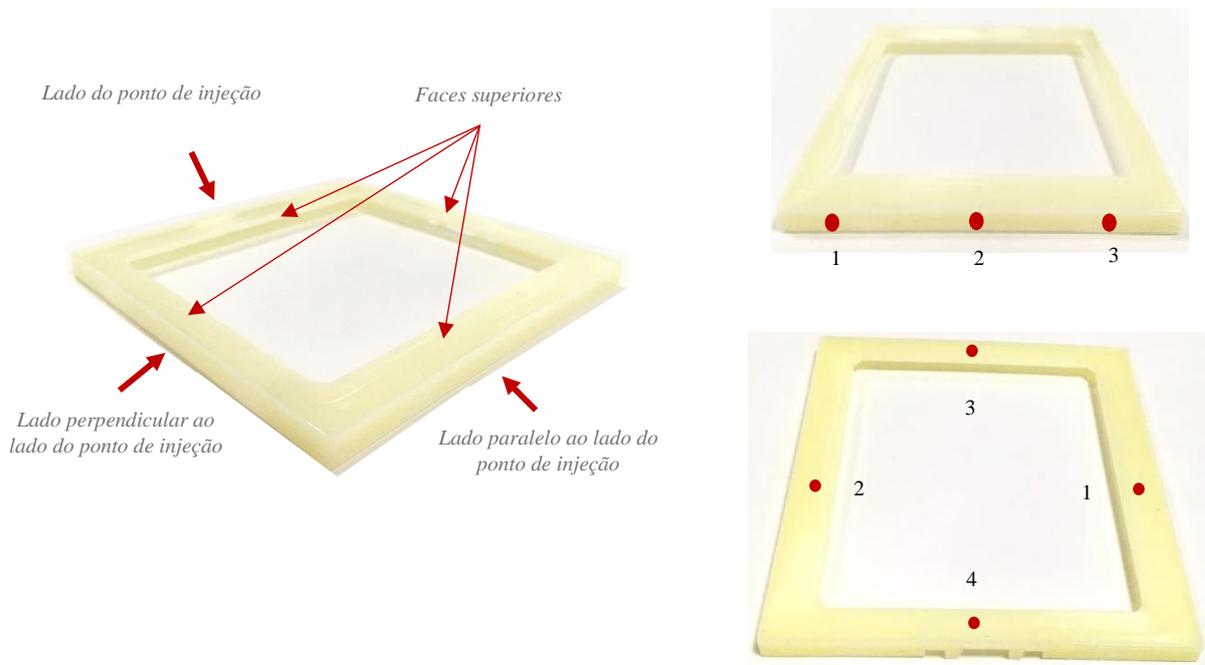


Figura 33 - Identificação dos lados e pontos analisados no ensaio de medição da textura da peça

MEDIÇÃO DAS TENSÕES INTERNAS

O estudo das tensões residuais foi realizado através da imersão da peça numa solução de ácido acético, com o intuito de prever a resposta da peça quando sujeita ao processo de cromagem e pintura, revelando qualquer área de tensão residual existente, através de empeno ou distorções. Efetuou-se o ensaio para quantificar as tensões residuais das peças por forma a verificar quais os pontos de maior concentração de tensões. Foi efetuado o ensaio para uma amostragem de 15 peças

injetadas. A peça moldada é mergulhada durante aproximadamente 2 minutos numa solução de ácido acético e, posteriormente lavada com água corrente para remoção do líquido, seca e analisada (Figura34). A reação do ácido na superfície da peça provoca zonas brancas, fissuras ou perda de brilho, caso haja evidência de tensões na superfície da peça. Assim, uma peça moldada de forma ideal não apresentará fissuras ou áreas brancas após imersão na solução de ácido acético. As zonas brancas indicam a presença de tensões residuais na peça uma vez que, o ataque químico provocado pelo ácido acético na superfície, provoca a mobilidade molecular causando micro-vazios que, ao ser incidida a luz irá ocorrer difusão e emissão de luz branca. O ácido acético provoca mobilidade molecular indicando existência, ou não, de tensões residuais. O plano de instrução do ensaio para medição das tensões internas encontra-se apresentado no Anexo VI.

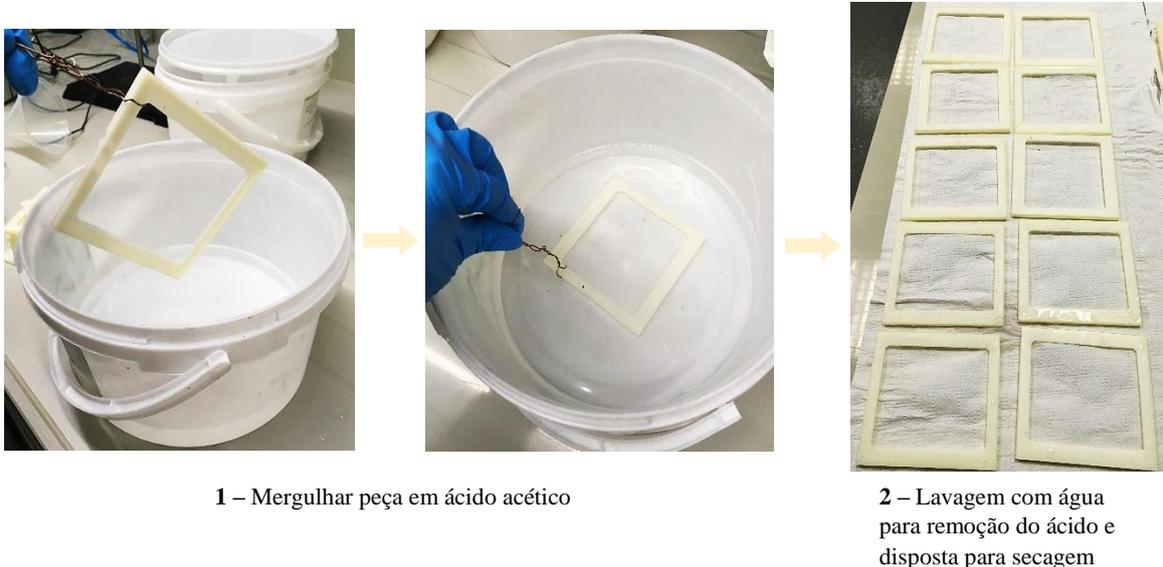


Figura 34 - Ilustração dos passos executados durante o ensaio para medição das tensões residuais

ENSAIO À FLEXÃO EM TRÊS PONTOS

O ensaio de flexão permite determinar certas propriedades mecânicas e de resistência do material como o módulo de rutura e módulo de *Young*, através da aplicação de uma carga crescente em determinados pontos da amostra. Pode ser realizado em três ou quatro pontos selecionados sendo que, neste caso de estudo, foi efetuado a aplicação de tensão em três pontos (Figura 35). Durante a aplicação da carga ocorrem esforços normais e tangenciais na secção transversal da amostra, onde as fibras superiores são comprimidas e as fibras inferiores são tracionadas. Através deste ensaio, pretende-se observar o comportamento do material, nos

diferentes lados da peça, à deformação em flexão e aferir a suscetibilidade do material à falha por rutura em peças injetadas. (LED&MAT, s.d.)

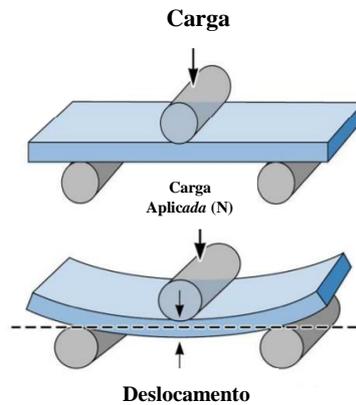


Figura 35 - Ilustração dos pontos onde a carga é aplicada na amostra durante o ensaio de flexão a três pontos (Ruchert, s.d.)

Foi realizado o ensaio em 13 amostras resultantes da moldação por injeção e 13 amostras obtidas por moldação por injeção após mergulhadas em ácido acético (evidencia zonas da peça onde estão acumuladas tensões residuais), para estudar se a zona onde se observam as tensões residuais afeta o desempenho mecânico da peça. Foi analisada de cada amostra uma seção dos 4 lados da peça, como ilustrado na Figura 36. Os parâmetros pré-selecionados foram, a taxa de velocidade da força aplicada na amostra de 5 mm/min e, o deslocamento provocado pela carga na amostra de 15 mm . Obtendo-se os valores da carga máxima para cada amostra até atingir o deslocamento de 15 mm , caso não ocorra fratura da peça.

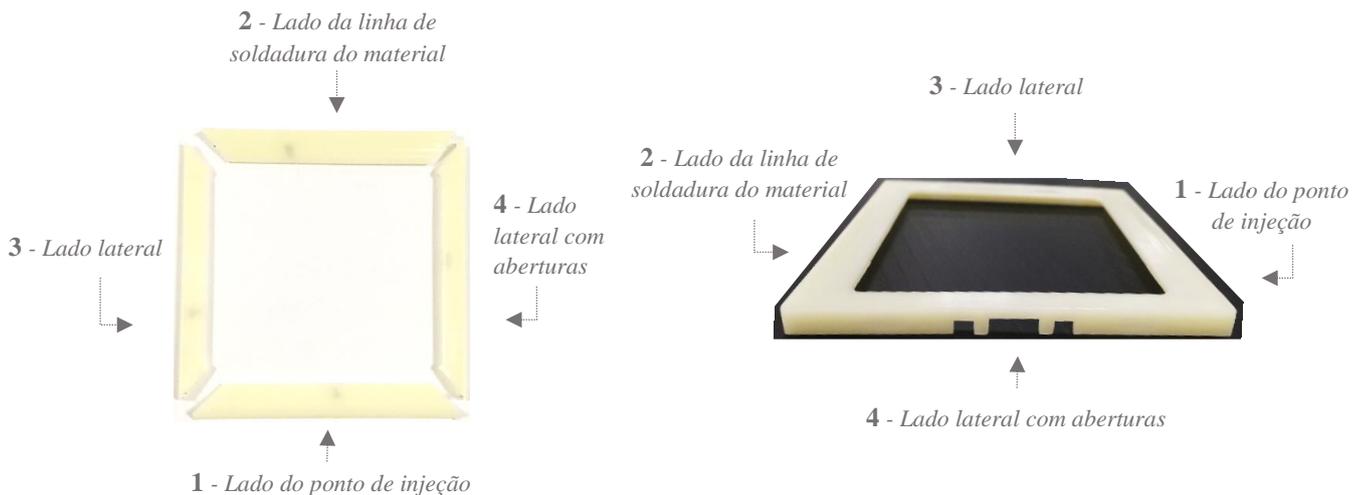


Figura 36 - Ilustração da divisão da peça para posterior análise no ensaio de flexão em três pontos

CÁLCULO DA DENSIDADE

Executou-se o cálculo da densidade com o objetivo de avaliar a compactação do material resultante do processo de moldação por injeção. Ou seja, realizou-se o ensaio para averiguar se existem variações da densidade ao longo da peça, desde o ponto de injeção até ao ponto de junção dos fluxos (linha de soldadura), que poderão posteriormente causar defeitos quando a superfície é sujeita a um ataque químico no processo de cromagem ou pintura. E, também, para verificar se a 2ª Pressão aplicada no processo de injeção compensa a massa volúmica ao longo do material durante a etapa de arrefecimento. A densidade é um parâmetro importante e que está diretamente relacionada com a qualidade do revestimento cromado uma vez que, a compactação do material poderá evidenciar defeitos só visíveis após a aplicação do acabamento. Realizou-se o cálculo da densidade a uma amostragem de 5 peças resultantes do processo de injeção, pelo método de Arquimedes, com a utilização de uma balança analítica eletrónica e um conjunto de equipamentos auxiliares como o propanol líquido para imersão da peça, seguindo a norma ASTM D793 – 13. Cada peça foi subdividida em quatro secções, uma secção do lado referente ao ponto de injeção (a), outra do lado lateral com aberturas (b), outra do lado lateral (c) e, outra do lado de união do fluxo durante o enchimento do material (d), como ilustrado na Figura 37. Procedeu-se à medição da massa de cada amostra e da massa da amostra imersa em propanol, com densidade de 0,785 g/mL a 25°C, para cada amostra realizou-se 5 ensaios. Após a obtenção das massas necessárias, é possível determinar o valor da densidade através da fórmula (1) apresentada.

$$\text{Massa volúmica} = \frac{\text{Peso da amostra} \times \text{Massa Volúmica do líquido}}{\text{Peso da amostra} - \text{Peso da amostra imersa no líquido}} \text{ kg/m}^3 \quad (1)$$

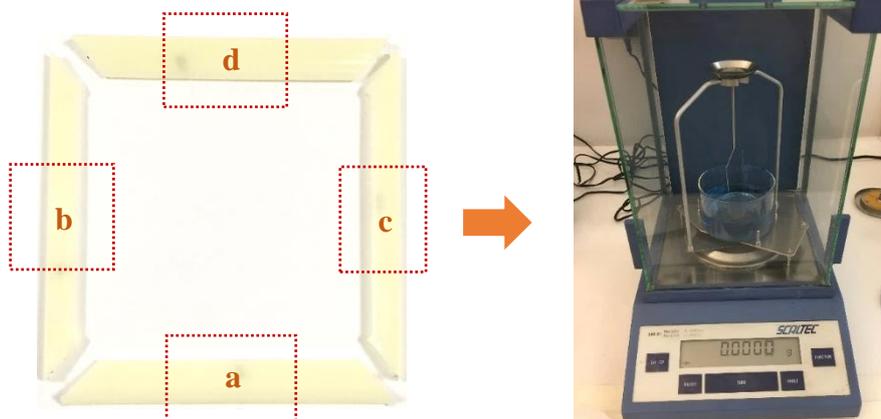


Figura 37 - Ilustração da divisão da frame para proceder ao cálculo da massa na balança analítica eletrónica

CÂMARA CLIMÁTICA - HIDRÓLISE

O ensaio de ciclo térmico, hidrólise, destina-se ao estudo da reação de diferentes propriedades da camada do revestimento como a qualidade da aderência com a superfície, depois de submeter a peça a variações climáticas, como a temperatura e o grau de humidade. Neste ensaio, submete-se as peças a uma alternância de clima cíclico, calor e frio, com o objetivo de se avaliar o comportamento do revestimento aplicado face à variação de temperatura e humidade. Para a realização deste ensaio recorreu-se a norma AA 0203 e, seguiu-se as indicações de trabalho apresentadas no Anexo VII. Uma amostragem de 5 peças injetadas e 5 peças cromadas, foram colocada numa estufa a uma temperatura de 90°C e a 95% de humidade, durante um período de 72 horas. Foram colocadas também, à mesma temperatura e percentagem de humidade, 5 peças cromadas durante um período de 24 horas. Apenas se realizou o ensaio para um período de 24 horas para as peças cromadas uma vez que, o estudo do comportamento das peças com o revestimento metálico é a principal razão deste ensaio. Servindo o ensaio das peças injetadas apenas como meio de comparação com as metalizadas, não contribuindo com dados informativos para as conclusões obtidas através deste ensaio.

MEDIÇÃO DA ESPESSURA DA TINTA

A espessura da tinta trata-se de um parâmetro alvo de diversos estudos para se avaliar a sua uniformidade ao longo da peça pintada. É influenciado, essencialmente, pela técnica de aplicação da tinta, pela peça e, pela tinta. A viscosidade, a velocidade de deslocamento da pistola e, a taxa de fornecimento da tinta, são exemplos de outras variáveis que afetam a espessura final da tinta na peça. (Carvalho, 2013) A medição da espessura da tinta depositada realiza-se através da aplicação do mesmo revestimento nas peças plásticas numa placa de material ferroso. Uma vez que, não é possível executar a medição da espessura da camada de tinta no material plástico porque o aparelho de medição utiliza ultrassons de leitura que os polímeros não conseguem transmitir. Assim, a medição tem que ser feita numa superfície transmissível, como o metal. A espessura da tinta na placa é lida através do equipamento *Elcometer Coating Thickness Gauge*, apresentado na Figura 38, em microns. Efetuou-se o cálculo da espessura da camada de tinta de uma amostragem de 5 peças pintadas, ou seja, 5 placas metálicas, seguindo as instruções de trabalho presentes no Anexo XIV.



Figura 38 - Demonstração da medição da espessura do revestimento de tinta numa placa de material ferroso

TESTE DE ADESÃO PARA PEÇAS PINTADAS

Para avaliar a qualidade e resistência do revestimento de tinta aplicado nas peças, executou-se o teste de adesão, *cross test*. Este ensaio, foi realizado seguindo a norma TL 528-A e, pelas indicações de trabalho apresentadas no Anexo IX. Executou-se o ensaio para uma amostragem de 10 peças pintadas, nas quatro faces de cada uma, como se pode observar na Figura 39. Realiza-se um corte em forma de cruz na peça pintada e, aplica-se uma fita adesiva sobre a superfície riscada. Posteriormente, retira-se o adesivo e é possível avaliar a qualidade da peça através da percentagem de superfície descolada (Figura 40).

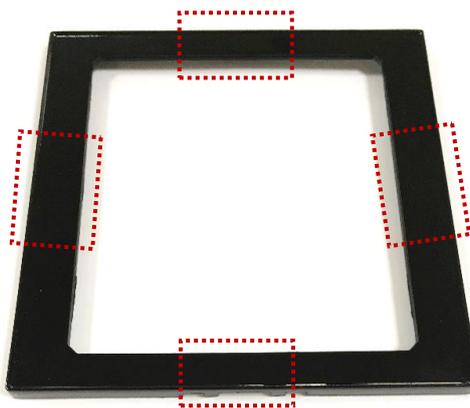


Figura 39 - Identificação das zonas da peça onde se efetuou o Cross Test

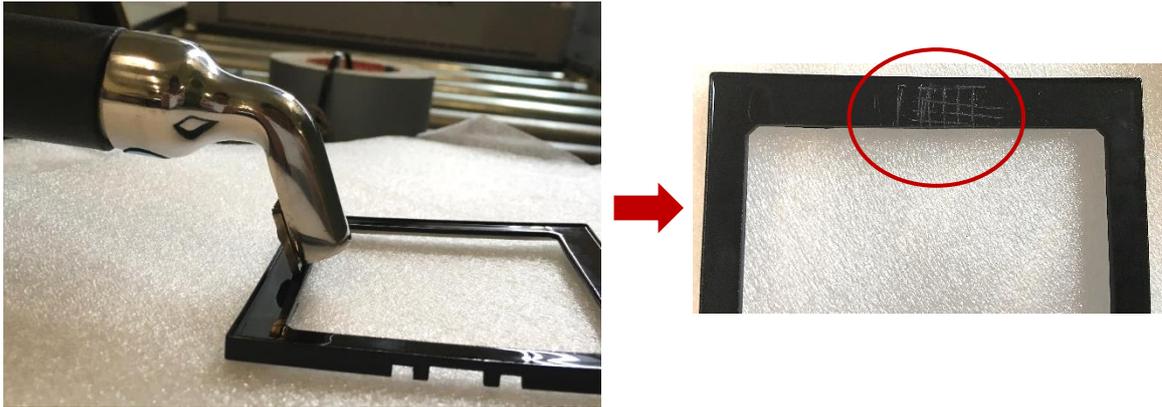


Figura 40 - Ilustração do procedimento do ensaio de adesão da tinta

TESTE DE ADESÃO PARA PEÇAS CROMADAS

Outro teste a ser feito para avaliar o revestimento metálico é o teste de adesão. A resistência da adesão entre o revestimento e a superfície é verificada com a aplicação de um corte em linhas horizontais e verticais na superfície, com a utilização de um aparelho de corte múltiplo – *ELCOMETER Cross Hatch Cuttler*, conforme a DIN EN ISO 2409. Realiza-se o corte em zonas selecionadas da peça, normalmente em áreas de maior comprimento para uma melhor análise do revestimento, e aplica-se a fita adesiva na zona cortada (Figura 41). Após remoção da fita, verifica-se se o revestimento se mantém intacto ou se ocorre extração da camada metálica, indicando uma má adesão entre a superfície e o revestimento. Para a realização deste ensaio seguiu-se as indicações de trabalho apresentadas no Anexo IX.

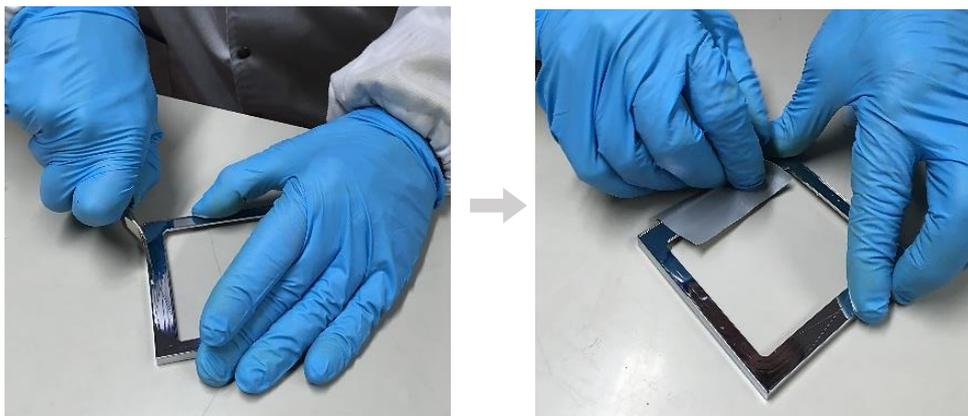


Figura 41 – Demonstração como se executa o teste de adesão ao revestimento metálico aplicado nas peças

ENSAIO DA RESISTÊNCIA DA TINTA AO RISCO

O ensaio da resistência ao risco tem como objetivo avaliar o acabamento superficial das peças pintadas. Seguindo o plano de instrução do ensaio apresentado no Anexo XI, com o auxílio do equipamento *Elcometer Sclerometer*, produz-se um risco com aproximadamente 5-10 mm de comprimento, na zona da peça a analisar e, observa-se o resultado consequente. Caso ocorra remoção da tinta, significa má resistência do acabamento aplicado. Efetuou-se o ensaio a uma amostragem de 10 peças, nas zonas selecionadas na Figura 42.

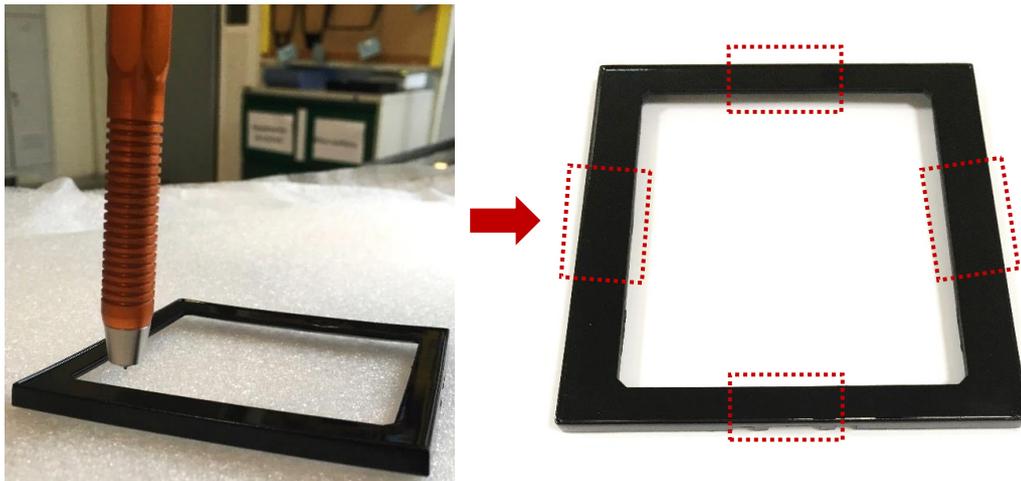


Figura 42 - Identificação das zonas da peça onde se efetuou o ensaio de resistência ao risco

MEDIÇÃO DO BRILHO DA TINTA

O brilho é um parâmetro importante para definir a qualidade e aparência visual das peças plásticas pintadas. “O brilho é apresentado em unidades de brilho (UB), este valor parte de 0 UB, superfície totalmente *mate*, a qual não reflete qualquer tipo de luz, sendo que, os valores máximos podem chegar a 2000 UB, superfície muito brilhante, típico de metais polidos. (...) Cada aparelho é constituído por uma fonte de luz incandescente que é responsável por gerar um feixe de luz que incidirá no recetor.” (Sousa, 2014) A medição do brilho foi realizada com a utilização do aparelho *Sheen Instruments*, apresentado na Figura 43.



Figura 43 - Aparelho para medição do brilho do revestimento de tinta (Instruments, s.d.)

A medição do brilho foi realizada a uma amostragem de 5 peças pintadas, seguindo a instrução de trabalho para o ensaio apresentada no Anexo X (Figura 45). Em cada uma, selecionou-se três pontos díspares para ser possível realizar uma média do brilho do revestimento (Figura 44). Selecionaram-se pontos na face onde se dá a injeção do material, na face onde se dá a união do fluxo do material durante o enchimento e, numa das faces laterais, para ser possível a comparação entre cada.



Figura 44 - Identificação dos pontos onde se efetuou a medição do brilho da tinta

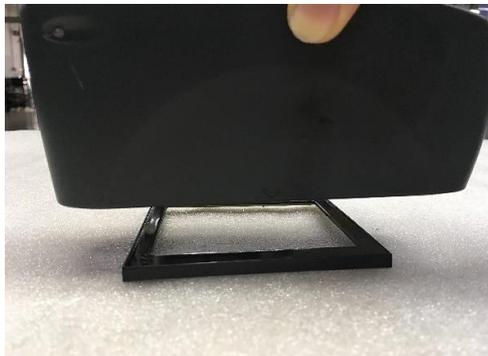


Figura 45 - Demonstração medição do brilho da tinta das peças pintadas

MEDIÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DO REVESTIMENTO METÁLICO

Outra forma de avaliar as peças após o processo de cromagem é a medição da espessura de cada camada depositada constituinte do revestimento. Trata-se de um ensaio realizado com o equipamento *Couloscope* que, executa a medição da espessura na ordem inversa da deposição metálica, isto é, primeiro o cromo, seguido da camada de níquel e de cobre. Com a orientação das instruções de trabalho apresentadas no Anexo XII, agrupou-se uma amostragem constituída por 5 *frames* e, seleccionou-se um ponto estratégico na peça, ilustrado na Figura 46, para se efetuar a medição das espessuras através da utilização do aparelho *Couloscope*. Assim, executa-se a medição das espessuras da camada de cromo, de cobre e de níquel, respetivamente.

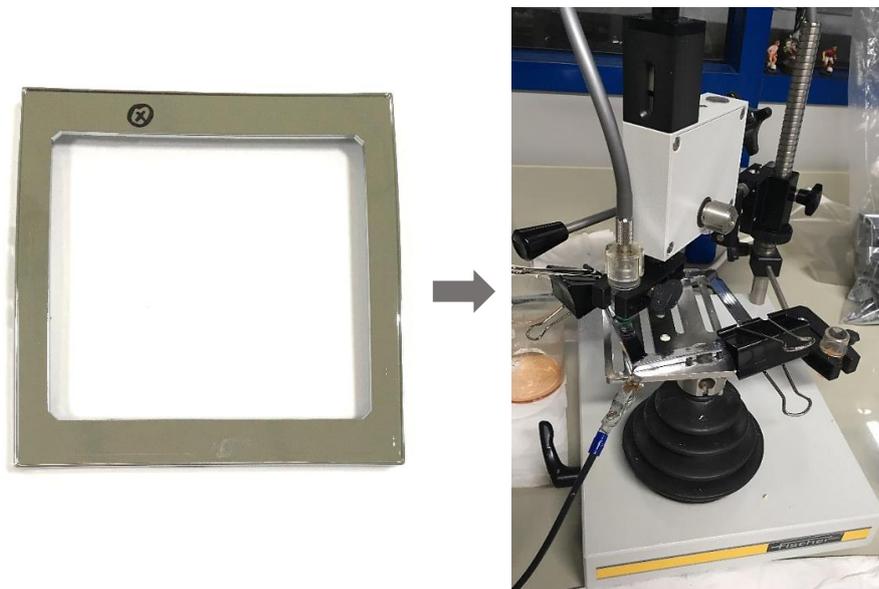


Figura 46 – Ilustração do ponto selecionado na peça para proceder à medição das espessuras das Camadas do Revestimento

MICROSCOPIA ÓTICA POR REFLEXÃO EM PEÇAS INJETADAS

A microscopia ótica por reflexão trata-se de um ensaio bastante utilizado em materiais poliméricos devido a possibilidade de caracterização da microestrutura e caracterização morfológica de superfícies de fratura. Através da microscopia ótica por reflexão observou-se o efeito causado nas peças obtidas por moldação por injeção após imergidas no ácido acético consequente do ensaio das tensões residuais. Analisou-se a zona, zona do ponto de injeção, onde se observou a criação de uma área esbranquiçada após imersão em ácido acético de uma amostra antes e depois da aplicação do ácido acético para posterior conclusão do efeito provocado na superfície, demonstrada na Figura 47. Efetuou-se o ensaio para uma secção da amostra da peça injetada e uma secção da amostra da peça injetada após imersão no ácido acético, através de um microscópio ótico de reflexão com a lente com uma ampliação de 10x1.67 ou seja, *Reflex 10x1.67*.



Figura 47 - Zona da peça observada em microscópico da amostra da peça injetada e da peça injetada após imersão no ácido acético

MICROSCOPIA ÓTICA POR REFLEXÃO EM PEÇA CROMADA

Efetou-se também o ensaio de microscopia ótica por reflexão para analisar as camadas do revestimento metálico aplicado, através de um microscópio ótico de reflexão com a lente com uma ampliação 20x3.3 ou seja, *Reflex 20x3.3*. Selecionou-se uma secção qualificada como sendo de difícil acesso para a deposição do revestimento metálico de uma amostra de uma peça cromada e, para ajudar a uma visualização microscópica mais precisa, foi embebida em resina epóxi, demonstrada na Figura 48, para posterior análise em microscopia ótica por reflexão. Aplicou-se um polimento a este conjunto (amostra com a resina já seca) para eliminação de riscos superficiais, permitindo uma medição mais precisa das camadas do revestimento em vários pontos ao longo da superfície através do microscópio.

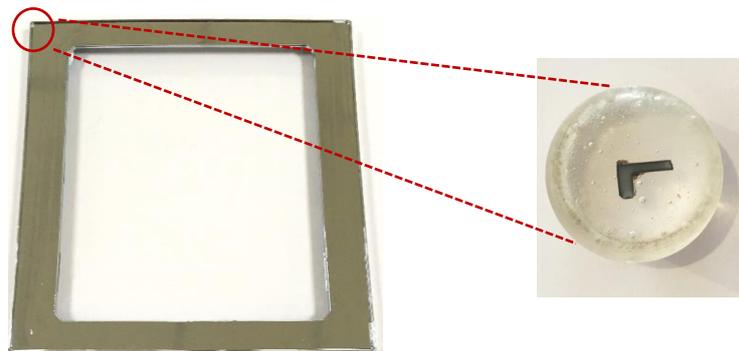


Figura 48 - Ilustração da zona da peça selecionada para estudo através da microscopia ótica por reflexão

TESTE DE CORROSÃO POR EXPOSIÇÃO A NÉVOA SALINA- CASS TEST

As peças metalizadas foram também sujeitas ao teste de corrosão, *cass test*, através do equipamento próprio para o ensaio, da *Ascott* (Figura 49). Este teste tem como principal objetivo a avaliação da resistência corrosiva do depósito metálico a uma atmosfera gerada com pulverização de solução de cloreto de sódio em determinadas condições de temperatura, pressão, concentração e pH, por um determinado período de tempo. Sendo que, a corrosão trata-se de um fenómeno que ocorre nas camadas metálicas devido à deterioração por ação química do meio envolvente. Para a realização deste ensaio recorreu-se a norma TL 528-A e, seguiu-se as indicações de trabalho apresentadas no Anexo XIII. Após limpeza prévia das peças, estas são colocadas numa câmara dispostas a circulação de nevoeiro salino que irá atacar a superfície. Foi selecionado uma amostragem composta por 5 peças cromadas e colocou-se na câmara corrosiva, composta por uma atmosfera com circulação de nevoeiro salino, num período de 24 horas, de forma a, posteriormente, ser possível avaliar a resistência do revestimento metálico.



Figura 49 - Equipamento utilizado para o Teste de Corrosão – Cass Test

CAPÍTULO V. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. ENSAIOS REALIZADOS

Após definição dos parâmetros dos processos de moldação por injeção e, dos revestimentos por pintura e cromagem, submeteram-se as peças resultantes a ensaios para análise dos processos e avaliação do comportamento das peças finais.

MEDIÇÃO DAS COTAS

Este ensaio foi realizado com o propósito de avaliar a variação dimensional de 10 peças injetadas. Após todas as medições realizadas, nos pontos selecionados demonstrados na Figura 32, calculou-se a média e o desvio padrão destas, com o objetivo de demonstrar a regularidade dos dados e para verificar o grau de oscilação dos valores. Na Tabela 2, encontra-se a média e o desvio padrão das medições realizadas à amostragem selecionada. Os valores de todas as medições executadas apresentam-se no Anexo IV.

Tabela 2 - Valores obtidos da medição das cotas da Amostragem de 10 peças

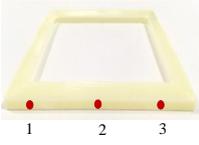
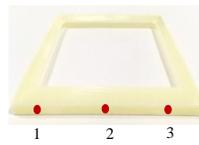
<i>Pontos de Medição das Cotas na Amostra</i>															
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>
<i>Média</i>	7,82 ± 0,058	7,86 ±0,077	10,75 ±0,088	10,71 ±0,034	0,54 ±0,032	0,57 ±0,022	0,68 ±0,038	0,55 ±0,022	5,32 ±0,064	5,36 ±0,045	5,2 ±0,047	5,33 ±0,029	90,18 ±0,024	90,36 ±0,034	1,38 ±0,016
<i>Intervalo aceitável</i>	[7,760-7,879]	[7,782-7,938]	[10,661-10,839]	[10,675-10,745]	[0,507-0,573]	[0,547-0,593]	[0,641-0,719]	[0,527-0,573]	[5,255-5,385]	[5,314-5,406]	[5,152-5,248]	[5,300-5,360]	[90,155-90,205]	[90,325-90,395]	[1,363-1,397]

Através dos valores apresentados na Tabela 2, é possível concluir que a variação dimensional entre as *frames*, relativos à média dos valores medidos, é de mínima extensão, indicando um processo de moldação por injeção regular e uniforme. Encontrando-se todos os valores das cotas da peça dentro do intervalo aceitável pré-definido.

MEDIÇÃO DA TEXTURA/RUGOSIDADE SUPERFICIAL

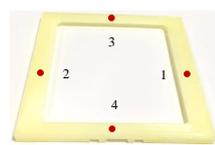
A medição da rugosidade superficial da peça injetada, Ra , realizou-se com o auxílio do aparelho de medição de textura, seguindo a norma de ensaio VDI 3400 e as instruções que se encontram no Anexo V. Selecionou-se uma amostragem de 10 peças injetadas para o ensaio. Na Tabela 3 estão apresentados os resultados obtidos dos pontos medidos das faces laterais.

Tabela 3 – Média dos resultados obtidos após a medição da textura na peça - Lados

	Lado paralelo ao lado do ponto de injeção	Lado perpendicular ao lado do ponto de injeção	Lado do ponto de injeção	Média
				
Ponto 1	0,37 μm	0,36 μm	0,36 μm	0,36 μm
Ponto2	0,34 μm	0,34 μm	0,35 μm	0,34 μm
Ponto3	0,34 μm	0,35 μm	0,34 μm	0,34 μm

Através dos resultados obtidos neste ensaio, detém-se que o ponto que apresenta um valor superior é o ponto 1. A obtenção deste resultado pode ser explico devido a alguma irregularidade do molde. Este valor não irá afetar a qualidade final do revestimento, sendo aceitável. Observou-se regularidade entre os valores referentes aos diferentes lados da *frame*. Na Tabela 4 são apresentados os resultados obtidos dos pontos medidos na base superior da *frame*.

Tabela 4 – Média dos resultados obtidos após a medição da textura na peça - Base

	Base superior da frame
	
Ponto 1	0,41 μm
Ponto2	0,36 μm
Ponto 3	0,34 μm
Ponto 4	0,34 μm

É possível observar nos resultados obtidos na Tabela 4 que, o ponto que apresenta um maior valor relativo à rugosidade é o ponto 1. Este ponto situa-se na face onde se dá o início do enchimento do material, ou seja, onde se encontra o ponto de injeção. Assim, observa-se um valor superior neste ponto uma vez que o fluxo tem um arrefecimento mais rápido na área do ponto de injeção do material causando uma maior acumulação de material na zona, traduzindo-se numa maior rugosidade superficial. Conclui-se então que, através de todos os resultados obtidos, a peça apresenta uma superfície regular, sem a presença de elevados picos de textura.

MEDIÇÃO DAS TENSÕES INTERNAS

Foi efetuado o ensaio para uma amostragem de 15 peças injetadas. O plano de instrução do ensaio para medição das tensões internas encontra-se apresentado no Anexo VI. A peça moldada é mergulhada durante aproximadamente 2 minutos numa solução de ácido acético e, posteriormente lavada com água corrente para remoção do líquido. É então disposta numa superfície para secar e analisada. O resultado obtido é apresentado na Figura 50.

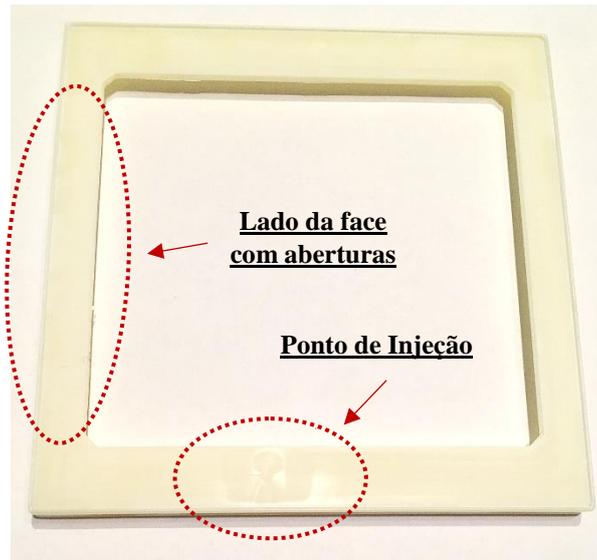


Figura 50 - Peças resultantes do Ensaio de Medição das Tensões Residuais

É possível observar áreas brancas nas zonas das peças assinaladas na Figura 50 onde existem tensões acumuladas após estas serem mergulhadas em ácido acético. Como a peça é injetada num material branco, as manchas que se desenvolvem são difíceis de realçar, devido à falta de contraste. Estas manchas indicam a presença de microfissuras na peça, causadas pelo ataque da solução na superfície. Ou seja, quando sujeito ao ataque da solução o material irá empenar ou criar fissuras na superfície se apresentar tensões residuais. Estas zonas indicam a presença de tensões residuais na peça uma vez que, o ataque químico provocado pelo ácido acético na superfície, provoca a mobilidade molecular causando micro-vazios que, ao ser incidida a luz irá ocorrer difusão e emissão de luz branca. A ação do ácido acético provoca a libertação das tensões causado mobilidade molecular.

Nota-se que, uma das áreas onde é possível observar a presença das manchas é na zona do ponto de injeção, sendo esta, a área onde se desenvolve mais tensões ao longo do processo, devido ao rápido arrefecimento do fluxo quando injetado. A outra zona assinalada trata-se do lado onde apresenta aberturas na face lateral, onde poderá ter ocorrido o desenvolvimento de tensões residuais devido ao escoamento do fluído durante a injeção.

ENSAIO À FLEXÃO EM TRÊS PONTOS

Nesta secção de ensaios são apresentados os resultados consequentes ao ensaio à flexão em três pontos da amostra, de acordo com a norma experimental ASTM C 393. Foi realizado o ensaio em 13 amostras resultantes da moldação por injeção e 13 amostras obtidas por moldação por injeção após mergulhadas em ácido acético, para estudar se a zona onde se observam as tensões residuais afeta o desempenho mecânico da peça. Foi analisada de cada amostra uma secção dos 4 lados da peça. Os parâmetros pré-selecionados foram, a taxa de velocidade da força aplicada na amostra de 5 mm/min e, o deslocamento provocado pela carga na amostra de 15 mm. Obtendo-se os valores da carga máxima para cada amostra até atingir o deslocamento de 15 mm, caso não ocorra fratura da peça. A utilização da carga destina-se para prever o comportamento da peça quando sujeita a uma deformação, bem como, avaliar a sua resistência mecânica.

O gráfico obtido através do ensaio combina os dados da carga vs deslocamento, onde é possível retirar valores como a carga máxima exercida na amostra. Os dados adquiridos através do ensaio foram agrupados e, selecionados para consequente análise, estão apresentados no gráfico ilustrado na Figura 51.

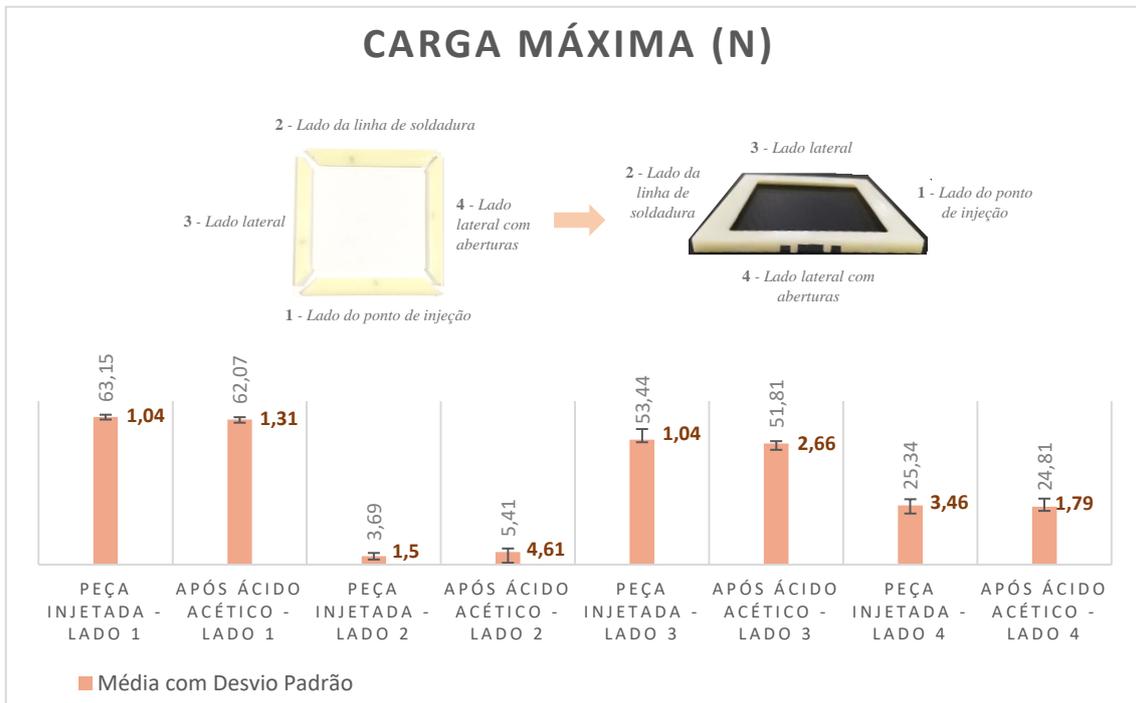


Figura 51 – Gráfico da média e desvio padrão dos valores da Carga Máxima obtidos no ensaio de Flexão em três pontos

Na Figura 51 estão apresentados a média e o desvio padrão dos valores individuais de cada amostra (injetada e injetada após mergulhada em ácido acético), relativos à carga máxima aplicada até rotura, ou até atingir o deslocamento máximo pré-definido, durante o ensaio. Sendo que, o lado 1 trata-se do lado onde se encontra o ponto de injeção, o lado 2 onde acontece a união do fluxo de material durante o enchimento no processo de injeção, o lado 3 é o lado lateral e, o lado 4 o lado lateral que possui aberturas, como identificado na Figura 36.

É possível concluir que, tanto na peça injetada como na peça injetada após mergulhada em ácido acético, a zona mais frágil da *frame* se trata da que possui a linha de soldadura de união do material durante o enchimento no processo de injeção, identifica com o número 2. Sendo este, o único lado da *frame* que cedeu à força aplicada, causando rutura do material, a um deslocamento aproximadamente de 9 mm. Enquanto que, os restantes lados da peça suportaram a carga até ao valor pré-estabelecido de 15 mm. Os valores relativos ao lado 4 são inferiores comparativamente com o lado 1 e 2, devido à presença das aberturas laterais, traduzindo-se numa menor espessura.

Foi previamente discutido no relatório a ação do ácido acético na superfície da peça. Sendo que, este, provoca um ataque químico superficial com o principal objetivo de evidenciar as tensões residuais internas. Assim, como se observou rutura apenas no lado onde se encontra a linha de soldadura do material, procedeu-se a uma melhor análise deste lado da amostra. Determinou-se, então, que a peça injetada possui menor resistência à flexão comparativamente com a peça mergulhada em ácido acético. Tendo quebrado a um menor deslocamento da carga e a uma menor carga aplicada na amostra. Este facto pode ser explicado devido à ação que o solvente tem na superfície da peça, causando o aumento da mobilidade molecular o que, poderá ter promovido uma maior difusão molecular.

Concluiu-se então que, o lado onde se situa o ponto de injeção apresenta uma maior concentração de tensões residuais internas do que o lado onde se dá a união do fluxo de material durante o enchimento. Nota-se também que, a amostragem de peças injetadas após a imersão em ácido acético apresentou uma maior resistência no lado 2, onde se encontra a linha de soldadura comparativamente com a amostragem de peças injetadas. Através do ensaio à flexão em três pontos realizado é possível concluir que, em todas as amostras analisadas, o lado que cede à tensão aplicada, provocando fratura da peça, se trata do que possui a linha de soldadura do material. Assim, este será o lado onde, em caso de aplicação de uma força excessiva sobre a *frame*, poderá fraturar.

CÁLCULO DA DENSIDADE

Realizou-se o cálculo da densidade a uma amostragem de 5 peças resultantes do processo de injeção, pelo método de Arquimedes, com a utilização de uma balança analítica eletrônica e um conjunto de equipamentos auxiliares como o propanol líquido para imersão da peça, seguindo a norma ASTM D793 – 13. Cada peça foi subdividida em quatro secções, uma secção do lado referente ao ponto de injeção (a), outra do lado lateral com aberturas (b), outra do lado lateral (c) e, outra do lado de união do fluxo durante o enchimento do material (d). A média da massa volúmica calculada dos ensaios realizados para cada amostra está apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Média e Desvio Padrão dos resultados obtidos do ensaio do cálculo da densidade

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
Média	1,0404	1,0618	1,0201	1,0304
Desvio Padrão	0,0356	0,0464	0,0228	0,0020

Através dos valores apresentados na Tabela 5, relativos à média e ao desvio padrão da massa volúmica de cada amostra, é possível concluir que existe uma coerência entre os dados obtidos, de cada parte da *frame*. O lado referente ao lado lateral com as aberturas, (b), é o que apresenta a média dos valores de densidade maior. Traduz-se assim, na zona onde ocorre maior compactação do material durante o processo de injeção. Conclui-se que o processo se encontra estável e sem grande variação entre as peças injetadas.

CÂMARA CLIMÁTICA - HIDRÓLISE

Este ensaio destina-se a peças cromadas com o intuito de avaliar o revestimento. Porém, apenas para efeitos de estudo e melhor percepção do comportamento estrutural da peça, efetuou-se também o ensaio para peças injetadas. Uma amostragem de 5 peças injetadas e 5 peças cromadas, foram colocada numa estufa a uma temperatura de 90°C e a 95% de humidade, durante um período de 72 horas. Foram colocadas também, à mesma temperatura e percentagem de humidade, 5 peças cromadas durante um período de 24 horas. Apenas se realizou o ensaio para um período de 24 horas para as peças cromadas uma vez que, o estudo do comportamento das peças com o revestimento metálico é a principal razão deste ensaio. O resultado do ensaio está apresentado na Figura 52 e na Tabela 6.

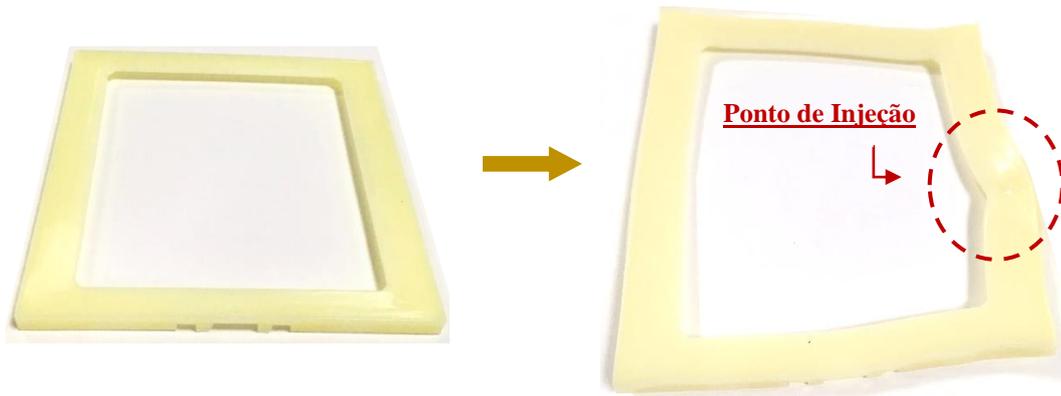


Figura 52 - Peças resultantes do Teste de Hidrólise durante 72 horas

Tabela 6 - Resultados Ensaio Ciclo Térmico 72h

Ensaio <u>Ciclo térmico durante 72h</u>	Resultado	
	OK <i>(peças com resultado positivo)</i>	N.OK <i>(peças com resultado negativo)</i>
1ªAmostra		✗
2ªAmostra		✗
3ªAmostra		✗
4ªAmostra		✗
5ªAmostra		✗

Como é possível observar na Figura 52, após submeter as peças injetadas às condições pré-definidas num período de 72 horas, traduziu-se numa grande variação dimensional. Uma vez que, a temperatura provoca o aumento da orientação das moléculas, provocando a distorção das peças. Esta deformação foi observada essencialmente na zona do ponto de injeção, como assinalado na Figura 52. Assim, devido à extrema deformação observada, é possível concluir que a peça apresenta acumulação de tensões internas nesta área desenvolvidas pelo rápido arrefecimento durante a injeção do fundido. As tensões residuais desenvolvem-se devido ao rápido arrefecimento a que o material é sujeito quando injetado e, também podem ser desenvolvidas devido a ações mecânicas durante o escoamento. Assim, quando submetido a ataques químicos ou térmicos, como neste estudo, provoca o desequilíbrio molecular provocando deformação da peça.

Este ensaio, com os mesmos parâmetros de temperatura e humidade, foi feito também para peças com acabamento metálico para um período de 72 horas e para um período de 24 horas.

As peças cromadas dispostas na câmara climática por 24 horas (Figura 53) não apresentaram consequências do ensaio, não ocorreu deformação visível nas peças. Uma vez que, o revestimento metálico proporciona uma maior resistência às peças injetadas quando sujeitas a condições climáticas adversas. No que diz respeito às peças dispostas na câmara climática por um período de 72 horas (Figura 54), observou-se a criação de um ligeiro empeno nas peças, derivado de serem dispostas às condições no interior da câmara durante um período de tempo maior.

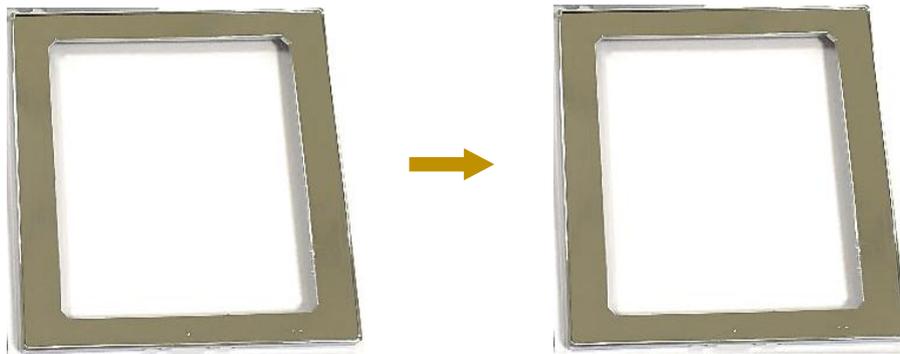


Figura 53 – Peças resultantes do teste de Hidrólise durante 24 horas

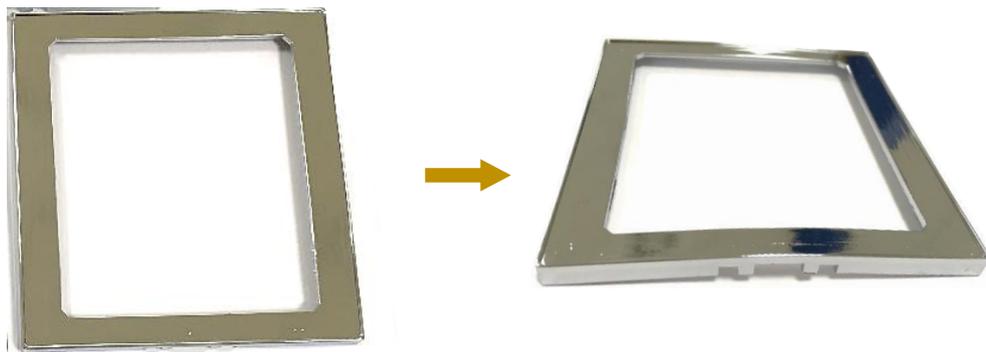


Figura 54 – Peças resultantes do teste de Hidrólise durante 72 horas

Tabela 7 - Resultados Ensaio Teste Hidrólise durante 24h e 72h

Ensaio Teste Hidrólise Durante 24h e 72h	Resultado	
	OK <i>(peças com resultado positivo)</i>	N.OK <i>(peças com resultado negativo)</i>
1ªAmostra	✗	
2ªAmostra	✗	
3ªAmostra	✗	
4ªAmostra	✗	
5ªAmostra	✗	

Após a realização deste ensaio, realizou-se o teste de adesão, apresentado mais à frente no relatório, em todas as amostras para verificar a aderência do revestimento à superfície. Todas as amostras apresentaram um resultado positivo. Concluindo-se assim que as peças possuem um bom revestimento metálico.

MEDIÇÃO DO BRILHO DA TINTA

A medição do brilho foi realizada com a utilização do aparelho *Sheen Instruments*, a uma amostragem de 5 peças pintadas, seguindo a instrução de trabalho para o ensaio apresentada no Anexo X. A média dos valores obtidos na amostragem está apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 – Média dos resultados da medição do brilho nas peças pintadas

Amostra	<u>Média</u>
1	90,2 Gu
2	90,1 Gu
3	90,0 Gu
4	90,8 Gu
5	91,0 Gu
	<u>Limite:</u> 90,0 ± 1,0 Gu

Através dos valores obtidos das medições realizadas nas peças, observa-se que os resultados não apresentam grandes variações associadas ao lado da peça onde foi feita a medição. Conclui-se assim, que o brilho é de aproximadamente 90 Gu, *Gloss Unit*, estando dentro dos limites impostos.

MEDIÇÃO DA ESPESSURA DA TINTA

Através da placa de material ferroso, pintada juntamente com as peças, foi possível medir a espessura da camada da tinta e, calcular a média de uma amostragem de 5 peças pintadas, seguindo as instruções de trabalho presentes no Anexo XIV. Efetuou-se o cálculo da espessura da camada de tinta de uma amostragem de 5 peças pintadas, ou seja, 5 placas metálicas, seguindo as instruções de trabalho presentes no Anexo XIV. A média dos resultados obtidos foi de 25 μm , sendo que os limites estabelecidos para a espessura são de 25,0 \pm 0,5 μm . Assim, os valores obtidos da espessura da tinta encontram-se dentro dos limites pré-estabelecidos. Concluindo-se assim que, a camada de tinta aplicada na peça plástica apresenta a espessura pretendida.

TESTE DA ADESÃO PARA PEÇAS PINTADAS

Aplicou-se um corte em forma de grade nas quatro faces da peça e, com a ajuda de fita adesiva verifica-se se, após remoção da fita, o revestimento se mantém intacto ou se levanta a camada de tinta, indicando uma má adesão entre a superfície e o revestimento. Executou-se o ensaio para uma amostragem de 10 peças pintadas, nas quatro faces de cada peça, e os resultados são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados obtidos após Teste de Aderência em peças pintadas

Ensaio	AMOSTRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Teste aderência											
RESULTADO											
<i>OK – Revestimento com boa aderência</i>		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
<i>N.OK – Revestimento com má aderência</i>											

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados obtidos após realização do teste de adesão na amostragem de 10 peças, nas quatro faces distintas da *frame*. Como, em todas as amostras, não se observou remoção de tinta na zona onde foi efetuado o corte na superfície conclui-se que, apresentam um revestimento de tinta com boa adesão. Caso se observasse presença de tinta na fita após a remoção da fita aplicada sobre a zona dos quadrados do corte significaria que, o revestimento apresentava má adesão com a superfície.

ENSAIO DA RESISTÊNCIA DA TINTA AO RISCO

O ensaio da resistência ao risco foi realizado a uma amostragem de 10 peças, seguindo o plano de instrução do ensaio apresentado no Anexo XI. Com o auxílio do equipamento *Elcometer Sclerometer*, produz-se um risco de aproximadamente 5-10 mm de comprimento, na zona da peça a analisar e, avalia-se o resultado consequente. Os resultados do ensaio são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados obtidos após ensaio de Resistência ao Risco em peças pintadas

Ensaio	AMOSTRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Resistência ao Risco											
RESULTADO											
<i>OK – Revestimento com boa resistência ao risco</i>		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
<i>N.OK – Revestimento com má resistência ao risco</i>											

Após o ensaio, observou-se apenas a presença da marca consequente do risco efetuado, sem remoção da tinta. Concluindo-se assim que, todas as amostras apresentam uma boa resistência ao risco, traduzindo-se num revestimento aplicado com resistência e qualidade.

TESTE DA ADESÃO PARA PEÇAS CROMADAS

O teste de adesão foi aplicado a uma amostragem de 10 peças cromadas, seguindo as indicações de trabalho apresentadas no Anexo IX. Realiza-se um corte, em linhas horizontais e verticais, em zonas selecionadas da peça, indicadas na Figura 55, por se tratarem das laterais com área de maior largura permitindo uma melhor análise. Aplica-se a fita adesiva na zona do corte e, após remoção desta, verifica-se se o revestimento se mantém intacto ou se ocorre extração da camada metálica, indicando uma má aderência entre a superfície e o revestimento. Os resultados obtidos neste ensaio são apresentados na Tabela 11.

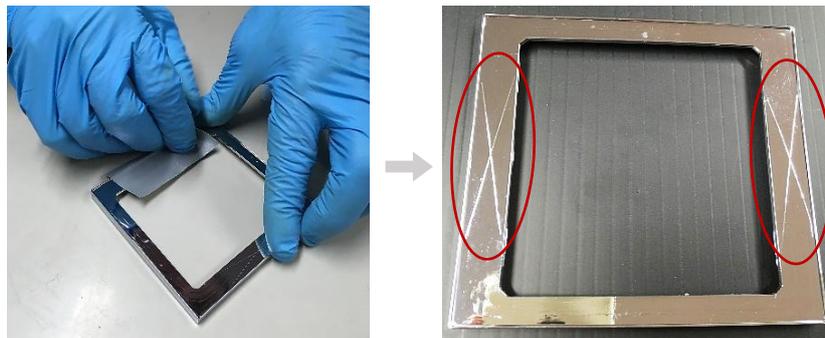


Figura 55 – Demonstração como se executa o teste de adesão ao revestimento metálico aplicado nas peças

Tabela 11 – Resultados obtidos após Teste de Aderência em peças cromadas

Ensaio	AMOSTRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Teste aderência											
RESULTADO											
<i>OK – Revestimento com boa aderência</i>		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
<i>N.OK – Revestimento com má aderência</i>											

Através da Tabela 11, verifica-se que todas as amostras apresentam um revestimento metálico com boa adesão à superfície plástica, não ocorrendo remoção da camada metálica após o ensaio.

MICROSCOPIA ÓTICA POR REFLEXÃO EM PEÇAS INJETADAS

Efetuuou-se o ensaio para uma secção de uma peça injetada e uma secção de uma peça injetada após imergida em ácido acético, através de um microscópio óptico de reflexão com a lente com uma ampliação de 10x1.67 ou seja, *Reflex 10x1.67*.

Analizou-se a zona onde se observou a criação de uma área esbranquiçada, após imersão em ácido acético, em duas amostras. Sendo uma delas antes da aplicação do ácido acético e a outra depois, para ser possível o estudo do efeito provocado na superfície (Figura 56).

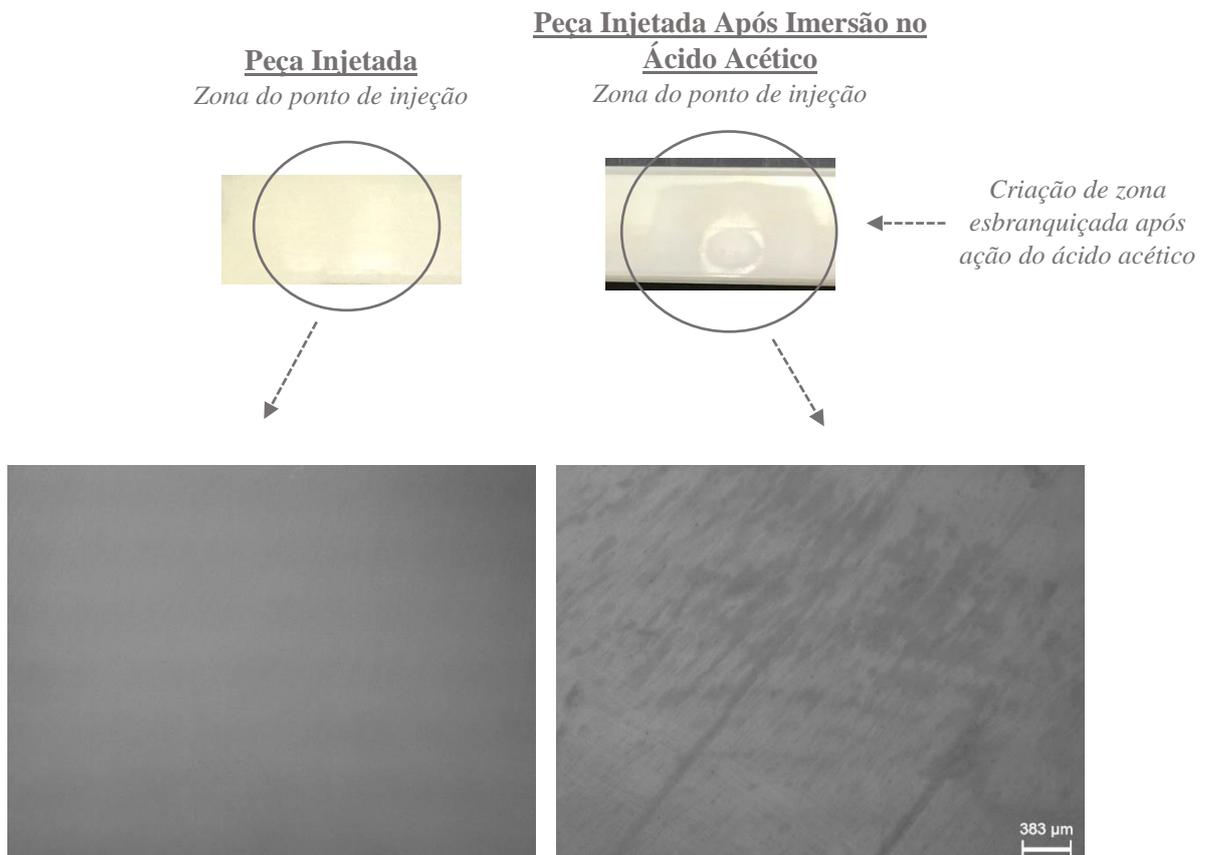


Figura 56 - Resultado da observação das peças através da microscopia óptica por reflexão

Através da imagem microscópica observa-se o ataque químico resultante da ação do ácido acético na superfície do material plástico. A área analisada apresentou o desenvolvimento de uma zona esbranquiçada, indicativo de presença de acumulação de tensões residuais internas, na zona do ponto de injeção, após mergulhada em ácido acético. Sendo facilmente visível, nas imagens obtidas através do microscópio, o ataque provocado na superfície. Através da utilização do ácido acético é possível observar áreas brancas nas zonas das peças, o que significa a presença de tensões internas na peça, desenvolvidas durante o arrefecimento brusco do material durante o

processo de injeção. Estas manchas indicam a presença de microfissuras, causadas pelo ataque da solução na superfície, como já explicado no relatório.

MEDIÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DO REVESTIMENTO METÁLICO

Efetuuou-se a medição das espessuras das camadas metálicas sobrepostas, seguindo as instruções de trabalho apresentadas no Anexo XII, a uma amostragem de 5 peças cromadas. Estão apresentados na Tabela 12 os resultados obtidos após cada medição.

Tabela 12 – Média dos resultados da medição das Espessuras das Camadas do Revestimento

<i>Camada</i> (Valores Limite)	<i>CRÓMIO</i> (0,25-0,30)	<i>COBRE</i> (14,0-21,0)	<i>NÍQUEL</i> (17,0-23,0)
<i>Média</i>	0,292	18,36	19,12

Observa-se que as espessuras das camadas constituintes do revestimento metálico, de todas as amostras estudadas, estão de acordo com os limites estabelecidos. Assim, conclui-se que, o revestimento metálico aplicado está de acordo com o pretendido.

MICROSCOPIA ÓTICA POR REFLEXÃO EM PEÇAS CROMADAS

Efetuuou-se também o ensaio de microscopia ótica por reflexão para analisar as camadas do revestimento metálico aplicado, através de um microscópio óptico de reflexão com a lente com uma ampliação 20x3.3 ou seja, *Reflex 20x3.3*. Selecionou-se uma secção de uma peça cromada e, para uma visualização microscópica mais precisa, foi embebida em resina epóxi para posterior análise através do microscópio ótico por reflexão.

Após realizadas as medições das camadas do revestimento metálico através do microscópio concluiu-se que, a camada de crómio apresenta, ao longo da superfície, valores compreendidos entre 0,2-0,3 μm , a camada de cobre apresenta valores entre 17-19 μm e, a camada de níquel entre 18-22 μm . Mediu-se também a espessura na zona que, teoricamente, se trata da mais crítica a aplicar o revestimento metálico, apresentada na Figura 57.

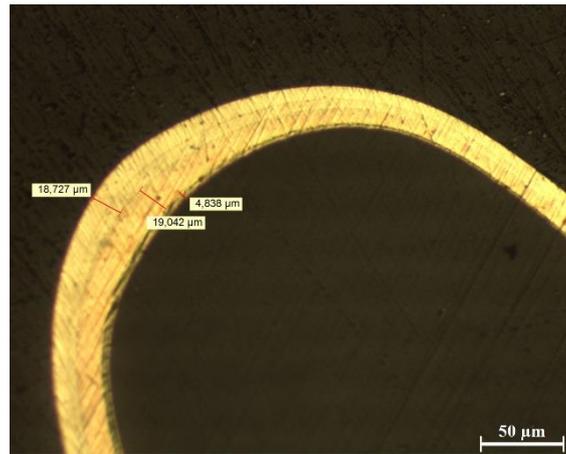


Figura 57 – Imagem microscópica das camadas de revestimento cromado da zona da peça selecionada

Observou-se um valor, referente à camada de cromo ($4,838 \mu\text{m}$), que não é coerente com os restantes valores medidos ao longo da superfície, deveria estar compreendido entre $0,2-0,3 \mu\text{m}$. Este facto pode ser explicado por se tratar de uma zona de difícil aplicação do revestimento metálico, dificultando a uniformização das camadas e causando acumulação de matéria. Em relação às restantes camadas, encontram-se dentro dos limites aceitáveis. Como nesta zona não se observa defeito no revestimento da peça, o valor obtido é aceitável.

Desta forma conclui-se que, os valores das espessuras das camadas metálicas obtidos ao longo da superfície coincidiram com os medidos através da utilização do aparelho *Couloscope*, apresentados em cima no ensaio da medição das espessuras das camadas do revestimento metálico. Estando assim, todas as camadas constituintes do revestimento metálico dentro dos limites pré-estabelecidos.

TESTE DE CORROSÃO POR EXPOSIÇÃO A NÉVOA SALINA- CASS TEST

Para a realização deste ensaio recorreu-se a norma TL 528-A e, seguiu-se as indicações de trabalho apresentadas no Anexo XIII. Foi selecionado uma amostragem composta por 5 peças cromadas e, após limpeza das peças, foram colocadas na câmara corrosiva, composta por uma atmosfera com circulação de nevoeiro salino, num período de 24 horas, de forma a, posteriormente, ser possível avaliar a resistência do revestimento metálico. O resultado do ensaio foi avaliado por inspeção ótica e, apresentado na Tabela 13 e Figura 58.

Tabela 13 - Resultados Ensaio Teste de Corrosão



Figura 58 – Peça resultante do Cass Test

Ensaio Teste da Corrosão - Cass Test	Resultado	
	OK (peças com resultado positivo)	N.OK (peças com resultado negativo)
1ªAmostra	✗	
2ªAmostra	✗	
3ªAmostra	✗	
4ªAmostra	✗	
5ªAmostra	✗	

As peças seriam avaliadas como “not ok” (resultado não ótimo) caso se desenvolvessem manchas castanhas na superfície, resultado da corrosão por oxidação da camada metálica. Indicando que a camada metálica aplicada não se tratava de um bom revestimento e, não apresentava a resistência corrosiva pretendida. O que, neste caso, não é o observado.

Em todas as peças, o resultado foi positivo, não ocorrendo sinais corrosivos nas camadas metálicas após o ensaio, significando um bom revestimento metálico aplicado nas peças plásticas.

CAPÍTULO VI. CONCLUSÃO

Na presente dissertação foi apresentado todo o estudo dos processos envolventes da produção de uma peça, desde a moldação por injeção até às etapas de acabamento (pintura e cromagem). A *frame* desenvolvida compete-se para o encaixe com um equipamento elétrico e com um painel de vidro frontal, com a finalidade de ser utilizado como dispositivo *touch* inserido na indústria domótica (Figura 59).

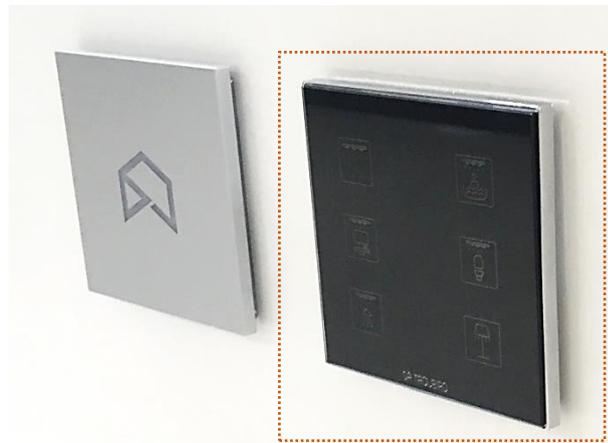


Figura 59 - Frame desenvolvida emparelhada no conjunto final

O desenvolvimento da peça concebida neste projeto, apesar de se tratar de uma peça simples e sem grande complexidade dimensional, exigiu um estudo extensivo e uma análise cuidadosa da definição das condições ideais de todas as etapas da produção até se atingir a qualidade final pretendida para a peça.

Foi possível comprovar que todas as etapas constituintes da produção de uma peça estão relacionadas entre si. Desde a escolha do material a injetar, até aos processos de acabamento. Constatou-se também que, maior parte dos defeitos desenvolvidos durante o processo de moldação por injeção irão ser posteriormente evidenciados quando aplicados os acabamentos de pintura e cromagem. Assim, o processo de injeção deverá ser sempre seguido com a devida atenção e sujeito a melhorias contínuas para garantir a qualidade das peças injetadas.

Por sua vez, os acabamentos, também deverão ser aplicados em condições controladas e estáveis para não causarem o desenvolvimento de irregularidades nas peças. Tanto o processo de pintura como o processo de cromagem necessitaram de estudo, através de ensaios específicos, para estabilização e seleção dos parâmetros ideais de cada processo. Porém, foi possível concluir

que, todos os defeitos observados sucederam do processo de moldação por injeção. Os acabamentos aplicados nas peças injetadas proporcionam uma maior resistência mecânica e ambiental à peça, bem como, uma aparência mais apelativa.

Concluindo, através dos resultados obtidos dos ensaios, foi possível constatar que o principal fator que originou o desenvolvimento de defeitos na peça e, afetou o resultado da qualidade dos acabamentos, foi a existência de tensões residuais internas consequentes do processo de moldação por injeção. Posto isto, foi possível ajustar o processo de injeção e produzir peças estáveis, com a qualidade pretendida, para serem posteriormente revestidas dando origem a *frames* com a qualidade desejada.

BIBLIOGRAFIA

- Ana Paula Kurek, M. G., s.d. Redução e Substituição do Ácido Crômico na Etapa de Condicionamento de ABS para Metalização. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 19, nº 3, p. 248-254, 2009.
- Ana Paula Kurek, N. S. M. G., 2009. Redução e Substituição do Ácido Crômico na Etapa de Condicionamento de ABS para Metalização. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, pp. p. 248-254.
- Anon., 2012. *Injeção e Caracterização do Comportamento Mecânico de Polímeros Termoplásticos*, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra: Mestrado em Equipamentos e Sistemas Mecânicos.
- Anon., s.d. [Online]
Available at: <http://www.mexpolimeros.com/images/abs-form2.PNG>
- ARBURG, 2004. Practical Guide to Injection Moulding. Em: s.l.:Vannessa Goodship, p. 3.
- Carvalho, J. P. F. d., 2013. *Definição de condições de pintura de peças para autorrádio*, Universidade do Minho - Escola de Engenharia: Tese de Mestrado.
- Cheik, R. C., 2010. *Estudo de uma linha de cromagem visando aumento de produtividade*, Unilasalle - Centro Universitário La Salle: Trabalho de conclusão de curso de Bacharel em Química .
- Corazza, E. J., 2012. *Influência do tratamento de nitretação em cavidades de aço P20 de moldes de injeção de termoplásticos*, Universidade da região de Joinville - Univille: Dissertação.
- Costa, A., 2017. *Projeto 3d em Solidworks*. s.l.:FCA.
- DALBIN, S. & POMMIER, N., s.d. Metalização em Plástico – Preparação Química antes da Metalização. Em: *Beyond the Surface*. s.l.:s.n., p. 35.
- Fehst, 2017. *Fehst*. [Online]
Available at: <http://www.fehstgroup.com/pt/>
- Ferreira, R. O., 2016. *Optimização de peças de plástico obtidas por injeção*, Instituto Superior Técnico Lisboa: Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.
- Flúidos, L. d., s.d. *Princípio de Arquimedes e Densimetria*, UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA: Curso de Física.
- Harada, J., 1994. Peças com Defeitos de Injeção do Tipo Empenamento Sob Contração Irregular. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, Jan/Mar.
- Harada, J., 2004. *Moldes para Injeção de Termoplásticos - projetos e princípios básicos*. s.l.:ArtLiber.
- Iber-Oleff, 2013. *Estudo da estabilidade do caudal do processo de pintura*, s.l.: s.n.

Instruments, S., s.d. *Appearance: Gloss*. [Online]

Available at: <https://sheeninstruments.com/sites/sheeninstruments.com/files/SHE14a-Tri-Glossmaster.pdf>

Kurek, A. P., 2008. *Avaliação da redução e substituição do ácido crômico na etapa de condicionamento químico de peças em ABS*, UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNIVILLE: Dissertação.

Kurek, A. P. & Sellin, N., s.d. Soluções Alternativas para o banho condicionador no processo de cromagem de peças em ABS. *Encontro e Exposição Brasileira de tratamento de superfície III INTERFINISH Latino Americano*.

Kurek, A. P. & Sellin, N., s.d. SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PARA O BANHO CONDICIONADOR NO PROCESSO DE CROMAGEM DE PEÇAS EM ABS. *Encontro e Exposição Brasileira de tratamento de superfície III INTERFINISH Latino Americano*.

LED&MAT, s.d. *Laboratórios de I&DT*. [Online]

Available at: <https://www.ipn.pt/laboratorio/LEDMAT/ensaio/63>
[Acedido em 2018].

Leonardo Rodrigues, M. I. A. M. I. R. M. I. R. M. J. V. S. E.-V., 2014. *Metalização de superfícies não condutoras: ABS*, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto: Relatório - Mestrado Integrado em Engenharia Química.

Lima, M. F. M., 2010. *Análise do valor intrínseco dos metais em lamas de uma empresa de metalização de plásticos*, Universidade do Porto: Tese de Mestrado no Âmbito da disciplina de Projecto de Desenvolvimento em Ambiente Académico.

Luiz Alberto Cesar Teixeira, M. C. S., 2005. Surface conditioning of ABS for metallization without the use of chromium baths. *Journal of Materials Processing Technology 170*, p. 37–41.

Macedo, M. C. d., Gomes, Í. R. B. & Souza, L. G. M. d., 2015. Caracterização de amostras por Microscopia Óptica e por microdureza de materiais metálicos ferrosos e não ferrosos. *ScientiaTec: Revista de Educação*, v.2(n.3), pp. p. 48-61.

Marujo, M. Â. O., 2014. *Controlo de Defeitos em Termoplásticos obtidos por Injeção*, Universidade de Aveiro: Tese de Mestrado.

Moreira, C., 2013. Microscópio ótico. *Revista de Ciência Elementar*, 1(1), p. 3.

Oliveira, A. A., 2016. *Análise Estrutural de Componentes Obtidos através do Processo de Moldação por Injeção*, Instituto Superior Técnico de Lisboa: Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

Ravikumar, A. N., 2015. *Chrome plating on ABS plastics*, Kaunas University of Technology Mechanical Engineering and Design Faculty: Final project for Bachelor/Master degree.

Rodrigues, F. D. N., 2010. *Estudo Teórico-Experimental do Fabrico de Peças*, Instituto Superior Técnico Universidade Técnica de Lisboa: Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

Rossi, P. D. F., 2008. *Tratamentos de Superfícies - Pintura de Peças em Plástico*, peguform do Brasil - Venture: Curso de formação em plásticos, seus processos de transformação e técnicas de acabamento..

Ruchert, P. D. C. O. F. T., s.d. Ensaio Mecânico dos Materiais - Flexão, Fluência e Fadiga. Em: *SMM0342- Introdução aos Ensaio*. Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos: s.n.

Saraiva, P. A. d. C., 2016. *Projeto de um molde de injeção*, Escola Superior de Tecnologia e Gestão - Instituto Politécnico de Leiria: Relatório de Estágio - Mestrado em Engenharia da Conceção e Desenvolvimento do Produto.

Sinotech, s.d. *Injection Molded Parts*. [Online]

Available at: <https://www.sinotech.com/resources/tutorials/injection-molded-parts/>

Sood, A. E. a. A. k., 2014. Metallization on FDM Parts Using the Chemical Deposition Technique. *Coatings 2014*, pp. 574-586.

Sousa, R. J. H. d., 2014. *Estudo do brilho e microrrugosidade de peças plásticas produzidas por moldação por injeção*. FEUP - Faculdade Engenharia Universidade do Porto: Dissertação de Mestrado.

Svanberg, J., s.d. *Smart Homes and Home Automation*. [Online]

Available at: <http://www.berginsight.com/ReportPDF/ProductSheet/bi-sh4-ps.pdf>

Trigolo, C. A., 2014. *Deposição de camadas protetivas sobre peças metálicas decorativas para a prevenção contra a corrosão*, Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis : Trabalho de conclusão de curso .

Anexo I – Ficha de Parâmetros do Processo



Ficha de Parâmetros do Processo
Injeção - ARBURG

INTERNO
FTAAA.BB.CC
 Pág. 1/2

Sim
Não

Ref.FCL: _____ Designação: **FRAME ENANCER**

Ref.Cliente: _____ Nº Molde: _____ Nº Cavidades: **1** Máquina: **CB52**

Programa da máquina de Injeção: **Frame novo** Programa do Robot: **Não**

Caraterística Especial Sim Não Descrição _____

Matéria-Prima

Ref.Material: **72400803** Designação: **ABS POLYLAC 726**

Temperatura Secagem °C Tempo de Secagem: **4** horas
± 5°C

Refrigeração

	Lado Injeção	Lado Extração	
<i>Temperaturas</i>	Água Quente <input checked="" type="checkbox"/> Água Refrigerador <input type="checkbox"/> <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="80"/> °C <small>± 5°C</small>	Água Quente <input checked="" type="checkbox"/> Água Refrigerador <input type="checkbox"/> <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="80"/> °C <small>± 5°C</small>	Movimentos Água Quente <input type="checkbox"/> Água Refrigerador <input type="checkbox"/> <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text"/> °C <small>± 5°C</small>

Aquecimento

Cilindro

Temp. Bico -	Temp. Zona						
250	240	230	220	200	50		

± 5°C

Molde (Temperatura dos Bicos Injectores e Distribuidor)

| Temp. Zona |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

± 5°C

Movimentos Molde

<i>Abertura</i>				<i>Fecho</i>			
	Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)		Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)
Etapa 1	50	30	15	Etapa 1	50	20	1000
Etapa 2	1000	20	200	Etapa 2	1	7	250
Etapa 3				Etapa 3	0,5	4	50
Etapa 4				Etapa 4			

Extração

<i>Avanço</i>				<i>Recuo</i>			
	Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)		Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)
Etapa 1	19,50	20	200	Etapa 1	250	20	0,10
Etapa 2				Etapa 2			
Etapa 3				Etapa 3			
Etapa 4				Etapa 4			

<i>Avanço Vibração</i>				<i>Recuo Vibração</i>			
	Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)		Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)
Etapa 1				Etapa 1			

Nº intervalos:

<i>Avanço c/ Paragem Intermédia</i>				<i>Recuo c/ Paragem Intermédia</i>			
	Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)		Fim Curso (mm)	Pressão (kN)	Veloc. (mm/s)
Etapa 1				Etapa 1			

FM108.6



Ficha de Parâmetros do Processo
Injeção

FT
 Pág. 2/2

Vel. avanço vibração

S					mm
V					%

Força avanço vibração

S					mm
F					%

Vel. recuo vibração

S					mm
V					%

Força recuo vibração

S					mm
F					%

Posição do extrator à frente **36** mm

Contador de agitos do canal de injeção mm

Posição agitar canal injeção mm

Posição final de avanço ext. mm

Injeção

S	0.00	24	27		mm
V	60	60	60		mm/s

Pressão de injeção **2000** bar

Comutação por: Tempo
 Curso

Tempo de injeção **15.00** s

Curso comutação **15.00** mm

2ª Pressão ±0,1mm

t	0.00	3	3	6	s
P	1500	1500	1200	1200	bar

Tempo de Arrefecimento: **15** s

±0,5s

Plastificação

Velocidade Dosagem

S	0.0	10	21	25	s
V	25	30	20	15	%

Contra Pressão

S	0.0	10	21	25	s
P	65	65	65	60	bar

Curso Dosagem **32** mm

Alívio antes da dosagem **-----** mm

Alívio após a dosagem **2,00** mm

Tempo de ciclo s

±1s

Observações

Revisão	Data	Descrição da revisão	Engº Processo	Dir. Produção
	14/02/2018	Edição de ficha técnica		

t384.2

67

Anexo II – Ficha de Parâmetros do Processo



Ficha de Parâmetros do Processo

INTERNO



Sim

Não

Pág. 1/2

Injeção - ENGEL

Ref.FCL: _____ Designação: _____

Ref.Cliente: _____ Nº Molde: **91121016** Nº Cavidades: **1** Máquina: **GB55**

Programa da máquina de Injeção: **FRAME NOVO ENANCER** Programa do Robot: _____

Caraterística Especial Sim Não Descrição **Temperatura do molde e curso de comutação**

Matéria-Prima

Ref.Material: _____ Designação: **POLYLAC 726**

Temperatura Secagem **80** °C ± 5°C Tempo de Secagem: **4** horas

Refrigeração

Temperaturas	Lado Injeção		Lado Extração		Movimentos	
	Água Quente	Água Refrigerador	Água Quente	Água Refrigerador	Água Quente	Água Refrigerador
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	60 °C ± 5°C		60 °C ± 5°C			

Aquecimento

Cilindro

Temp. Bico -	Temp. Zona					
260	250	240	230	50		

°C ± 5°C

Molde (Temperatura dos Bicos Injectores e Distribuidor)

| Temp. Zona |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

°C ± 5°C

Movimentos Molde

Abertura

	250	230	70	0.0	mm
s					
v	85	95	95	10	%

Fecho

	250	120	70	0.1	mm
s					
v	95	100	30	15	%

Força ao fechar o molde

	250	100	0.1	mm
s				
F	95	95	10	%

Força de Fecho **1000** KN

Extração

Vel. Avanço

	20	36	mm
s			
v	20	20	%

Força avanço

	20	36	mm
s			
F	50	50	%

Vel. Recuo

	20	36	mm
s			
v	50	50	%

Força recuo

	20	36	mm
s			
F	50	50	%

FM384.2



Ficha de Parâmetros do Processo
Injeção

FTAAA.BB.CC

Pág. 2/2

Injeção				2ª Pressão	
Injeção		Comutação por: Tempo <input type="checkbox"/>			
		Curso <input checked="" type="checkbox"/>			
	Tempo (s)	Fim Curso (mm)	Pressão (bar)	Veloc. (mm/s)	
Etapa 1		8	1600	30	
Etapa 2					
Etapa 3					
Etapa 4					
Etapa 5					
Etapa 6					
Etapa 7					
Etapa 8					
Etapa 9					
Etapa 10					
			Velocidade de 2ª Pressão		Velocidade (mm/s)
					60
					± 0,1mm

Plastificação				
	Curso de alimentação(mm)	Contra-Pressão(bar)	Vel.Rotação Fuso(m/min)	Descompressão(mm)
Etapa 1	20	80	120	
Etapa 2	29,50	40	120	2
Etapa 3				
Etapa 4				
Etapa 5				
Tempo de Arrefecimento:		14 s	Tempo de Ciclo:	
		± 0,5s	± 1s	

Observações

Revisão	Data	Descrição da revisão	Engº Processo	Dir. Produção
	12/01/2018	1º ENSAIO DO NOVO POSTIÇO		

Anexo III – Ficha Técnica do Material utilizado

➤ ABS – POLYLAX 726 NATUR

CHIMEI 奇美實業股份有限公司 ORIGINAL
CHI MEI CORPORATION

59-1, San Chia, Jen Te, Tainan City 71702, Taiwan TEL: (06)2663000 FAX: (06)2665555-7

E101750163

DATE: MAY. 18, 2017

CERTIFICATE OF ANALYSIS

72400803

COMMODITY	QUANTITY
ABS RESIN PA-726	16 MT
ABS RESIN PA-757	16 MT
ABS RESIN PA-709SJ01	3 MT
ABS RESIN PA-709S	2 MT
ABS RESIN PA-747R	3 MT
ABS RESIN PA-757 J01	10 MT
ABS RESIN PA-757 A01	5 MT
PC RESIN PC-110U	2 MT
STYRENE BUTADIENE COPOLYMER PB-5903	7 MT

	64 MT

Shipment: NYK EAGLE 005W
 From KAOHSIUNG, TAIWAN to LEIXOES

Item	Unit	PRD. Name	Lot No.	Test Method	Result	Result	Result
Melt Index MVR 220°Cx10kg	cm ³ /10min	PA-709S	7043M311	ISO 1133	3.260		
Tensile Strength Yield	MPa			ISO 527	36.000		
Tensile Strength Break	MPa			ISO 527	29.400		
Tensile Elongation	%			ISO 527	34.000		
Charpy Impact Strength	KJ/M2			ISO 179	38.100		

Item	Unit	PRD. Name	Lot No.	Test Method	Result	Result	Result
Melt Index MVR 220°Cx10kg	cm ³ /10min	PA-709SJ01	7017M251	ISO 1133	3.600		
Tensile Strength Yield	MPa			ISO 527	36.300		
Tensile Strength Break	MPa			ISO 527	29.200		
Tensile Elongation	%			ISO 527	28.000		
Charpy Impact Strength	KJ/M2			ISO 179	35.200		

Item	Unit	PRD. Name	Lot No.	Test Method	Result	Result	Result
Melt Index MVR 220°Cx10kg	cm ³ /10min	PA-726	7033P271	ISO 1133	24.260		
Tensile Strength Yield	MPa			ISO 527	40.400		
Tensile Strength Break	MPa			ISO 527	31.500		
Tensile Elongation	%			ISO 527	59.000		
Charpy Impact Strength	KJ/M2			ISO 179	24.300		

Item	Unit	PRD. Name	Lot No.	Test Method	Result	Result	Result
Melt Index MVR 220°Cx10kg	cm ³ /10min	PA-747R	7035M011	ISO 1133	3.090		
Tensile Strength Yield	MPa			ISO 527	38.900		
Tensile Strength Break	MPa			ISO 527	31.000		
Tensile Elongation	%			ISO 527	35.000		
Charpy Impact Strength	KJ/M2			ISO 179	38.400		

-----to be continue-----

Anexo IV – Tabela com valores obtidos da medição das cotas

Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	7,8	7,93	10,65	10,62	0,46	0,52	0,73	0,53	5,16	5,29	5,18	5,3	90,2	90,33	1,4
2	7,89	8,01	10,74	10,71	0,53	0,55	0,75	0,52	5,37	5,35	5,27	5,31	90,21	90,3	1,38
3	7,88	7,9	10,69	10,69	0,51	0,59	0,73	0,59	5,27	5,32	5,14	5,29	90,18	90,35	1,35
4	7,85	7,9	10,65	10,7	0,57	0,59	0,67	0,52	5,37	5,39	5,24	5,38	90,13	90,38	1,36
5	7,74	7,76	10,94	10,72	0,56	0,57	0,66	0,57	5,37	5,46	5,16	5,36	90,2	90,41	1,38
6	7,83	7,85	10,72	10,75	0,53	0,55	0,65	0,56	5,3	5,35	5,13	5,32	90,18	90,38	1,38
7	7,71	7,8	10,8	10,73	0,54	0,58	0,66	0,56	5,35	5,36	5,15	5,3	90,19	90,41	1,37
8	7,8	7,8	10,7	10,71	0,56	0,58	0,65	0,55	5,32	5,35	5,14	5,35	90,15	90,35	1,37
9	7,8	7,79	10,81	10,72	0,56	0,56	0,66	0,55	5,33	5,35	5,15	5,33	90,19	90,36	1,4
10	7,86	7,83	10,78	10,7	0,54	0,57	0,66	0,54	5,32	5,34	5,14	5,34	90,18	90,35	1,38
Média	7,82	7,86	10,75	10,71	0,54	0,57	0,68	0,55	5,32	5,36	5,2	5,33	90,18	90,36	1,38
Desvio Padrão	0,058	0,077	0,088	0,034	0,032	0,022	0,038	0,022	0,064	0,045	0,047	0,029	0,024	0,034	0,016

Anexo V – Instruções de Trabalho para o ensaio de Medição de Textura



FEHST
COMPONENTES, LDA

INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Pág. : 2
de : 2

Nº IT03171

REVISÃO : A

DATA : 25-11-2003

SECÇÃO : SALA DE METROLOGIA

CLIENTE : VÁRIOS

DESIGNAÇÃO : MEDIÇÃO DE TEXTURA

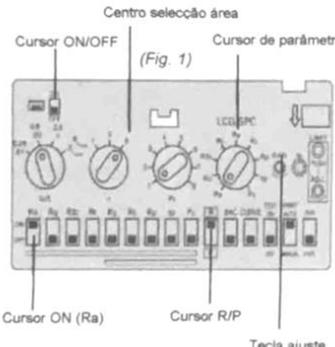
PROJECTO : VÁRIOS

Nº CLIENTE : VÁRIOS

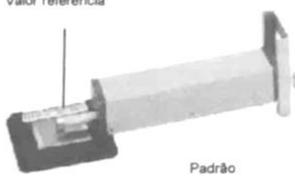
Nº FCL : VÁRIOS

Ponto 1

1º - Ligar os cursores do equipamento 301 conforme indicado na fig. 1

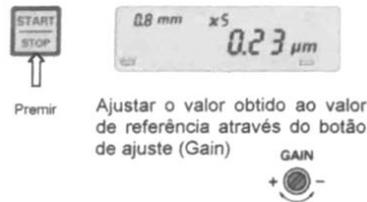


2º - Ajustar a unidade de detecção no Padrão



3º - Medição

(Fig 2)



4º - Repetir a medição para confirmar o ajuste

Ponto 2

Ligar botão ON

ON
DATA

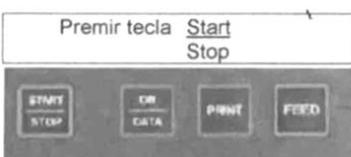
Selecção do parâmetro a medir

1º Ligar cursor R/P (fig.1)
2º Ligar cursor de parâmetros (fig.1)
3º Imprimir se necessário

Montar o detector conforme ponto 3

Fixar a amostra a analisar

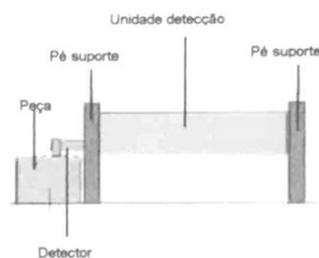
Premir tecla Start
Stop



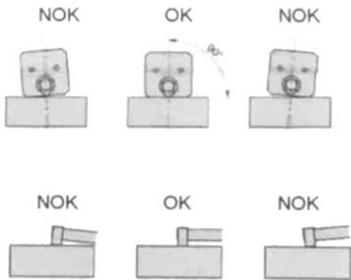
Visualizar o valor obtido (fig.2)

Ponto 3

• Montagem do Detector



Cuidados a ter :



Anexo VI – Instruções para a realização do teste de avaliação de tensões internas

		INSTRUÇÃO DE TRABALHO		Pág. 1								
				De: 1								
N.º IT017.07.01		DATA: 08-03-2013										
PROCESSO: INJEÇÃO	CLIENTE: VÁRIOS											
DESIGNAÇÃO: AVALIAÇÃO DE TENSÕES INTERNAS	PROJECTO: VÁRIOS											
N.º CLIENTE: VÁRIOS	N.º FCL: <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr></table>				X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X					

OBJETIVO: AVALIAÇÃO DE TENSÕES INTERNAS EM PEÇAS INJETADAS EM ABS E ABS/PC

1 – Instrução para a realização do teste de avaliação de tensões internas

- 1.1 – Introduzir 2 peças de cada cavidade no recipiente do ácido acético.
- 1.2 – Esperar 2 minutos com a peça mergulhada.
- 1.3 – Retirar a peça com uma pinça e passar por água corrente.
- 1.4 – Sacudir a peça de forma a eliminar o excesso de água.
- 1.5 – Deixar secar à temperatura ambiente.

2 – Avaliação das peças testadas

- 2.1 – Comparar o aspeto das peças testadas com a peça padrão (peça aprovada teste do ácido acético).
- 2.2 – As peças testadas devem ter um aspeto idêntico ao da peça padrão.

3 – Interpretação dos resultados

3.1 – Peças com tensões internas poderão apresentar os seguintes problemas após o teste do ácido acético:

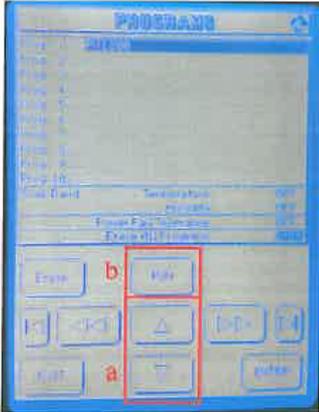
- Perda de brilho.
- Alteração de cor – tonalidade mais esbranquiçada.
- Aparecimento de fissuras.

Nota: Os problemas estão listados por ordem de gravidade, sendo o último o mais grave.

4 – Regras de segurança e ambiente

- 4.1 – Usar obrigatoriamente equipamento de proteção individual apropriado (bata de trabalho, óculos de proteção, máscara de proteção de odores e luvas de latex).
- 4.2 – Em caso de salpicos de ácido acético para a pele e/ou olhos lavar abundantemente com água corrente durante 10 minutos. Se o incómodo persistir consultar o médico.
- 4.3 – Colocar os resíduos (papel, etc...em local definido para o efeito).

Anexo VII – Instruções de trabalho do ensaio da Câmara Climática

FEHST		INSTRUÇÃO DE TRABALHO	
N.º IT062.16.00		DATA: 06-05-2016	
PROCESSO: CROMAGEM	CLIENTE: VÁRIOS		
DESIGNAÇÃO: CÂMARA CLIMÁTICA	PROJETO: VÁRIOS		
N.º CLIENTE: VÁRIOS	N.º FCL: X X X X X X X X		
CARACTERÍSTICA ESPECIAL	SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>	DESCRIÇÃO	QUÍMICOS E SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS
1. PROCEDIMENTO		   <p>Proteção obrigatória dos olhos Proteção obrigatória das mãos Proteção obrigatória do corpo</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Tocar no visor para que este se ligue. • Selecionar 'control mode' -> 'chamber control' -> 'yes' • Selecionar de seguida 'programs' e com as setas (a) escolher o programa desejado. De seguida selecionar 'run' (b) e 'yes'. 			
			
<ul style="list-style-type: none"> • No computador selecionar o programa 'fitolog'. • Selecionar o símbolo do cadeado (c) e de seguida voltar a selecionar o cadeado para desbloquear o programa. • Selecionar 'Log' (d) e no campo 'data log file name' colocar o nome do teste. Clicar em 'start logging'. • Para seguir os dados do ensaio basta selecionar (e). 			
			

FEHST		INSTRUÇÃO DE TRABALHO	
N.º IT062.16.00		DATA: 06-05-2016	
PROCESSO: CROMAGEM	CLIENTE: VÁRIOS		
DESIGNAÇÃO: CÂMARA CLIMÁTICA	PROJETO: VÁRIOS		
N.º CLIENTE: VÁRIOS	N.º FCL: <input type="checkbox"/>		
CARACTERÍSTICA ESPECIAL	SIM <input checked="" type="checkbox"/>	NÃO <input type="checkbox"/>	DESCRIÇÃO QUÍMICOS E SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS
<ul style="list-style-type: none"> Para parar o ensaio selecionar 'program run' (f) e de seguida 'stop' (g). Aparecerá a mensagem 'Stop program?', clicar em 'yes' (h). 			
<h2>2. PREPARAÇÃO DAS PEÇAS</h2> <ul style="list-style-type: none"> As peças contaminadas (gordura, ...) deverão ser rigorosamente limpas com álcool 95 % antes do ensaio. Dependendo da natureza do material, poderão ser utilizados outros produtos mas com a condição de estes não serem abrasivos ou que possam atacar as peças. Assegurar também que após a limpeza das peças, estas não serão contaminadas, por uma manipulação negligente. Se as peças a ensaiar necessitarem de ser cortadas, estas deverão ser protegidas por um revestimento adequado (fita adesiva) inatacável pelas condições do ensaio. 			
<h2>3. DISPOSIÇÃO DAS PEÇAS A ENSAIAR</h2> <ul style="list-style-type: none"> A posição das peças na câmara não é crítica desde que as peças sejam colocadas de forma não entrem em contacto com as paredes da câmara, as superfícies a ensaiar serão expostas à livre circulação do ar. As peças poderão ser colocadas em diferentes níveis da câmara com a condição de que não haja contacto entre elas ou contaminação pelos suportes superiores. As peças deverão manter – se fixas durante todo o ensaio. Se necessário utilizar suportes específicos para a montagem e fixação das peças. 			

Anexo VIII – Parâmetros da Pintura UV

INTERNO					
		Ficha Técnica de Pintura UV			
Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>		Provisória <input type="checkbox"/> Definitiva <input checked="" type="checkbox"/>			
N.º FT: <input type="text" value="017.18.00"/>		N.º FT DE PREPARAÇÃO TINTA <input type="text" value="004.18"/>			
N.º ARTIGO FCL : 2970910D					
PROJECTO/CLIENTE		<input type="text" value="ENANCER"/>			
Característica especial		Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
Descrição		<input type="text" value="Energia e intensidade"/>			
Geral					
Base de dados Produto		<input type="text" value="ENANCER - FRAME"/>		Base de dados Tinta <input type="text" value="FRAME"/>	
Aquecimento Tinta		On <input type="checkbox"/> Off <input checked="" type="checkbox"/>	Temp. Aplicação (°C) <input type="text" value="22±5"/>	Pressão circulação (bar) <input type="text" value="5±1"/>	
Pressão tinta sistema (bar)		<input type="text" value="5±1"/>	Contra-pressão (bar) <input type="text" value="0.2±0.1"/>		
CO2 On <input type="checkbox"/> Off <input checked="" type="checkbox"/>					
Pressão ar (bar)		<input type="text"/>	Altura da pistola (mm)	<input type="text"/>	
N.º de Strokes		<input type="text"/>	Velocidade braço (m/s)	<input type="text"/>	
Ionização					
Ionização Rotativa			Ionização Barra		
N.º de Strokes <input type="text" value="8"/>		Pressão do Ar (bar) <input type="text" value="5±1"/>		Pressão do Ar (bar) <input type="text" value="5±1"/>	
Cabine de Pintura					
Humidade ar cabine (%) <input type="text" value="60±5"/>		Temperatura ar cabine (°C) <input type="text" value="25±5"/>		N.º de Strokes <input type="text" value="20±3"/>	
N.º de Ciclos <input type="text" value="2"/>		Rotação Tabuleiro (°) <input type="text" value="180"/>			
Pistola (s)					
Agulha (mm) <input type="text" value="0.5"/>		Bico (mm) <input type="text" value="0.5"/>		Espalhador (mm) <input type="text" value="0.5"/>	
Inclinação Pistola (°) <input type="text" value="45"/>		Rotação Pistola (°) <input type="text" value="45"/>		Altura Pistola (mm) <input type="text" value="100"/>	
C.O.C	1 Pressão Tinta (Bar) <input type="text" value="0.8±0.3"/>		Pressão Leque (Bar) <input type="text" value="3±0.5"/>		Pressão Atomização (Bar) <input type="text" value="3±0.5"/>
	2 Pressão Tinta (Bar) <input type="text" value="0.8±0.3"/>		Pressão Leque (Bar) <input type="text" value="3±0.5"/>		Pressão Atomização (Bar) <input type="text" value="3±0.5"/>
Flash-Off					
Velocidade transporte (m/min) <input type="text" value="2±1"/>					
1		2			
On <input checked="" type="checkbox"/>	Off <input type="checkbox"/>	On <input checked="" type="checkbox"/>	Off <input type="checkbox"/>		
Power (%) <input type="text" value="45"/>		Power (%) <input type="text" value="45"/>			
Unidade UV					
Velocidade transporte (m/min) <input type="text" value="6±2"/>					
UVA Energia (mJ/cm ²) <input type="text" value="3500±500"/>		UVA Intensidade (mW/cm ²) <input type="text" value="850±100"/>			
Lâmpada 1		Lâmpada 2			
Power (%) <input type="text" value="85"/>		Power (%) <input type="text" value="85"/>			
Lâmpada 3					
Power (%) <input type="text" value="85"/>					
Especificações					
Brilho (GU) <input type="text" value="90.0±5"/>		Espessura (µm) <input type="text" value="25.0±5"/>			
Revisão	Data	Descrição	Elaborado	Aprovado	
0	20.03.2018	Emissão Ficha técnica	J. Coelho	N.Freitas	

Anexo IX – Instruções de trabalho do Cross Test - Teste de Aderência

FEHST		INSTRUÇÃO DE CONTROLO	
N.º IC001.17.00		DATA: 19-01-2017	
PROCESSO: VÁRIOS	CLIENTE: VÁRIOS		
DESIGNAÇÃO: TESTE DE ADERÊNCIA	PROJETO: VÁRIOS		
N.º CLIENTE: VÁRIOS	N.º FCL:		
CARACTERÍSTICA ESPECIAL	SIM <input checked="" type="checkbox"/>	NÃO <input type="checkbox"/>	DESCRIÇÃO ADERÊNCIA
<p>1. Objetivo: Definição do procedimento para execução de teste de aderência.</p> <p>2. Periodicidade: Este teste deverá ser executado com a periodicidade definida nos planos de controlo e planos de ensaio.</p> <p>3. Campo de aplicação: Peças pintadas, cromadas, com tampografia e serigrafia, que apresentem área suficiente e geometria adequada que possibilite a execução do teste.</p> <p>4. Normas de referência: DIN EN ISO 2409; TL 226; TL528</p> <p>5. Metodologia:</p> <p>5.1. Corte reticular – Aplicável a peças pintadas, com tampografia e serigrafia</p> <p>a) A aderência é verificada com o auxílio de um aparelho de corte múltiplo (ELCOMETER Cross Hatch Cutter). Os cortes devem penetrar até ao substrato e a área onde se marcou esta grelha deverá ser limpa com escova adequada retirando todos os resíduos de tinta.</p> <p>b) Em seguida coloca-se uma fita (Tesa Tape 4657 ou equivalente) ref. FCL 66682000, sem se formarem bolhas de ar sobre a zona com os cortes.</p> <p>c) Retirar a fita com um movimento vigoroso e rápido no sentido vertical.</p> <p>d) A avaliação é feita por observação visual após remoção da fita. O resultado final será atribuído de acordo com a seguinte escala Gt :</p>			
GRAU	DESCRIÇÃO		IMAGEM
Gt0	Os bordos de corte apresentam-se completamente lisos, a pintura não saltou em nenhum quadrado parcial.		
Gt1	Nos pontos de intersecção das linhas de corte, saltam pequenas lascas de pintura. A área que saltou é aproximadamente 5% dos quadrados parciais.		
Gt2	A pintura saltou ao longo dos bordos de corte e/ou nos pontos de intersecção das linhas de corte. A área que saltou é aproximadamente 15% dos quadrados parciais.		
Gt3	A pintura saltou total ou parcialmente em tiras largas, ao longo dos bordos de corte e/ou saltou total ou parcialmente em diversos quadrados parciais. A área que saltou é aproximadamente 35% dos quadrados parciais.		
Gt4	A pintura saltou total ou parcialmente em tiras largas ao longo dos bordos de corte e/ou saltou total ou parcialmente em diversos quadrados parciais. A área que saltou é aproximadamente 65% dos quadrados parciais.		
Gt5	A área que saltou é mais que 65% dos quadrados parciais.		
<p>e) Avaliação: Para se considerar que a aderência está conforme, não se pode ultrapassar o grau-Gt2 da tabela de cortes de grelha. O resultado terá de ser registado no formulário correspondente.</p>			

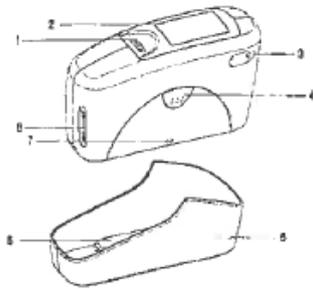
FEHST		INSTRUÇÃO DE CONTROLO	
N.º IC001.17.00		DATA: 19-01-2017	
PROCESSO: VÁRIOS	CLIENTE: VÁRIOS		
DESIGNAÇÃO: TESTE DE ADERÊNCIA	PROJETO: VÁRIOS		
N.º CLIENTE: VÁRIOS	N.º FCL:		
CARATERÍSTICA ESPECIAL	SIM <input checked="" type="checkbox"/>	NÃO <input type="checkbox"/>	DESCRIÇÃO ADERÊNCIA
<p>5.2. Corte em cruz – Aplicável a peças pintadas, com tampografia e serigrafia e a peças cromadas.</p> <p>5.2.1 – Peças pintadas, com tampografia e serigrafia</p> <p>a) O corte em cruz deve realizar-se nos casos em que não é possível aplicar nenhum corte reticular, por impossibilidade geométrica.</p> <p>b) Para este ensaio deve utilizar-se um x-ato com lâmina afiada e os cortes devem penetrar até ao substrato.</p> <p>c) Em seguida coloca-se uma fita (Tesa Tape 4657 ou equivalente) ref. FCL 66682000, sem se formarem bolhas de ar sobre a zona com os cortes.</p> <p>d) Retirar a fita com um movimento vigoroso e rápido no sentido vertical.</p> <p>e) Avaliação: Depois de arrancar a fita adesiva não se deve verificar partículas de tinta na fita.</p> <p>5.2.2 – Peças cromadas</p> <p>a) O corte em cruz deve penetrar no revestimento metálico e atingir o substrato. A lâmina de corte deve ser mantida perpendicular à superfície da amostra.</p>			
 <p style="text-align: center;">OK</p>		 <p style="text-align: center;">NOT OK</p>	
<p>NOTA: a superfície deve estar livre de substâncias que prejudiquem a adesão da fita. Se necessário, limpar com isopropanol.</p> <p>c) Em seguida coloca-se uma fita (Tesa Tape 4657 ou equivalente) ref. FCL 66682000, na área do corte e pressionar até que o contorno do corte seja claramente visível através da fita.</p> <p>d) Retirar a fita com um movimento vigoroso e rápido no sentido vertical.</p>			
			
			
<p>e) Avaliação: Depois de arrancar a fita adesiva não se deve verificar delaminação das camadas. Uma impressão da secção de corte na superfície adesiva do adesivo da fita é permissível</p>			

Anexo X – Instruções de Trabalho do Ensaio de Medição do Brilho

FEHST		INSTRUÇÃO DE TRABALHO		Pág. : 1
N.º IT011.09.01		DATA: 05-04-2016		
PROCESSO: PINTURA	CLIENTE: _____			
DESIGNAÇÃO: UTILIZAÇÃO DO MEDIDOR DE BRILHO	PROJETO: _____			
N.º CLIENTE: _____	N.º FCL: _____			
CARACTERÍSTICA ESPECIAL	SIM <input checked="" type="checkbox"/>	NÃO <input type="checkbox"/>	DESCRIÇÃO	BRILHO

Utilização do aparelho de medição brilho SHEEN INSTRUMENTS

1- DESCRIÇÃO DO APARELHO



- 1- Tecla "On" para ligar o aparelho e navegar no Menu (Mode)
- 2- Mostrador de dados
- 3- Luz indicativa da medição:
Verde: equipamento em leitura
Vermelho: erro de leitura
- 4- Tecla "Operate" para efetuar leitura
- 5- Base proteção do aparelho
- 6- Padrão de calibração: 95,1°
- 7- Marca da abertura da zona de leitura do aparelho
- 8- Interface para ligação com computador

2- LIGAR/DESLIGAR



Ligar aparelho pressionando na tecla "On". No mostrador vai aparecer o valor da última leitura efetuada.

O aparelho desliga-se automaticamente após 20 seg. da última utilização.

2- EFETUAR MEDIÇÃO



Posicionar aparelho na zona da peça a medir e pressionar na tecla "Operate". O valor medido vai aparecer de imediato no mostrador
Quando não estiver a ser utilizado, o aparelho deve ser colocado na respetiva base para proteger a zona de leitura e o padrão.

3- CALIBRAÇÃO

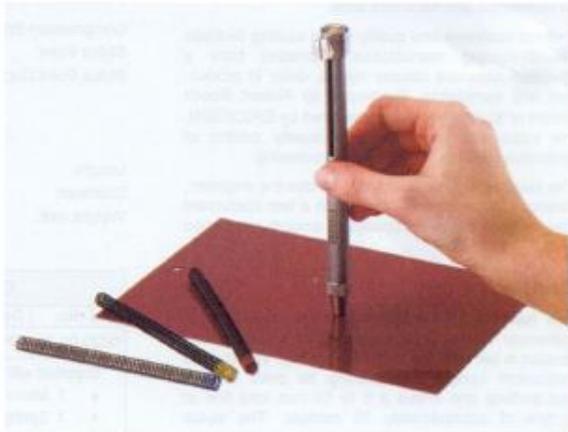
O aparelho autocalibra-se (quando é ligado na base):

- caso o aparelho esteja calibrado, aparece no visor a mensagem "Autodiagnóse 60° OK"
 - caso o aparelho identifique necessidade de calibração deverá proceder da seguinte forma:
 - pressione na tecla "On" para aparecer o Menu Geral
 - rode a tecla "On" até à opção "Calibração" e pressione-a (visor mudou para Menu Calibração)
 - rode tecla "On" até à opção "Calibrar" e pressione-a
- o aparelho está calibrado.

Para confirmar que o aparelho está calibrado, proceda da seguinte forma:

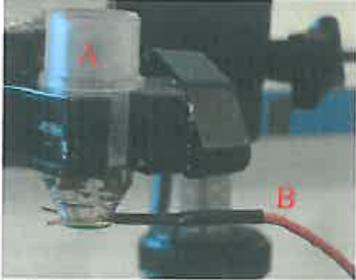
- coloque o aparelho na base (garanta que está bem encaixado)
- pressione a tecla "Operate" o valor que aparecer no visor deverá estar entre ser de 94,9° e 95,3

Anexo XI – Instruções de Trabalho do Ensaio para Medição a Resistência ao Risco

FEHST		INSTRUÇÃO DE CONTROLO	
N.º IC009.18.00	DATA:	09-03-2018	
PROCESSO: Pintura	CLIENTE:	Vários	
DESIGNAÇÃO: ENSAIO DA RESISTÊNCIA AO RISCO	PROJETO:	Vários	
N.º CLIENTE: Vários	N.º FCL:	VÁRIOS	
CARATERÍSTICA ESPECIAL	SIM <input checked="" type="checkbox"/>	NÃO <input type="checkbox"/>	DESCRIÇÃO RESISTÊNCIA AO RISCO
<p>Objetivo: Descrição do método de utilização do teste de resistência.</p> <p>Campo de aplicação: Requisito aplicável nas peças com acabamento de superfície.</p> <p>Norma de referência: TL 226</p> <p>Método:</p> <ol style="list-style-type: none">1 - Verificar qual a força especificada pelo Cliente para a execução do teste (Desenho, Norma, etc.)2 - Ajustar (aplicar) a mola em função da força especificada.3 - Colocar o aparelho verticalmente com a ponta sobre a área que se quer controlar, faz-se um risco aproximadamente com 5-10mm de comprimento e velocidade de 10mm/s (ver figura).4 - Avaliação: A superfície testada pode ficar com marca de risco mas sem remover a tinta. Admite-se apenas um risco visível causado pela força exercida na superfície.			
			

Anexo XII – Instruções de Trabalho do Ensaio para Medição das Espessuras das Camadas do Revestimento Metálico

FEHST		INSTRUÇÃO DE TRABALHO									
N.º IT061.16.00		DATA: 06-05-2016									
PROCESSO: CROMAGEM	CLIENTE: VÁRIOS										
DESIGNAÇÃO: COULOSCOPE	PROJETO: VÁRIOS										
N.º CLIENTE: VÁRIOS	N.º FCL: <table border="1"><tr><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr></table>			X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X				
CARACTERÍSTICA ESPECIAL	SIM <input checked="" type="checkbox"/>	NÃO <input type="checkbox"/>	DESCRIÇÃO QUÍMICOS E SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS								
<h3>1. MEDIÇÃO DE ESPESSURA</h3> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;">    </div> <ul style="list-style-type: none"> Ligar o equipamento. Antes de iniciar a primeira medida é necessário limpar o eléctrodo. Para este efeito, mergulhar o eléctrodo num copo com água desionizada, premir START, deixar o eléctrodo mergulhado durante 3 segundos. Parar o eléctrodo carregando em START, colocar o eléctrodo num copo vazio e esvaziar o líquido do eléctrodo carregando novamente em START. Selecionar a junta de cor e inseri-la na célula da seguinte forma: <ul style="list-style-type: none"> - Cor azul: para peças planas - Cor verde: para peças com formas arredondadas - Cor amarela: para peças com formas arredondadas em que a colocação da junta de cor verde é difícil ou a zona onde se deverá fazer a medida é estreita. A medida de espessura faz-se na ordem inversa da deposição metálica, isto é, primeiro o Crómio, Níquel, Cobre. O ensaio é destrutivo. Posicionar a peça no suporte plano metálico. Ajustar horizontalmente e verticalmente a célula que contém a junta de cor com os botões de ajuste que se encontram junto ao cabo eléctrodo e no topo da célula respetivamente. Assegurar que a ligação entre a peça e a célula não deixa vaziar nenhum líquido. Para isto injetar água desionizada e verificar se existe perda de água. Caso exista, recolocar a célula noutra local e repetir o passo anterior até não haver perda de água entre a célula e a peça. A partir deste momento a célula não poderá mudar de posição até final do ensaio. Encher a célula com o eléctrodo correspondente F1 (Crómio) até à marca. Colocar o cabo de massa a uma extremidade da peça com o auxílio da garra. Colocar o eléctrodo dentro da célula, selecionar a aplicação e carregar em START. Terminada a leitura para a camada de crómio, ler a espessura dada pelo monitor do aparelho. Retirar o eléctrodo da célula, mergulhar no copo de água e carregar em START. Retirar do copo de água e carregar em START para eliminar a água que se encontra dentro do eléctrodo. Retirar o electrólito de dentro da célula com uma pãra de aspiração. Lavar a célula com água desionizada e eliminar esta. Colocar o electrólito F6 (Níquel) na célula até à marca. Recolocar o eléctrodo na célula e carregar em START. Terminado o ensaio, ler a espessura de Níquel no monitor. 											

FEHST		INSTRUÇÃO DE TRABALHO									
N.º IT061.16.00		DATA: 06-05-2016									
PROCESSO: CROMAGEM	CLIENTE: VÁRIOS										
DESIGNAÇÃO: COULOSCOPE	PROJETO: VÁRIOS										
N.º CLIENTE: VÁRIOS	N.º FCL: <table border="1"><tr><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr></table>			X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X				
CARACTERÍSTICA ESPECIAL	SIM <input checked="" type="checkbox"/>	NÃO <input type="checkbox"/>	DESCRIÇÃO QUÍMICOS E SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS								
<ul style="list-style-type: none"> Repetir a fase de lavagem do electrólito como anteriormente. Lavar a célula com uma solução de amónia 50 %. Retirar esta com a pêra de aspiração. Lavar duas vezes com água desionizada e eliminar esta. Colocar o electrólito F4 (Cobre) na célula até à marca e inserir o eléctrodo. Carregar em START para iniciar leitura. Terminado o ensaio ler diretamente o resultado em micrómetros no monitor. A medida das espessuras está terminada. Retirar o eléctrodo e lavá-lo como anteriormente. Eliminar o electrólito de dentro da célula. Desligar o cabo de massa e retirar a peça do suporte metálico. Na medição do cobre, o operador deverá assegurar que não exista mais cobre na peça. Para isto deverá olhar para dentro da célula e verificar se ainda existe cobre (depósito vermelho metálico) ou se só existe matéria plástica. Caso exista cobre, não retirar a célula, eliminar o electrólito de dentro da célula e renovar com o electrólito de cobre (F4). Prosseguir com a medida conforme o exposto anteriormente até não restar mais cobre sobre a matéria plástica. 											
2.Step Test											
<ul style="list-style-type: none"> Se existir crómio na superfície deve-se remove-lo com ácido clorídrico 50% e certificar que a superfície fica bem limpa e seca. Colocar a célula (A) no suporte e colocar o fio de ligação ao couloscópio (B). 											
											
<ul style="list-style-type: none"> Repetir os passos anteriores, utilizando a aplicação de Step Test, bem como o eletrólito F22 (STEP). 											



INSTRUÇÃO DE TRABALHO

N.º IT061.16.00
DATA: 06-05-2016

PROCESSO: CROMAGEM

DESIGNAÇÃO: COULOSCOPE

N.º CLIENTE: VÁRIOS

CLIENTE: VÁRIOS

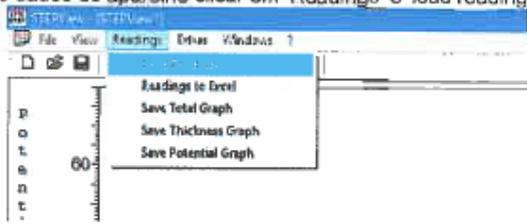
PROJETO: VÁRIOS

N.º FCL:

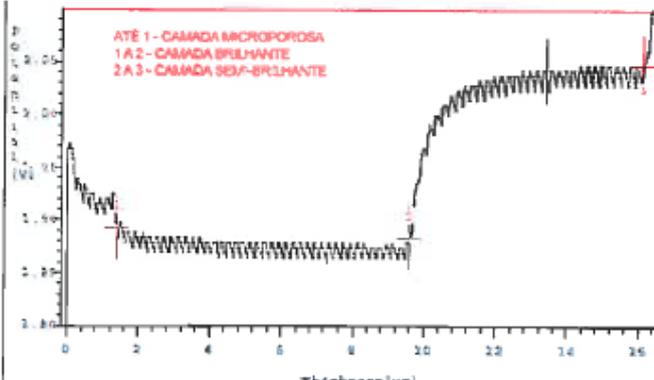
X	X	X	X	X	X	X	X	X
---	---	---	---	---	---	---	---	---

CARACTERÍSTICA ESPECIAL SIM NÃO
DESCRIÇÃO QUÍMICOS E SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS

- Ler o resultado através do programa STEPVIEW em micrómetros e o potencial obtido nas camadas de níquel. Para carregar os dados do aparelho clicar em 'Readings' e 'load readings'.



- Retirar o eléctrodo do suporte e eliminar a solução de electrólito usada, lavar a célula com água desionizada.
- Obtém-se um gráfico – Potencial Vs. Espessura em Ni. Selecionar os dados de acordo com a imagem seguinte.



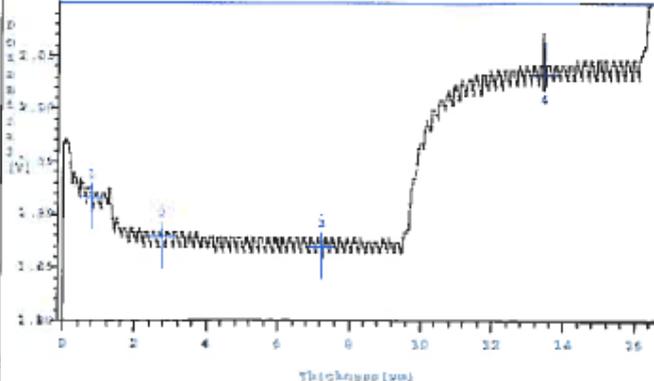
Thickness [µm]

Thickness - Output

1	=	1.42µm		
2	=	9.40µm	(2-1)	= 8.18µm
3	=	16.54µm	(2-2)	= 7.14µm

VALORES ESPERADOS DE ESPESURA:
(2-1) = 6µm

**1- A MEIO DA DESCIDA
2- QUANDO COMEÇA A SUBIDA
3- FIM DO STEP**



Thickness [µm]

Potential - Output

1	=	2.828V		
2	=	2.876V	(2-1)	= 0.047V
3	=	2.865V	(2-2)	= 0.009V
4	=	2.822V	(4-3)	= 0.043V

VALORES ESPERADOS DE POTENCIAL:
(2-1) = 0.026V e (4-3) = 0.125V

**1- 1/2 DA ESPESURA DA CAMADA MICROPOROSA
2- 2x A ESPESURA DA CAMADA MICROPOROSA
3- ANTES DE TERMINAR A CAMADA BRILHANTE (CERCA DE 1/3 DA CAMADA)
4- POLICO DEPOIS DE METADE DA CAMADA SEMI-BRILHANTE**

Anexo XIII – Instruções de Trabalho do Cass Test

FEHST		INSTRUÇÃO DE TRABALHO									
N.º IT063.16.00		DATA: 06-05-2016									
PROCESSO: CROMAGEM	CLIENTE: VÁRIOS										
DESIGNAÇÃO: CÂMARA DE CASS - TEST	PROJETO: VÁRIOS										
N.º CLIENTE: VÁRIOS	N.º FCL: <table border="1"><tr><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr></table>			X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X				
CARACTERÍSTICA ESPECIAL	SIM <input checked="" type="checkbox"/>	NÃO <input type="checkbox"/>	DESCRIÇÃO QUÍMICOS E SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS								

1. Procedimento

- Ligar o equipamento.
- Carregar no monitor em "run". Irá surgir no ecrã o programa da norma ASTM B117.
- Selecionar "CANOPY" (a) e fazer "OPEN" (b). A porta do equipamento abre automaticamente. Manter-se afastado do equipamento quando a porta está em abertura.
- Lavar as paredes do equipamento com água.
- Colocar o funil e a proveta na camara de ensaio (c).
- Colocar as peças a ensaiar dentro do equipamento.
- No monitor, carregar em "CANOPY" (a) e depois em "CLOSE" (d), mantendo pressionado a tecla "CLOSE" até que a porta encerre completamente.
- Para iniciar o programa escolhido carregar no monitor em "e".



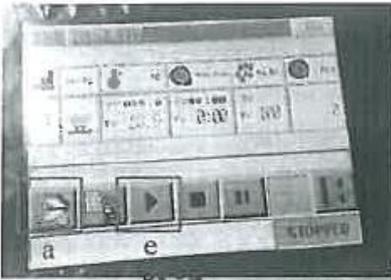
Proteção obrigatória dos olhos



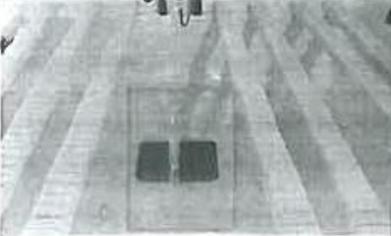
Proteção obrigatória das mãos

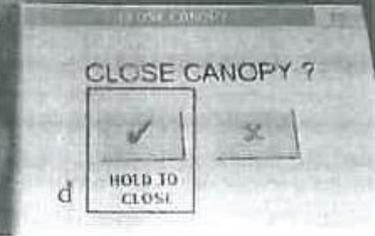


Proteção obrigatória do corpo









FEHST		INSTRUÇÃO DE TRABALHO										
N.º IT063.16.00		DATA: 06-05-2016										
PROCESSO: CROMAGEM	CLIENTE: VÁRIOS											
DESIGNAÇÃO: CÂMARA DE CASS - TEST	PROJETO: VÁRIOS											
N.º CLIENTE: VÁRIOS	N.º FCL: <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr></table>			X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X				
CARATERÍSTICA ESPECIAL	SIM <input checked="" type="checkbox"/>	NÃO <input type="checkbox"/>	DESCRIÇÃO QUÍMICOS E SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS									

2. SOLUÇÃO SALINA

2.1. PREPARAÇÃO

- A condutividade da água deverá ser inferior ou igual a 20 µS/cm a 20°C ± 2°C.
- Dissolver em água destilada ou desionizada, uma quantidade necessária de cloreto de sódio para se obter uma concentração de 50 g/l ± 5 g/l.
- A densidade da solução salina, medida a 20°C ± 2°C, deverá estar compreendida entre 1,025 e 1,040.
- Uma quantidade suficiente de cloreto de cobre (II) hidratado (CuCl₂ · 2 H₂O) será dissolvido na solução anterior para se obter uma concentração de 0,26 ± 0,02 g/l (igual a 0,205 □ 0,015 g/l).
- Um volume suficiente de ácido acético deverá ser adicionado à solução salina para se obter um pH entre 3,1 e 3,3.

2.2. MEDIDA DO PH

- O pH é medido a 20°C ± 2 °C com recurso a um medidor de pH equipado com um eléctrodo. O eléctrodo não deverá tocar o fundo do copo. A leitura será feita após 2 min de agitação.

2.3. FILTRAÇÃO

- A solução deverá apresentar –se límpida (observação a olho nu), se necessário filtrar a solução antes de se introduzir no reservatório do equipamento com um filtro de 500 µm.

3. PREPARAÇÃO DAS PEÇAS

- As peças poluídas (gordura, ...) deverão ser rigorosamente limpas com álcool 95 % antes do ensaio. Dependendo da natureza do material, poderão ser utilizados outros produtos mas com a condição de estes não serem abrasivos ou que possam atacar as peças. Assegurar também que após a limpeza das peças, estas não serão contaminadas a seguir por uma manipulação negligente.

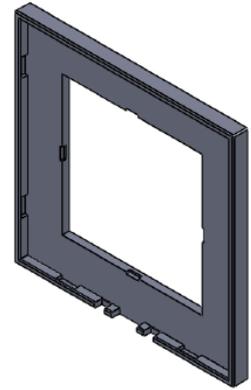
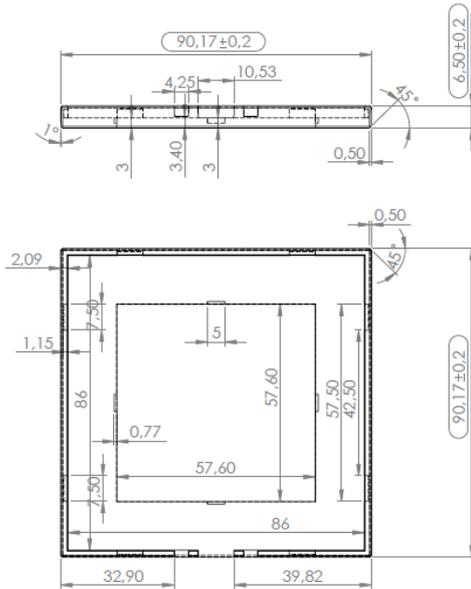
4. DISPOSIÇÃO DAS PEÇAS A ENSAIAR

- As peças não deverão ser colocadas no trajeto direto do nevoeiro pulverizado.
- O ângulo em que estas são colocadas na câmara é muito importante. A peça a ensaiar deverá ser colocada na câmara ao alto e formar um ângulo com a vertical de 20° ± 5° ou na posição em que esta se encontra no veículo.
- As peças são colocadas de maneira a não entrarem em contacto com as paredes da câmara, a superfícies a ensaiar serão expostas à livre circulação do nevoeiro salino. As peças poderão ser colocadas em diferentes níveis da câmara com a condição de que não haja contacto entre elas ou contaminação pelos suportes superiores.
- As peças deverão manter –se fixas durante todo o ensaio. Se necessário utilizar suportes específicos para a montagem e fixação das peças.

Anexo XIV – Instruções de Trabalho

		INSTRUÇÃO DE TRABALHO		Pág.: 1 de : 1
N.º <u>IT014/01</u>		REVISÃO: <u>C</u>		DATA: <u>05-12-2003</u>
SECÇÃO: <u>----</u>		CLIENTE: <u>----</u>		
DESIGNAÇÃO: <u>MEDIÇÃO DE ESPESSURAS</u>		PROJECTO: <u>----</u>		
N.º CLIENTE: <u>----</u>		N.º FCL: <input type="text"/>		
APARELHO DE MEDIÇÃO DE ESPESSURAS DE TINTA EM PROVETES PINTADOS				
1 - MÉTODO DE CALIBRAÇÃO DO APARELHO 2 - MÉTODO DE MEDIÇÃO				
Figura 1		Figura 2		
				
Tecla ON Tecla 0		Sonda Calibre de aferição		
1 - MÉTODO DE CALIBRAÇÃO				
1.1 • <u>Ligar o Aparelho pressionando a Tecla ON (ver figura 1).</u>				
1.2 • Colocar a Sonda em posição vertical no Calibre de Aferição (ver figura 2) e com os dedos indicador e polegar, pressionar para baixo. Pressionar a Tecla ZERO (ver figura 1) e o display deve indicar 0,0 µm. Voltar a colocar a Sonda sobre o Calibre de Aferição e verificar o resultado no display que deve ser entre – 0,5 µm a 0,5 µm.				
1.3 • Colocar a película de calibração no Calibre de Aferição. Volte a colocar a Sonda sobre a película de calibração e verificar o resultado no display que deve ser o valor nominal da película ± 1 µm.				
2 - MÉTODO DE MEDIÇÃO DOS PROVETES PINTADOS				
2.1 • Colocar a Sonda em posição vertical sobre os provetes pintados e com os dedos indicador e polegar pressionar a Sonda para baixo.				
• Medir os provetes pintados conforme definido na Instrução de Controlo N.º IC00/045 e registar os valores obtidos no formulário definido no Plano de Controlo do Artigo em análise				

Anexo XIV – Dimensões da peça existente em produção na empresa



NOTES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:

1. REFER TO CAD MODEL FOR ALL DIMENSIONS NOT SPECIFIED.
2. WHEN NOT MENTIONED, THE DRAWING TOLERANCE IS 0.5mm.
3. DRAFT SHALL BE WITHIN LIMITS OF TOLERANCE DIMENSION. OTHERWISE 0.5 DRAFT IS PERMISSIBLE.
4. PART TO BE FREE FROM FLASH.
5. USE OF MOULD RELEASE AGENTS PROHIBITED.
6. MATERIAL: ABS UL94 V-0 FLAMMABILITY STANDARD.
7. COLOR: RAL 9010 - PURE WHITE

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DRESS AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	
DRAWN:		NAME	SIGNATURE	DATE			
CHECKED:						TITLE: ENCLOSURE FRAME	
APPROVED:						MP003-044	
MFG:						MATERIAL: ABS UL94-V0 RAL 9010	
Q.A.						DWG NO: 356201	
						A3	
		WEIGHT: 19.69gr				SCALE: 1:1	
						SHEET 1 OF 1	