



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Luís Pedro Coreixo Fialho

**Modelação e Impressão 3D no Centro de
Medições, Masterbuck e Cubing da Volkswagen
Autoeuropa**

Relatório de Estágio

Estágio orientado por:

Professor Doutor Paulo Manuel Machado Coelho (IPT)
Engenheiro Vítor Abílio Rodrigues Martins (VW-AE)

**Relatório apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar
para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção
do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica**

Novembro/2021

Escolhe um trabalho de que gostes

e não terás que trabalhar

um dia na tua vida!

Confúcio

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o estágio curricular desenvolvido na Volkswagen Autoeuropa Portugal, Lda que decorreu durante o ano letivo 2020/2021, sendo parte integrante do plano curricular de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, do Instituto Politécnico de Tomar.

O estágio realizado foi supervisionado pelos Eng. Vitor Martins e Eng. Bruno Rodrigues, por parte da VW Autoeuropa e orientado pelo Prof. Paulo Coelho, por parte do Instituto Politécnico de Tomar. Durante o Estágio foram realizados vários estudos e apresentadas propostas de melhoria da área da Qualidade.

Como processo de aquisição e consolidação de conhecimentos foram propostas atividades no decorrer do estágio relacionadas com as áreas de desenvolvimento, manutenção de equipamentos, impressão 3D, logística e modelação 3D. Desse modo, o relatório de estágio aborda algumas das atividades desenvolvidas ao longo do estágio.

Palavras-Chave: Estágio Curricular, Qualidade, Impressão 3D, Modelação 3D, Volkswagen Autoeuropa.

ABSTRACT

The present work aims to present the curricular internship developed at Volkswagen Autoeuropa Portugal, Lda., which is an integral part of the curricular plan for the Master's Degree in Electrical Engineering, at the Polytechnic Institute of Tomar, which took place during the 2020/2021 school year.

The internship was supervised by Eng. Vitor Martins, from VW-Autoeuropa and by Prof. Paulo Coelho, for the Polytechnic Institute of Tomar. During the Internship several studies were carried out and proposals for improvement in the Quality area were presented.

As a process of acquiring and consolidating knowledge, activities were proposed during the internship related to the areas of development, equipment maintenance, 3D printing, logistics and 3D modeling. In this way, the internship report covers some of the activities developed during the internship.

Keywords: Curricular Internship, Quality, 3D Printing, 3D Modeling, Volkswagen Autoeuropa.

AGRADECIMENTOS

Quero deixar os meus mais sinceros agradecimentos a várias pessoas que contribuíram para a realização deste estágio, em especial:

Ao Chefe de departamento AGQP2 Centro de medições, Masterbuck, Cubing no setor da Qualidade da Volkswagen Autoeuropa, Eng. Vitor Martins e a toda a equipa da Volkswagen Autoeuropa Portugal, Lda., por me terem recebido e integrado como membro nesta equipa fantástica, na qual muito aprendi e tentei corresponder a todos os desafios propostos.

Ao Eng. Bruno Rodrigues por me ter orientado/supervisionado neste estágio e me ter apoiado e guiado em todas as atividades que foram propostas ao longo do estágio.

Ao Prof. Doutor Paulo Coelho, por todos os ensinamentos que me transmitiu e por me ter auxiliado na redação e apresentação do relatório de estágio.

A todas as pessoas que integraram as equipas com as quais me relacionei durante o período em que desenvolvi os meus projetos, por me terem ajudado a compreender melhor os processos da qualidade e medição.

Aos professores do Instituto Politécnico de Tomar, por toda a formação e conhecimentos que me transmitiram, que foram essenciais para o bom desempenho neste estágio curricular.

Aos meus amigos, pelo companheirismo, amizade e momentos de entreajuda que passámos.

À minha família, pelo apoio incondicional que me deram desde sempre e a tudo o que fizeram por mim.

A todos o meu sincero Obrigado!

ÍNDICE

RESUMO.....	V
ABSTRACT	VII
AGRADECIMENTOS	IX
ÍNDICE.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ABREVIATURAS	XV
TERMO DE COMPROMISSO E CONFIDENCIALIDADE	XVII
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento do Estágio.....	1
1.2 Estrutura do Relatório	1
1.3 Objetivos e Motivação do Trabalho	2
2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	3
2.1 Grupo Volkswagen.....	3
2.2 Volkswagen Autoeuropa	4
2.3 Área da Qualidade	6
2.3.1 Análise de Veículo Completo	7
2.3.2 Centro de Medições, Masterbuck e Cubing	8
2.4 Método 5S	15
3 FERRAMENTAS UTILIZADAS	17
3.1 Software CATIA V5	17
3.2 Utilização e Manutenção da Impressora 3D	18
3.3 Software IBM MAXIMO.....	20
3.4 Sensores de Temperatura	21
4 TRABALHO DESENVOLVIDO	23

4.1	Projetos Principais.....	23
4.1.1	Prateleira Rolante para Megamat.....	23
4.1.2	Grua Basculante para Megamat.....	26
4.1.3	Organizador e Inventário para Rolos de Filamento 3D.....	28
4.1.4	Suporte para Barras de Escala em Ângulo.....	32
4.1.5	Suporte para Tablet.....	34
4.1.6	Maquete Measuring.....	35
4.1.7	Mesa de Medição Portátil GOM.....	37
4.1.8	Solução Portas Cubing.....	38
4.2	Projetos Secundários.....	41
4.2.1	Suporte para Rodas dos Carrinhos das Torres de Computador.....	41
4.2.2	Suporte para Barras de Escala para parede de medição.....	42
4.2.3	Protetor de Ecrã do AGV.....	43
4.2.4	Showroom Stage Masterbuck.....	44
4.2.5	Tranca Portas Cubing e MasterBuck.....	46
4.2.6	Troféu de Reconhecimento Mensal.....	47
4.2.7	Troféu de Saída da Equipa.....	48
5	CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO.....	51
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
	ANEXOS.....	57
	Especificações Empilhador Elétrico EJC 112 [21].....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Sede do Grupo Volkswagen, Wolfsburg [1].....	3
Figura 2 - Construção da Fábrica Volkswagen Autoeuropa - 1991 [2].....	4
Figura 3 - Linhas de produção de 1998 (esquerda) e 2020 (Direita) [3]	5
Figura 4 - Diagrama temporal de produção [3]	5
Figura 5 – Representação Simplificada da Fábrica [3].....	6
Figura 6 - Organigrama Área da Qualidade VW AE	7
Figura 7 - Layout do Centro de Medição, Masterbuck e Cubing	9
Figura 8 - Exemplo de Masterbuck com e sem peças montadas [4]	10
Figura 9 - Cubing do modelo Scirocco [4]	11
Figura 10 - Aparelhos de medição tátil [6].....	13
Figura 11 - Robô Fanuc com sensor ATOS 5 [7].....	14
Figura 12 - Aparelho de medição ótica GOM ATOS ScanBox Series 8 [7].....	14
Figura 13 – Método 5S [8].....	16
Figura 14 - Ambiente Virtual do Software CATIA V5	18
Figura 15 - Ultimaker 3 Extended [10].....	18
Figura 16 - Layout Software Ultimaker Cura.....	19
Figura 17 - Exemplo de Ambiente do IBM MAXIMO	20
Figura 18 - Dispositivo de registo de Temperatura e Humidade <i>offline</i>	21
Figura 19 - Dispositivo LoRa para registo de Temperatura e Humidade <i>Online</i> [14]	22
Figura 20 - Megamats (armários verticais de armazenamento) [15].....	24
Figura 21 - Sistema de rolos para Megamat (cesto na prateleira do Megamat)	25
Figura 22 - Sistema de rolos para Megamat (cesto no carrinho de transporte)	25
Figura 23 - Sistema basculante para a parede da frente da prateleira do Megamat.....	26
Figura 24 - Sistema de Grua para Megamat	27
Figura 25 - Encaixe da estrutura em H nos olhais do cesto.....	27
Figura 26 - Colocação do cesto no carrinho de transporte	27
Figura 27 - Desenho CAD do Projeto de reorganização dos rolos de filamento.....	28
Figura 28 - Pilar de suporte dos rolos com encaixe em Dovetail	29
Figura 29 - Organização dos rolos de filamento (antes e depois).....	29

Figura 30 - Primeira folha do inventário (Inventário)	30
Figura 31 - Segunda folha do inventário (Impressões).....	31
Figura 32 - Terceira folha do inventário (Calculador de tempo).....	31
Figura 33 - Suportes de barras de escala	32
Figura 34 - Suporte inferior para barras de escala	33
Figura 35 - Suporte superior para barras de escala.....	33
Figura 36 - Modelo 3D vs. Produto Final.....	34
Figura 37 - Modelo CAD do suporte do Tablet.....	35
Figura 38 - Vista geral da Maquete do <i>Measuring</i>	36
Figura 39 - Vista de pormenor da Maquete do <i>Measuring</i>	36
Figura 40 - Vista em perspetiva da Maquete do <i>Measuring</i>	37
Figura 41 - Mesa de Medição Portátil GOM	38
Figura 42 - Trajeto da Plataforma de Medição Individual para o Cubing.....	39
Figura 43 - Empilhador Jungheinrich Elétrico EJC 112.....	39
Figura 44 - Adaptador de Gancho [17].....	40
Figura 45 - Adaptador de Gancho com Extensor [18].....	40
Figura 46 - Extensor de Garfos para Empilhador [19]	41
Figura 47 - Suporte para rodas dos carrinhos das torres de computador.....	42
Figura 48 - Suporte para barras de escala para parede de medição	43
Figura 49 - Protetor de Ecrã do AGV	44
Figura 50 - AGV Sem Protetor de Ecrã [20]	44
Figura 51 - Proposta 1 Showroom Stage MasterBuck.....	45
Figura 52 - Proposta 2 Showroom Stage MasterBuck.....	45
Figura 53 - Proposta 3 Showroom Stage MasterBuck.....	46
Figura 54 - Tranca Portas Cubing e MasterBuck	47
Figura 55 - Tranca Portas Cubing e MasterBuck - Projeto Real	47
Figura 56 - Troféu de Reconhecimento Mensal	48
Figura 57 - Troféu de Saída da Equipa.....	49
Figura 58 - Dimensões Empilhador Elétrico	57
Figura 59 - Especificações Empilhador Elétrico	57

ABREVIATURAS

3D – Três dimensões

ABS – Polímero Acrilonitrilo-butadieno-estireno

AE – Autoeuropa

AG – *Aktiengesellschaft* (Corporação de Ações)

AGV – *Automated guided vehicle*

CAD – *Computer Aided Design*

CAE – *Computer Aided Engineering*

CAM – *Computer Aided Manufacture*

CATIA – *Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application*

ENG – Engenheiro

IBM – *International Business Machines Corporation*

LDA – Limitada

LORA – *Long Range*

PETG – *Polyethylene terephthalate glycol*

PLA – *Polylactic acid*

PP – Polipropileno

RPS – *Reference Point System*

STL – *Standard Tessellation Language*

VR – *Virtual Reality*

VW – Volkswagen

TERMO DE COMPROMISSO E CONFIDENCIALIDADE

O presente documento foi elaborado pelo estagiário Luís Pedro Coreixo Fialho no âmbito do trabalho final do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, do Instituto Politécnico de Tomar, onde são descritas as atividades executadas no decorrer do estágio curricular na empresa Volkswagen Autoeuropa Portugal, Lda.

As informações partilhadas com o Instituto Politécnico de Tomar presentes neste documento, devem ser mantidas em sigilo com um prazo mínimo de dois anos, no qual não será permitida a partilha desta informação com outras instituições ou com terceiros.

De modo a manter os elevados parâmetros de confidencialidade exigidos por parte da empresa onde decorreu este estágio, neste documento não são mencionadas informações específicas e ou técnicas sobre determinados procedimentos e normas e internas do Grupo Volkswagen AG.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do Estágio

O presente documento representa o relatório de estágio curricular desenvolvido na empresa Volkswagen Autoeuropa Portugal, Lda na área da Qualidade, a fim de se obter o grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica pelo Instituto Politécnico de Tomar.

O estágio curricular teve uma duração de aproximadamente 9 meses, tendo decorrido no período de 2 de novembro de 2020 a 1 de agosto de 2021, sob orientação do Professor Paulo Coelho, do Instituto Politécnico de Tomar, do tutor Eng. Bruno Rodrigues e do Eng. Vítor Martins Chefe de departamento AGQP2 | Centro de medições, Masterbuck e Cubing da Volkswagen Autoeuropa.

O estágio realizado centrou-se nas atividades do gabinete do centro de medições da empresa Volkswagen Autoeuropa Portugal, Lda., onde foram desempenhadas tarefas de Modelação tridimensional, recorrendo ao software CATIA V5, o qual é amplamente utilizado na indústria, impressão 3D e análise e resolução de problemas existentes na área da qualidade.

1.2 Estrutura do Relatório

O presente relatório divide-se em 5 capítulos.

No primeiro capítulo é feita uma introdução, na qual se insere uma breve descrição do estágio e se apresenta a estrutura do relatório.

De seguida, no capítulo 2, é feita uma caracterização da entidade onde foi realizado o estágio curricular, onde é referida a sua história, localização, filiais, o seu organigrama e a localização específica.

O 3º capítulo aborda as ferramentas utilizadas para a realização dos projetos propostos.

O capítulo 4 diz respeito aos projetos desenvolvidos no estágio. Por sua vez, este, está dividido em 2 partes, Projetos Principais e Projetos Secundários.

Por último, o capítulo 5 aborda os conhecimentos adquiridos durante o estágio, tecendo-se algumas conclusões e apresentando-se o trabalho futuro previsto nesta matéria.

1.3 Objetivos e Motivação do Trabalho

O que me motivou a optar por realizar o estágio curricular nesta empresa, foi a paixão e interesse desde criança pelo ramo automóvel e pela curiosidade de saber como estes funcionam. Assim, decidi que a melhor escolha para alimentar essa curiosidade por este ramo seria fazer parte da equipa que mais e melhor produz automóveis em Portugal.

Quanto à escolha entre estágio e projeto, decidi optar pela vertente estágio pois o contacto direto com a indústria e com o mercado de trabalho é o que nos prepara melhor para o futuro, e onde posso colocar à prova todos os ensinamentos e conhecimentos adquiridos durante o meu percurso académico.

2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

2.1 Grupo Volkswagen

O Grupo Volkswagen é um dos maiores fabricantes de veículos do mundo, sediado em Wolfsburg (ver Figura 1), na Alemanha. A sede da empresa foi fundada em 1937 e começou a produzir o modelo “Käfer”, também conhecido por “Carocha”, cujo desenvolvimento e projeto remonta a 1934.

Atualmente, o grupo Volkswagen é composto por 12 marcas de elevada importância e reconhecimento no sector: Volkswagen, Skoda, SEAT, Porsche, Audi, Bentley, Lamborghini, Bugatti, Ducati, MAN, Scania e Volkswagen Commercial Vehicles. Cada marca é operada independentemente no mercado, tendo uma gama variada de produtos, desde motociclos a carros citadinos, automóveis de luxo, camiões e autocarros.

O Grupo Volkswagen é proprietário de 122 fábricas, espalhadas por 4 continentes, estando 71 em 20 países Europeus e as restantes distribuídas por 11 países dos continentes Americano, Africano e Asiático, empregando cerca de 60.000 trabalhadores e produzindo 365 modelos diferentes, num total de 11.018.000 veículos produzidos anualmente (dados de 2018).

O grupo tem como objetivo a produção de veículos de elevada qualidade, que permitam satisfazer as necessidades dos clientes, competir no mercado e estabelecer a marca como uma referência no setor automóvel. Para tal, é adotada uma estratégia de investimento na inovação, criação de valor e desenvolvimento de competências dos recursos humanos, não esquecendo a importância do desempenho ambiental e da sustentabilidade do processo produtivo. [1]



Figura 1 - Sede do Grupo Volkswagen, Wolfsburg [1]

2.2 Volkswagen Autoeuropa

Localizada em Palmela (Portugal), a Volkswagen Autoeuropa é uma fábrica do Grupo Volkswagen que produz os modelos T-Roc, Sharan e SEAT Alhambra. A fábrica opera nos quatro níveis do processo de produção (Prensas, Carroçarias, Pintura e Montagem) e da sua linha de montagem saem diariamente 890 carros com destino aos mercados mundiais.

A Autoeuropa nasceu a partir de uma *joint-venture* criada pela Volkswagen e pela Ford com o objetivo de construir em Portugal uma fábrica multimarca para a produção do Volkswagen Sharan, Ford Galaxy e SEAT Alhambra. Em julho de 1991 foi assinado um contrato de investimento com o Estado Português, sendo até hoje o maior investimento estrangeiro em Portugal. Em janeiro de 1999, o Grupo Volkswagen assumiu 100% do capital social da Autoeuropa, passando a empresa a intitular-se Volkswagen Autoeuropa.



Figura 2 - Construção da Fábrica Volkswagen Autoeuropa - 1991 [2]

Com os lançamentos do Volkswagen Eos em fevereiro de 2006 e da terceira geração do Volkswagen Scirocco em 2008, a unidade de Palmela tornou-se numa fábrica multimarca e multimodelo. Em 2010 arrancou a produção da segunda geração do Volkswagen Sharan e do SEAT Alhambra.



Figura 3 - Linhas de produção de 1998 (esquerda) e 2020 (Direita) [3]

Em 2017 iniciou-se a produção do Volkswagen T-Roc, um SUV compacto. Graças ao seu sucesso comercial, em 2018 a Volkswagen Autoeuropa passou a trabalhar em regime de laboração contínua pela primeira vez na sua história, utilizando a totalidade da sua capacidade instalada de 890 carros/ dia.



Figura 4 - Diagrama temporal de produção [3]

Atualmente a fábrica emprega aproximadamente 5300 funcionários, cuja média de idades é cerca de 40 anos, sendo que 82.5% são do sexo masculino e 17.5% do sexo feminino.

O conselho de administração da empresa é liderado pelo diretor-geral Eng. Miguel Sanches, desde 2016, que sucedeu ao Eng. António Melo Pires.

Em termos organizacionais, a empresa está dividida em 8 áreas:

- Administração;
- Gestão de Produto e Planeamento;
- Engenharia Industrial e *Lean Management*;
- Finanças e Tecnologias da Informação;
- Produção;
- Recursos Humanos e Organização;
- Logística;
- Qualidade.



Figura 5 – Representação Simplificada da Fábrica [3]

2.3 Área da Qualidade

No âmbito da elaboração do relatório de estágio de mestrado em Engenharia Eletrotécnica foi-me concedida a oportunidade de realizar um estágio curricular, com a duração de 9 meses, na Volkswagen Autoeuropa, onde fui integrado na área da Qualidade, nomeadamente na divisão

de Análise do Veículo Completo, no departamento de Centro de Medições, Masterbuck e Cubing, tendo sido colocado na equipa de Virtual 3D DDKM, V-Red, 3D Printer.

A área da Qualidade é uma das áreas de maior destaque na Volkswagen Autoeuropa e de modo geral em toda a indústria automóvel, sendo que tem como objetivo garantir que são mantidos os níveis de excelência dos produtos fabricados, indo de encontro às especificações, exigências e satisfação do cliente final.

Esta área tem a ambição de se tornar a *Quality Assurance* mais eficiente e eficaz do setor automóvel. Por esse motivo, garante, com elevada competência, a excelente qualidade dos veículos produzidos da marca Volkswagen, por meio de processos padrão, obedecendo à norma ISO 9001 e em conformidade com as necessidades dos clientes.

Na Figura 6 encontra-se representada de forma simplificada a estrutura da área da Qualidade, estando somente detalhadas as equipas da divisão e o departamento onde fui inserido.

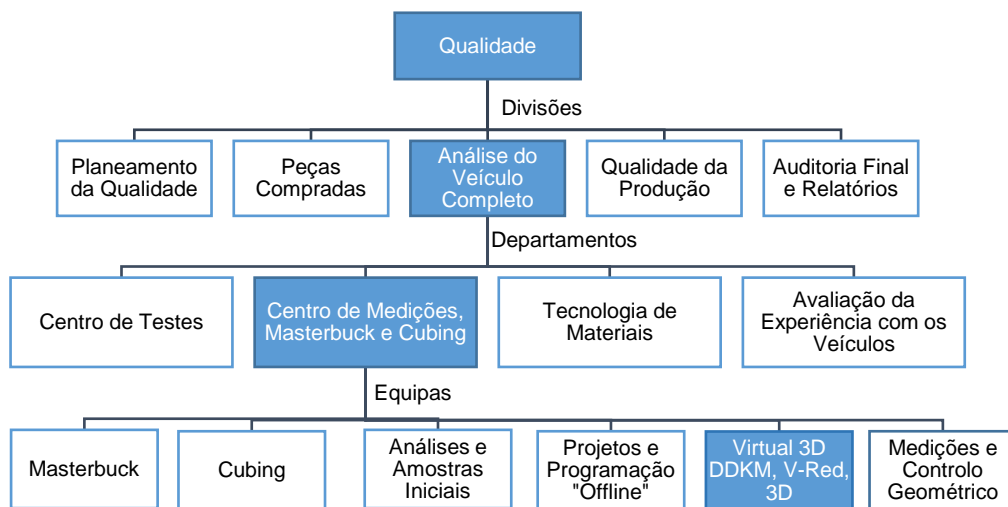


Figura 6 - Organograma Área da Qualidade VW AE

2.3.1 Análise de Veículo Completo

A área de Análise do Veículo Completo é responsável tanto pela análise de problemas específicos de uma determinada peça, como pelos problemas e defeitos causados por uma interação de diversos fatores ou componentes do veículo.

Para a análise e resolução destes problemas é necessário o apoio e a colaboração de

diferentes departamentos e equipas multidisciplinares, assim como o contacto frequente com outras divisões e áreas, de modo a solucionar de forma eficaz e célere os problemas e defeitos encontrados. [3]

Nesta divisão estão integrados 4 departamentos:

- Centro de Testes;
- Centro de Medições, Masterbuck e Cubing;
- Tecnologia de Materiais;
- Avaliação da Experiência com os Veículos.

2.3.2 Centro de Medições, Masterbuck e Cubing

O departamento de Centro de Medições, Masterbuck e Cubing é o centro de controlo dimensional da Volkswagen Autoeuropa.

Como referido anteriormente, este departamento está organizado em 6 equipas e é liderado pelo Eng. Vitor Martins, trabalhando diretamente com as áreas de Produção, Qualidade e Gestão de Produto e Planeamento, de modo a prestar um controlo dimensional fidedigno das peças, dos subconjuntos e dos veículos produzidos. [3]

Este departamento é parceiro de todas as salas de medição da marca Volkswagen e por isso está em constante troca de conhecimentos e de experiências, acabando por definir novos standards e tecnologias de análise e controlo dimensional.

A sua atividade está dividida em 6 equipas:

- Masterbuck
- Cubing
- Medições e Controlo geométrico
- Análises e Amostras Iniciais
- Projetos e Programação “Offline”
- Virtual 3D DDKM

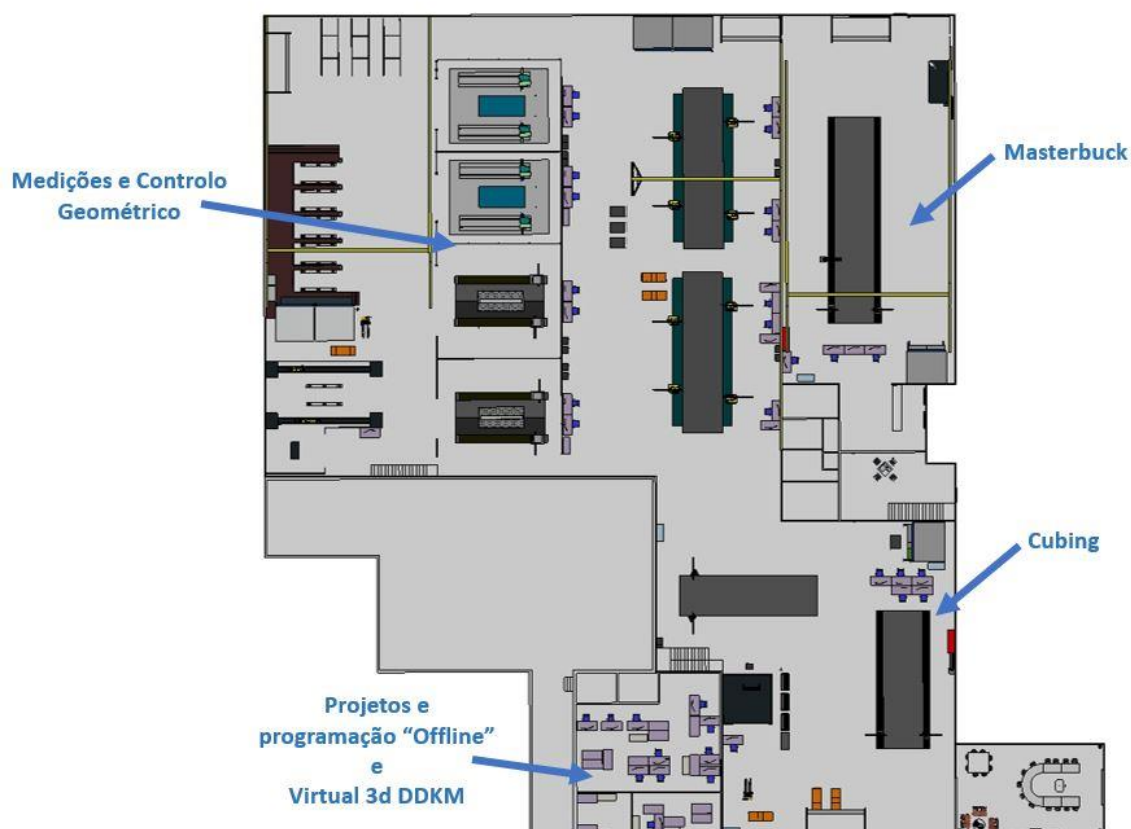


Figura 7 - Layout do Centro de Medição, Masterbuck e Cubing

2.3.2.1 Masterbuck

O Masterbuck é uma ferramenta utilizada para verificar a conformidade dimensional e visual de peças, relacionando-as entre si.

Esta ferramenta permite melhorar a qualidade dos veículos produzidos através da análise de peças montadas na estrutura nominal de alumínio (*Outer Masterbuck*) à escala real, procedendo à sua análise e melhorando assim a qualidade dos veículos produzidos. O objetivo é analisar o ajuste de peças exteriores de um veículo tais como as portas, o capô, a bagageira e as laterais, montando-as em simultâneo, através de um posicionamento pelo seu sistema de *RPS* (*Reference Point System*), a qual reflete a situação do veículo no sistema de produção.

Com a análise e medição efetuadas é feita uma auditoria, também designada por *Audit*, que identifica os defeitos e lhes atribui uma escala de importância. Depois de ser concluído o

relatório da *Audit*, procede-se à análise dos problemas e reúne-se com os responsáveis das respetivas peças, de modo a apresentarem uma possível alteração no processo produtivo que permita a resolução do respetivo problema e a elaborarem um plano de ação, no qual se comprometem, numa data específica, a implementar a alteração proposta. Após esta reunião, é feita uma apresentação ao *Management*, onde são comunicados os defeitos, a respetiva solução e o plano de ação. Por fim, quando é implementado o plano de ação, é também realizada uma nova medição para verificar se as alterações corrigiram o defeito inicial detetado ou se são necessárias novas propostas de melhoria.

A Figura 8 representa um exemplo de Masterbuck.

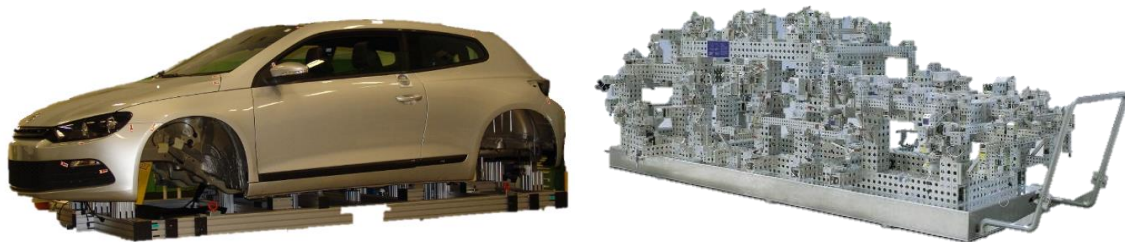


Figura 8 - Exemplo de Masterbuck com e sem peças montadas [4]

2.3.2.2 Cubing

A Ferramenta de medição Cubing é a representação do veículo ideal. É utilizada para verificar a conformidade visual e dimensional das peças, no que respeita a tolerâncias e relações entre peças.

Todo o modelo Cubing é construído em aço inox maquinado e alumínio com uma tolerância máxima de duas décimas de milímetro, à escala real (1:1), baseando-se no desenho CAD do veículo perfeito. [3]

Esta ferramenta avalia as peças fornecidas por empresas externas à fábrica tais como para-choques, guarda-lamas, frisos, interior, faróis e todo o interior, como sejam os bancos, tablier, luzes de presença interiores, pedais, entre outros. Estas peças são montadas em ambiente controlado, também denominado de “ambiente zero”, onde as peças não sofrem deformidades, nem desvios resultantes dos processos de montagem, na carroçaria na linha de produção.

Através desta análise é possível verificar a existência de alterações que necessitem de correção, verificando assim se são cumpridas todas as especificações necessárias para a peça

ser montada em linha de produção.

Tanto o Cubing como o MasterBuck estão localizados em salas com ambiente controlado, onde a temperatura é de $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e a humidade entre 25% e 60% (norma VDI 2627) [5] de modo a não existirem deformações no metal, que alterem as medições.

A Figura 9 representa o Cubing do modelo VW Scirocco.



Figura 9 - Cubing do modelo Scirocco [4]

2.3.2.3 Projetos e Programação “Offline”

A equipa de Projetos e Programação "Offline" executa todas as atividades de preparação e apoio às outras equipas do Centro de Medições, Masterbuck e Cubing.

Esta equipa executa atividades desde a criação de programas de medição que serão posteriormente utilizadas nas máquinas de medição táteis e óticas, até à análise de necessidades de equipamentos e pessoas, bem como o respetivo levantamento de custos, essencial para o departamento numa fase de lançamento de um novo produto. [3]

2.3.2.4 Virtual 3D DDKM

A equipa de Virtual 3D DDKM é responsável pela programação do ambiente de realidade virtual 3D de todas as zonas do veículo. Tal é possível recorrendo ao software V-RED

da Autodesk.

Com a utilização deste software é possível antecipar potenciais erros de design e pode-se evitar a produção de peças com conceitos errados. O software permite atualizar sempre o sistema com as versões mais recentes das peças para comparações constantes. Conferindo a antecipação de potenciais problemas, diminuição de retrabalhos e esclarecer questões tais como o encaixe de peças que não acrescentam valor ao design e produção do produto. [3]

2.3.2.5 Medições e Controlo Geométrico

A equipa de Medições e Controlo Geométrico é responsável pelas medições de rotina das peças produzidas internamente na Autoeuropa, as quais incluem a carroçaria completa e seus subconjuntos, peças estampadas e veículo completo. Estas medições são realizadas com recurso a duas tecnologias, máquinas tridimensionais táteis e sistemas óticos. [3]

2.3.2.6 Aparelhos de Medição Tátil

Os aparelhos de medição tátil baseiam-se na recolha de pontos específicos da peça, que são definidos previamente pela engenharia de projeto. A medição é realizada com recurso a um apalpador com uma ponteira elétrica de ponta esférica o qual faz contacto com a peça medida. O registo das medições é realizado com recurso a um software de metrologia que recolhe as coordenadas dos pontos recorrendo a um sistema de referências. Aquando da conclusão da medição, os resultados são comparados com os valores de referência definidos pelo desenho técnico da peça e são calculados os desvios ao mesmo, sendo criado um relatório para cada peça com todos os elementos necessários à sua aprovação ou correção.

As peças aferidas são recolhidas da linha de produção escolhidas por amostragem, sendo que o objetivo é controlar a sua qualidade e prever o estado das peças do mesmo lote de produção. Além das medições de rotina também são realizadas medições especiais no caso de haver alguma questão na linha de produção.

Na Figura 10 são apresentadas duas colunas de aparelhos de medição tátil.



Figura 10 - Aparelhos de medição tátil [6]

2.3.2.7 Aparelhos de Medição Ótica

A Volkswagen Autoeuropa possui no Centro de Medições, Masterbuck e Cubing duas estações de medição ótica fixas e várias estações portáteis. Estes aparelhos de medição realizam o mapeamento ótico da peça através de um sensor ATOS 5 ou ATOS 3 os quais possuem câmaras de alto desempenho e resolução, sensor esse que está acoplado a um braço robótico, que consiste num manipulador robótico de 6 DOF mecanicamente acoplado a dois eixos lineares, um vertical e outro horizontal, totalizando um total de 8 DOF (*degrees of freedom*).

Terminada cada medição é gerado um ficheiro *stl* que é comparado com o CAD original, permitindo saber as dimensões em qualquer ponto da peça, sendo que o mesmo não acontece nos aparelhos táteis.

Foi possível participar na manutenção interna e externa destes robôs e das células óticas no decorrer do estágio.



Figura 11 - Robô Fanuc com sensor ATOS 5 [7]



Figura 12 - Aparelho de medição ótica GOM ATOS ScanBox Series 8 [7]

2.3.2.8 Análises e Amostras Iniciais

A equipa de Análises e Amostras iniciais tem como função realizar análises geométricas em peças simples, carroçarias ou carros completos, fazer investigações dimensionais originadas nas equipas multidisciplinares, e medir indicadores de qualidade internos ou externos.

Para além da investigação, a equipa também tem de aprovar as amostras iniciais (peças de estampagem, subconjuntos de carroçaria e carroçarias completas).

2.4 Método 5S

A Volkswagen Autoeuropa rege-se por uma metodologia de gestão designada como método 5S. O método 5S é uma ferramenta de apoio à gestão, integrada no *Lean manufacturing*, que já foi adotada por diversas empresas, desde a década de 50 do século passado, com o intuito de aumentar a produtividade e reduzir os desperdícios associados, reduzindo os custos e o tempo de produção. [3]

Sendo o objetivo principal deste método a manutenção do local de trabalho, de forma que permaneça sempre organizado, limpo e arrumado, para que se consiga o melhor desempenho das atividades aí exercidas. Assim, esta ferramenta auxilia a reorganização da empresa, facilita a identificação de materiais, elimina os obsoletos e melhora a qualidade do ambiente de trabalho para todos os trabalhadores.

Esta ferramenta tem sido implementada e melhorada na Volkswagen Autoeuropa pela equipa do *Lean Center*, a qual é responsável por ministrar ações de formação, tendo em conta as orientações da marca e as necessidades da fábrica, contribuindo para a maximização da eficiência operacional da mesma.

A sigla 5S deriva das iniciais de 5 palavras japonesas: Seiri, Seiton, Seison, Seiketsu e Shitsuke. [8]

Seiri (Separar) - Definir qual o material necessário para a realização das operações referentes ao posto de trabalho, e eliminar do espaço de trabalho, todo o material inútil.

Seiton (Arrumar) - Colocar criteriosamente cada coisa no seu lugar e organizar o espaço de trabalho e os materiais de forma eficaz, para mais facilmente se encontrar os objetos pretendidos. A organização dos materiais, consiste na identificação dos mesmos e na sua colocação em lugares definidos, para tornar fácil e sempre à mão a sua procura.

Seiso (Limpar) - Limpeza do local de trabalho. Deve-se manter o local de trabalho limpo e agradável para os operadores. Para isso é necessário criar condições que passam por manter sempre o espaço com material de limpeza necessário. Dividir o posto de trabalho e atribuir uma zona a cada elemento do grupo e proceder à limpeza em cada zona do posto de trabalho, assim como da área envolvente.

Seiketsu (Normalizar) - Através do seiketsu, pretende-se normalizar e definir todos os procedimentos de limpeza, para se manter todas as alterações conseguidas. Devem-se aplicar as melhorias conseguidas a todos os postos de trabalho de modo a uniformizar toda a organização.

Shitsuke (Autodisciplina) - A partir da altura em que os quatro “S” estão a ser cumpridos, é necessário colocar toda uma estrutura a funcionar a 100%. Para isso recorre-se a auditorias periódicas. Esta fase tem como objetivo praticar os princípios de organização, sistematização, uniformização e limpeza. Estabelecer procedimentos de controlo visual, verificar se está tudo no seu lugar, verificar o estado de limpeza, verificar se as ações e inspeções estão a ser realizadas corretamente. Desenvolver um sistema do tipo lista de verificação (*checklist*) e de ajudas visuais, incluindo cores, luzes, indicadores de direção ou gráficos. O shitsuke é uma mudança radical na disciplina das organizações, e por isso esta é a de mais difícil implementação.



Figura 13 – Método 5S [8]

3 FERRAMENTAS UTILIZADAS

3.1 Software CATIA V5

A modelação 3D é o processo de desenvolvimento de uma representação matemática baseada em coordenadas de superfícies de um objeto em três dimensões por meio de um software especializado, no qual são manipuladas bordas, vértices e polígonos num espaço 3D virtual. [9]

Esta técnica é utilizada nas mais variadas áreas da indústria, incluindo na indústria automóvel, sendo nos dias de hoje uma parte fundamental na produção de qualquer tipo de produto, seja ele simples, complexo, de carácter lúdico ou mesmo médico.

O exemplo de modelação 3D mais conhecido do público em geral passa pela animação de desenhos, jogos e cenários de filmes, onde é possível reduzir substancialmente os custos de produção com a utilização desta tecnologia. Também a indústria médica utiliza estas ferramentas de modo a criar num espaço tridimensional partes do corpo humano de maneira a melhor o estudar e entender.

A Volkswagen Autoeuropa aproveita as funcionalidades do *software* de modelação 3D CATIA V5, amplamente utilizado na indústria, à sua gama variada de ferramentas. O Centro de Medição utiliza este *software* para criar, alterar e realizar estudos e análises de componentes.

O CATIA é um software multiplataforma para desenho/projeto assistido por computador (CAD), fabrico assistido por computador (CAM), engenharia assistida por computador (CAE) e 3D, desenvolvido pela empresa francesa *Dassault Systèmes*, criado em 1981 vai na sua 24ª versão, CATIA V5 R2021 a qual foi utilizada no decorrer do estágio.

No decurso do estágio foi utilizado diariamente este *software* para criar e desenvolver os projetos propostos, sendo que já conhecia e trabalhava regularmente com outros softwares de modelação 3D, mas nunca com o CATIA V5, o que se demonstrou ser um desafio ao início pois as ferramentas e espaço dimensional funcionam de maneira diferente dos outros *softwares* previamente utilizados.

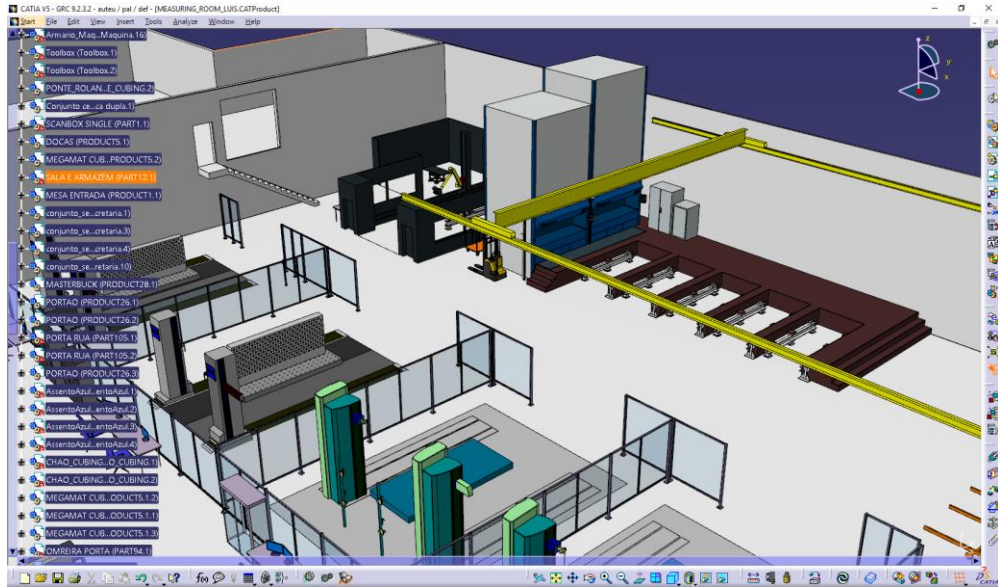


Figura 14 - Ambiente Virtual do Software CATIA V5

3.2 Utilização e Manutenção da Impressora 3D

Uma das principais atividades que foi desenvolvida durante o estágio foi a utilização quase diária da impressora 3D presente na sala onde decorreu grande parte do estágio.

É uma impressora 3D da marca Ultimaker, modelo *S3 Extended* que conta com uma cabeça de impressão com duas extrusoras de 0.4mm de diâmetro, o que permite realizar impressões complexas multicolor com 2.5 micron de precisão.



Figura 15 - Ultimaker 3 Extended [10]

De modo a realizar uma impressão, cria-se ou edita-se o ficheiro CAD no programa CATIA V5 onde se projeta a peça tridimensional que desejamos ter fisicamente. O ficheiro CAD é convertido para o formato *stl* o qual é fatiado em camadas pelo software Ultimaker CURA onde será convertido em *gcode*, linguagem entendida pela impressora 3D. Na Figura 16 tem-se um exemplo de projeto em ambiente CURA.

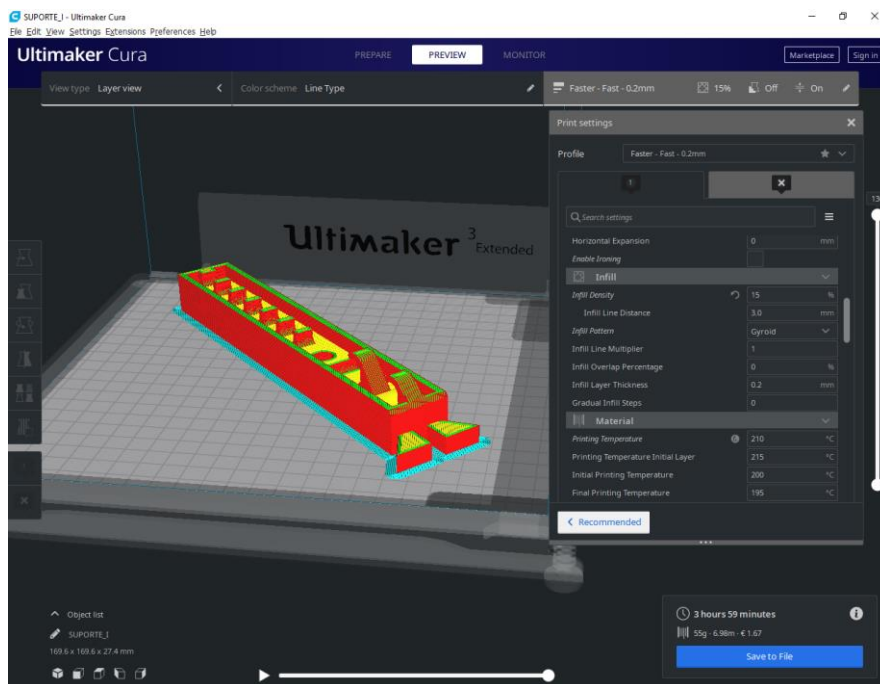


Figura 16 - Layout Software Ultimaker Cura

Ao ler o ficheiro *gcode*, a impressora processa a informação nele contida e envia informação às extrusoras, as quais aquecem entre os 200°C e os 270°C dependendo do material a ser impresso e a mesa entre os 50°C e os 80°C de modo que a peça adira corretamente à base de impressão. Já quente, a bobine de filamento de polímeros de plástico como PLA, ABS, PETG ou Nylon, que está fixa na traseira da impressora, começa lentamente a fornecer o filamento à extrusora que, por sua vez, o derrete, depositando-o na mesa em camadas com a forma do desenho 3D presente no ficheiro.

A peça pode demorar desde 10 minutos a ser impressa, até vários dias dependendo do tamanho e complexidade da mesma, sendo que a peça maior impressa durante o estágio demorou 63 horas a estar concluída. Estas peças podem ter um tamanho máximo de 215mm*215mm*300mm devido à dimensão interna da impressora.

3.3 Software IBM MAXIMO

Um dos desafios mais complexos foi o de aprender, utilizar e manter uma plataforma de gestão de máquinas, ferramentas e peças (denominados ativos). Este foi um desafio de gestão que me foi colocado no decorrer do estágio, sendo que a plataforma IBM MAXIMO está a ser utilizada há pouco tempo no *Measuring*, ainda estando na fase de testes e implementação.

O IBM Maximo é um software de gestão de ativos corporativos originalmente desenvolvido pela *Project Software & Development* (mais tarde MRO Software) e com a primeira versão comercial lançada em 1985. Foi adquirido pela IBM em 2005, tendo agora a marca IBM Maximo *Asset Management*. O Maximo é projetado para auxiliar uma organização na gestão de ativos, tais como edifícios, veículos, extintores de incêndio, equipamentos, cronogramas de manutenção e participação em fluxos de trabalho para gerenciar ativos. [11]

Foi-me dada a tarefa de recolher, organizar e colocar os relatórios de calibração dos ativos nos respetivos separadores da plataforma e mantê-los atualizados, fotografar todos os ativos presentes no *Measuring* e colocá-los organizados nos respetivos ativos, tudo isto de maneira a ser possível migrar do sistema de monitorização atual, que consiste em várias tabelas de Excel, para o sistema IBM MAXIMO.

Ao longo de todo o estágio fui mantendo atualizada a plataforma e melhorando os parâmetros necessários. Este será um trabalho a que irei dar continuidade no estágio profissional.

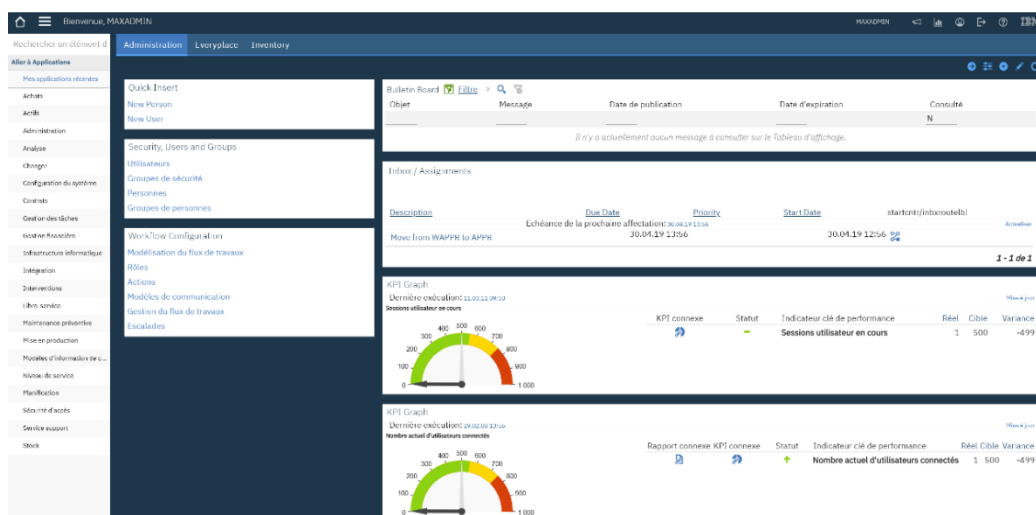


Figura 17 - Exemplo de Ambiente do IBM MAXIMO

3.4 Sensores de Temperatura

O controlo de temperatura e humidade no *Measuring* são fundamentais pois a retração e expansão dos materiais afeta negativamente as medições colocando em causa os parâmetros de qualidade da empresa.

Uma das tarefas em que participei de forma ativa foi o registo e análise da temperatura e humidade das salas de medição. Estes registos são feitos através de dispositivos de recolha de dados chamados “*LogTag*”. Estes equipamentos funcionam *offline* sendo que têm de ser recolhidos e colocados numa doca ligada ao computador, onde serão descarregados os dados registados desde a última recolha.

No *Measuring* esta recolha é feita semanalmente à quarta-feira, na qual todos os dispositivos são recolhidos, colocados na doca, realizado o download dos dados de cada *LogTag* e tratadas as informações recolhidas em Excel. Posteriormente é feita uma apresentação semanal com o registo de temperatura e humidade dos diversos setores, de forma a corrigir os parâmetros das máquinas de medição.



Figura 18 - Dispositivo de registo de Temperatura e Humidade *offline*

No decorrer do estágio foi lançado um projeto no qual estive ativamente presente, onde se pretendeu deixar de utilizar os dispositivos *offline* de recolha de temperatura e humidade e passar a ser feito o registo *online*, isto para que não seja necessário despender de tanto tempo a recolher e repor os sensores um a um dos locais de medição. Para tal foram instalados sensores

com tecnologia LoRa (Long Range), que utiliza bandas de radiofrequência sub-gigahertz, como 433 MHz e 868 MHz. O LoRa permite transmissões de longo alcance (mais de 10 km em áreas rurais) com baixo consumo de energia. [12]

Os dispositivos instalados reduzem drasticamente a necessidade de monitorização manual por parte dos colaboradores da área, sendo que todos os dados podem ser visualizados em tempo real com um atraso de até 15 minutos, sendo que todos os sensores LoRa do departamento estão conectados via *gateway wireless* [13] a um servidor que difunde a informação para um *website* onde são monitorizados e registados alertas de temperatura e humidade de modo a ser possível realizar manutenção preventiva e corretiva aos equipamentos de medição e de climatização caso seja necessário.



Figura 19 - Dispositivo LoRa para registo de Temperatura e Humidade *Online* [14]

4 TRABALHO DESENVOLVIDO

Foram-me propostas diversas atividades de modo a serem adquiridos novos conhecimentos das áreas da qualidade e afins, tendo sido integrado na equipa do Virtual 3D, DDKM, V-Red & 3DPrinter onde desenvolvi vários projetos nesse âmbito que apresento de seguida.

No decorrer do estágio foram realizados um total de 15 projetos, com diferentes graus de dificuldade, daí este capítulo estar dividido em dois subcapítulos, Projetos Principais e Projetos Secundários.

No subcapítulo dos Projetos Principais serão abordados os projetos de maior escala e importância para a empresa, enquanto no subcapítulo dos Projetos Secundários serão abordados alguns trabalhos de menores dimensões que foram surgindo com o decorrer do estágio, tendo estes sido desenvolvidos a pedido de colaboradores da área do *Measuring*, ou através da observação por parte do estagiário de possíveis melhorias para a área da Qualidade.

4.1 Projetos Principais

4.1.1 Prateleira Rolante para Megamat

Na área do *Measuring* existem armários verticais de armazenamento, também designados por Megamat, os quais armazenam peças essenciais para os colaboradores da área, tais como dispositivos de fixação, ferramentas e peças sobresselentes.

De entre as peças que os colaboradores mais necessitam destes armazéns encontram-se os dispositivos de fixação (*fixtures*), as quais são dispositivos complexos em metal nos quais são fixas as peças para medição. Estas *fixtures* são torres com grampos onde são colocadas as peças do carro ao serem medidas pelas máquinas táteis ou óticas, variando entre 10kg a 25kg por torre.



Figura 20 - Megamats (armários verticais de armazenamento) [15]

O desafio apresentado pelos colaboradores que utilizam estes dispositivos de fixação diariamente, consiste no facto de as terem de transportar desde o Megamat até à plataforma de medição, onde estes serão colocados, de modo a medir as peças.

Foram estudadas algumas soluções de modo a tornar mais ergonómica a tarefa de transporte dos dispositivos de fixação, os quais são ainda carregados à mão entre o armazém vertical e o carrinho de transporte, o qual vai transportar os dispositivos de fixação até à plataforma de medição.

A primeira solução apresentada baseia-se num cesto metálico colocado na plataforma que suporta os dispositivos de fixação no Megamat, plataforma essa que será equipada com carris de rolamentos de modo a facilitar a translação do cesto.

As *fixtures* serão agrupadas em conjuntos de 4 ou 5 dependendo da peça que estas suportam na plataforma de medição, esses conjuntos serão então colocados cada um no seu cesto metálico o qual irá rolar para cima do carrinho de transporte, também este equipado com carris de rolamentos, para que o colaborador não tenha de fazer força a puxar os cestos para cima do carrinho, os quais terão um sistema de tranca para o cesto não deslizar no transporte.

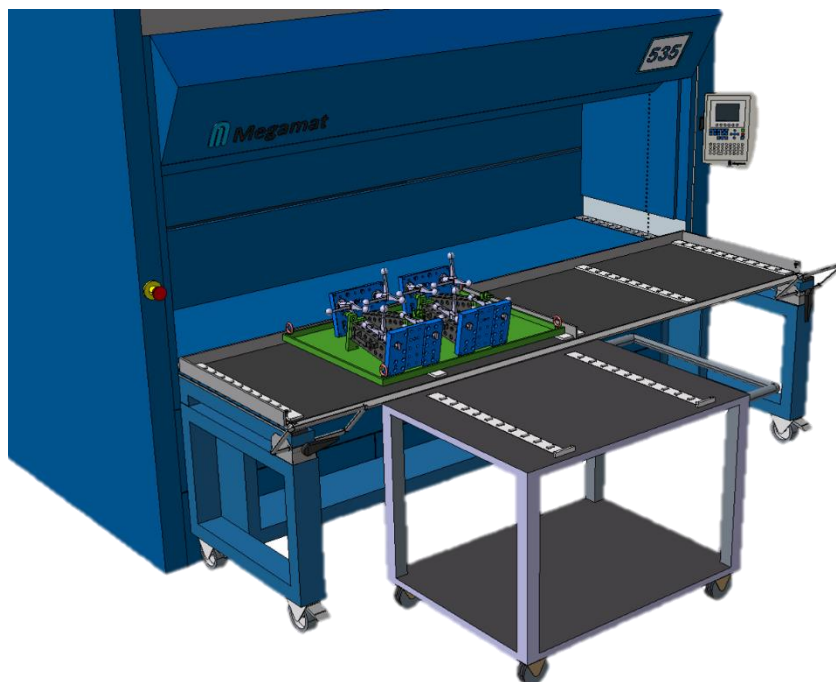


Figura 21 - Sistema de rolos para Megamat (cesto na prateleira do Megamat)

De modo a retirar os cestos do Megamat, também a prateleira do armazém vertical terá de ser alterada, não só com os carris de rolamentos anteriormente abordados, mas também com um sistema basculante para a parede da frente da prateleira, de modo a ser possível puxar o cesto com as *fixtures*.

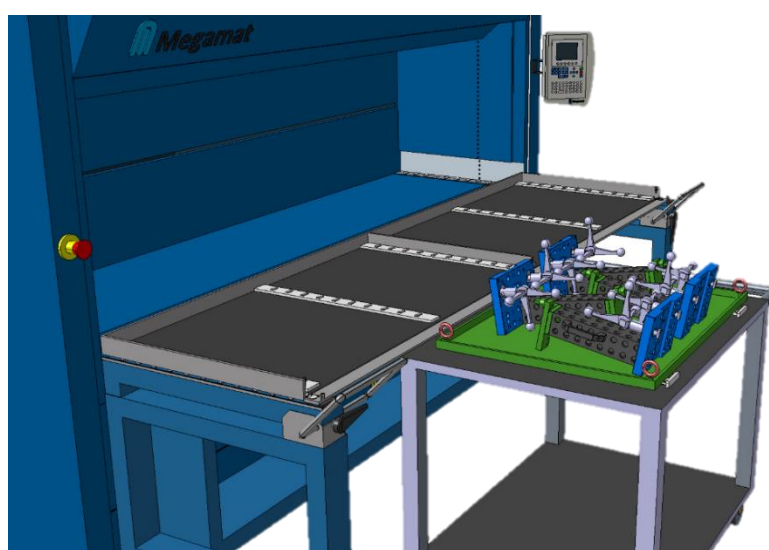


Figura 22 - Sistema de rolos para Megamat (cesto no carrinho de transporte)

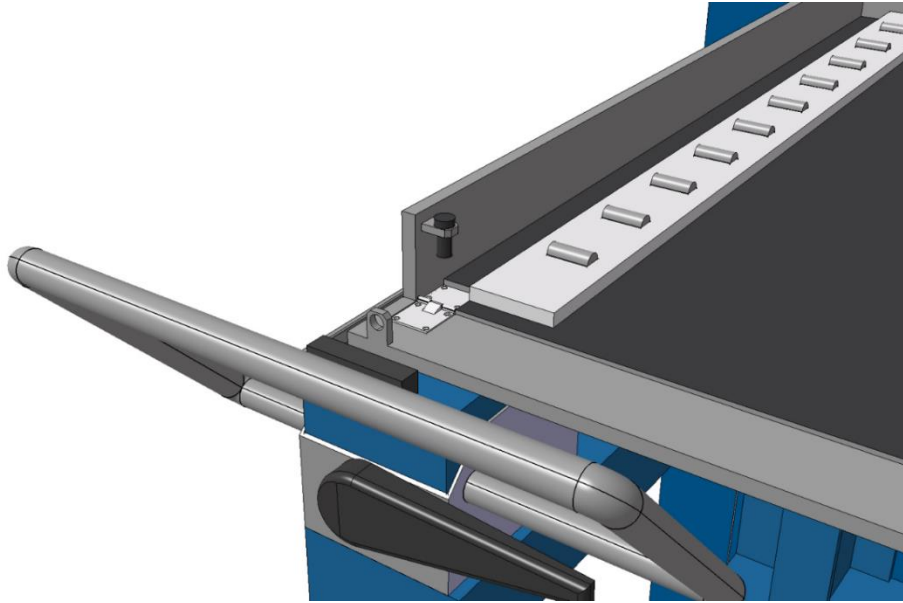


Figura 23 - Sistema basculante para a parede da frente da prateleira do Megamat

4.1.2 Grua Basculante para Megamat

Ainda em relação ao desafio apresentado no ponto 4.1.1, foi idealizada outra solução a qual, embora represente um investimento financeiro inicial mais elevado, é menos intrusiva relativamente a alterações nas prateleiras do Megamat.

Para esta solução serão utilizados cestos metálicos com 4 olhais, um em cada canto, onde irão ser colocadas as *fixtures* também em grupos de 4 a 5.

De forma a retirar estes cestos metálicos para o carrinho de transporte é utilizada uma grua basculante manual assente num pilar, equipada com um guincho e uma estrutura em H com 4 ganchos que irão abraçar os olhais do cesto de modo a elevá-lo para cima da mesa de transporte e vice-versa (sugestão apresentada nas Figuras 24, 25 e 26).

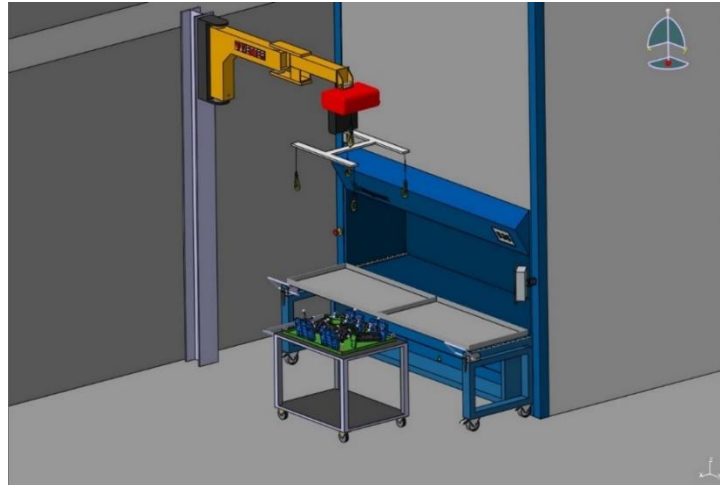


Figura 24 - Sistema de Grua para Megamat

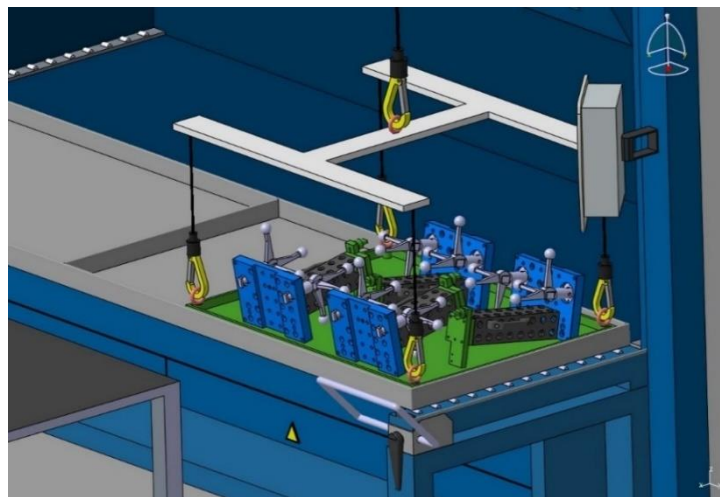


Figura 25 - Encaixe da estrutura em H nos olhais do cesto

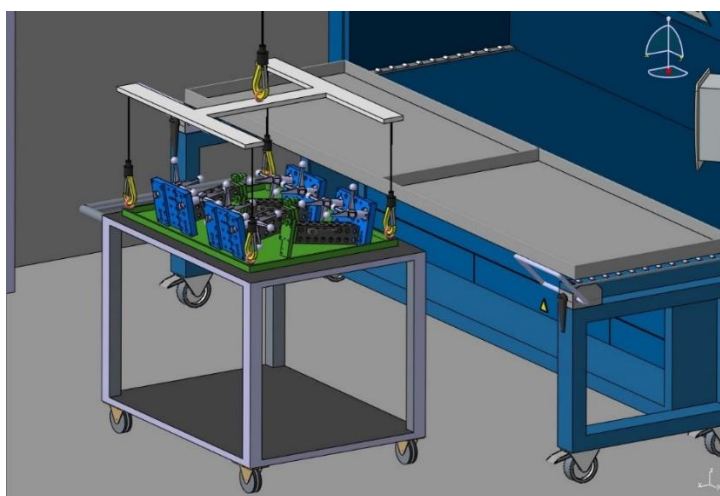


Figura 26 - Colocação do cesto no carrinho de transporte

4.1.3 Organizador e Inventário para Rolos de Filamento 3D

O desafio colocado foi o de criar um sistema para o armazenamento e inventariação dos rolos de filamento utilizados na impressora 3D, que se encontravam dentro de caixas ocupando espaço desnecessário. Estes filamentos são na sua maioria constituídos por polímeros de plástico, tais como ABS, PLA, PP, Nylon e PETG, os quais são bastante suscetíveis a quebrar, quando expostos a humidade.

Um dos principais desafios foi escolher a orientação para o armazenamento dos rolos, os quais têm uma dimensão de 66mm*200mm e um peso de 1100g por unidade, sendo 1000g de filamento e 100 gramas de rolo, o que se tornou um desafio estrutural devido à dimensão e peso dos mesmos.

Depois de realizado um estudo espacial ao armário onde estão colocados os rolos, foi feito o desenho CAD do espaço, dos rolos e dos pilares de suporte dos rolos.

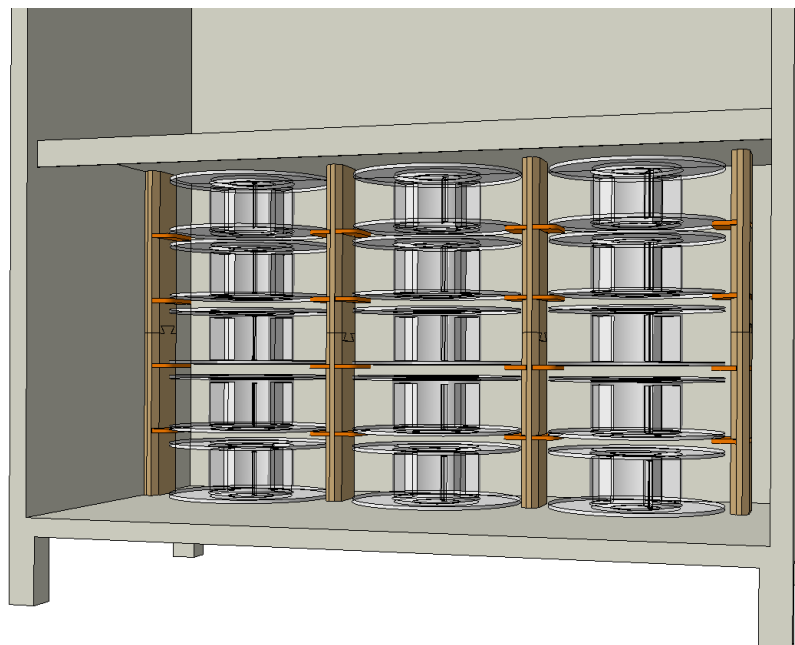


Figura 27 - Desenho CAD do Projeto de reorganização dos rolos de filamento

De forma a caber na área de impressão da impressora 3D do departamento, os pilares tiveram de ser divididos em duas partes e mais as alhetas de suporte para os rolos. Para juntar as duas metades dos pilares, estes foram desenhados de modo a encaixarem à pressão um no outro, sendo que foi utilizada uma junta em *Dovetail*, que pode ser visualizada na Figura 28. De modo que os pilares tenham rigidez suficiente, foram impressos no material mais resistente

possível, PETG, um polímero de elevada resistência à deformação, a alterações de temperatura e fácil de imprimir.

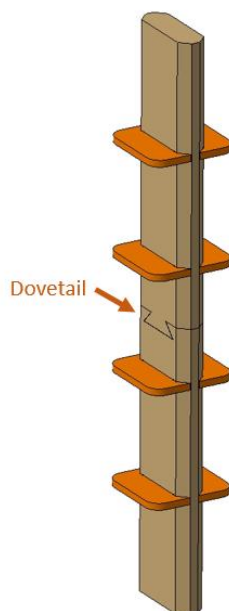


Figura 28 - Pilar de suporte dos rolos com encaixe em Dovetail

Na Figura 29 é apresentado o antes e o depois da conclusão deste projeto, onde se conseguiu o armazenamento de mais rolos no mesmo espaço disponível e foi feito de maneira a ser possível retirar qualquer rolo de determinada posição sem que outros rolos abaixo ou acima do mesmo caiam.



Figura 29 - Organização dos rolos de filamento (antes e depois)

Quanto à inventariação dos rolos, foi criado um ficheiro Excel automatizado, com uma lista de todos os rolos, onde se atribuiu um número a cada rolo de modo a facilitar a identificação dos mesmos.

O ficheiro foi dividido em 3 folhas sendo que, na primeira folha está o inventário, o qual especifica, nomeadamente, a marca de cada rolo, o número do rolo, quantos gramas tem o rolo originalmente, o tipo de filamento, o custo, a cor, e o material restante no rolo.

Inventário							Restante		Calculador Peso -> Comprimento		
Marca	Rolo N.º	Total (g)	Tipo	Custo	Cor	Observações	Rolo N.º	Restante	Tipo de Material	Peso (g)	Metros
ULTIMAKER	1	750	Tough PLA	€	Preto		1	29 g			
Fil Kemp	2	1000	Tough PLA	€	Laranja Pastel (458)		2	125 g	PLA Tough/PLN	25	3,21
Fil Kemp	3	1000	Tough PLA	€	White Aluminium		3	512 g	ABS	64	7,02
Fil Kemp	4	1000	Tough PLA	€	Preto (017)		4	232 g	PETG	101	12,43
Fil Kemp	5	1000	Tough PLA	€	Azul céu (548)		5	5 g	PA	10	1,40
Fil Kemp	6	1000	Tough PLA	€	Azul céu (548)		6	1000 g	Nylon	108	11,14
Fil Kemp	7	1000	Tough PLA	€	Azul céu (548)		7	1000 g	PC	109	12,86
Fil Kemp	8	1000	Tough PLA	€	Azul céu (548)		8	1000 g			
Fil Kemp	9	1000	Tough PLA	€	Signal Yellow		9	32 g			
Fil Kemp	10	1000	Tough PLA	€	Signal Yellow		10	27 g			
Fil Kemp	11	1000	Tough PLA	€	Signal Yellow		11	1000 g			
Fil Kemp	12	1000	Tough PLA	€	Signal Yellow		12	765 g			
Fil Kemp	13	1000	Tough PLA	€	Branco		13	1000 g			
Fil Kemp	14	1000	Tough PLA	€	Branco		14	1000 g			
Fil Kemp	15	1000	Tough PLA	€	Flame Red		15	530 g			
Fil Kemp	16	1000	Tough PLA	€	Flame Red		16	1000 g			
Fil Kemp	17	1000	Tough PLA	€	Verde (7742C)		17	1000 g			
Fil Kemp	18	1000	PETG	€	Preto (017)		18	88 g			
Fil Kemp	19	1000	PETG	€	Preto (017)		19	1000 g			
Fil Kemp	20	1000	Nylon	€	Preto (017)		20	1000 g			
Fil Kemp	21	1000	Nylon	€	Preto (017)		21	1000 g			
Fil Kemp	22	1000	Tough PLA	€	Laranja Pastel (458)		22	614 g			
Fil Kemp	23	1000	Tough PLA	€	Laranja Pastel (458)		23	1000 g			
ULTIMAKER	24	500	PP	€	Natural (transparente)		24	500 g			
ULTIMAKER	25	500	PP	€	Natural (transparente)		25	500 g			
ULTIMAKER	26	500	PP	€	Natural (transparente)		26	500 g			
ULTIMAKER	27	500	PP	€	Natural (transparente)		27	500 g			
ULTIMAKER	28	500	PP	€	Natural (transparente)		28	500 g			
ULTIMAKER	29	750	ABS	€	Preto		29	750 g			
ULTIMAKER	30	750	ABS	€	Preto		30	750 g			
ULTIMAKER	31	750	ABS	€	Silver		31	750 g			
ULTIMAKER	32	750	Breakaway	€	Branco		32	750 g			
ULTIMAKER	33	750	Breakaway	€	Branco		33	750 g			
ULTIMAKER	34	750	PC	€	Preto		34	750 g			
ULTIMAKER	35	750	PC	€	Preto		35	750 g			
ULTIMAKER	36	750	Nylon	€	Transparente		36	750 g			
ULTIMAKER	37	65	Tough PLA	€	Silver Metallic		37	9 g			
ULTIMAKER	38	25	Tough PLA	€	Silver Metallic		38	25 g			
ULTIMAKER	39	108	Nylon	€	Preto		39	108 g			
ULTIMAKER	40	550	PC	€	Branco		40	550 g			

Figura 30 - Primeira folha do inventário (Inventário)

Na segunda folha são colocadas todas as impressões, à medida que estas são realizadas, o que inclui: o nome da impressão, data da mesma, número do rolo utilizado, quantidade de material gasto em gramas e em metros de filamento, a duração da impressão e o nome do ficheiro. Com estas informações é possível calcular o custo de cada impressão, o que também foi acrescentado à tabela.

Nome da Impressão	Data	Nº do Rolo	Material (g)	Material (m)	Custo (€)	Duração	Status	Observações
	07/01/2021	1	456 g	162,12 m	€ 11,34	100%		
	02/02/2021	1	18 g	2,5 m	€ 3,27	100%		
	02/02/2021	1	39 g	4,94 m	€ 3,10	100%		
	02/03/2021	1	41 g	5,23 m	€ 2,55	100%		
	09/02/2021	2	27 g	3,38 m	€ 1,46	100%		
	09/02/2021	2	97 g	11,64 m	€ 6,05	100%		
	10/02/2021	1	66 g	8,48 m	€ 4,23	100%		
	11/02/2021	1	10 g	1,28 m	€ 1,08	100%		
	17/2/2021	1	4 g	,51 m	€ 1,01	100%		
	17/2/2021	1	5 g	,61 m	€ 1,19	100%		
	18/2/2021	18	8 g	,98 m	€ 0,32	100%		
	18/2/2021	18	37 g	4,53 m	€ 2,33	100%		
	23/2/2021	18	100 g	12,4 m	€ 4,47	100%		
	23/2/2021	18	4 g	,52 m	€ 0,54	100%		
	24/2/2021	18	101 g	12,43 m	€ 4,53	100%		
	24/2/2021	18	24 g	2,98 m	€ 1,49	100%		
	25/2/2021	18	90 g	11,13 m	€ 4,20	100%		
	25/2/2021	2	47 g	5,88 m	€ 2,39	100%		
	03/02/2021	18	87 g	10,77 m	€ 4,34	100%		
	03/02/2021	18	41 g	5,07 m	€ 2,54	100%		
	03/02/2021	2	155 g	19,55 m	€ 13,53	100%		
	03/03/2021	18	90 g	11,13 m	€ 4,20	100%		
	03/03/2021	18	29 g	3,52 m	€ 2,03	100%		
	03/03/2021	18	87 g	10,77 m	€ 4,34	100%		
	03/04/2021	9	344 g	43,43 m	€ 64,48	100%		
	09/03/2021	9	70 g	30,71 m	€ 53,00	40%		
	10/03/2021	18	90 g	11,15 m	€ 4,42	100%		
	11/03/2021	18	87 g	10,79 m	€ 4,32	100%		
	11/03/2021	18	37 g	4,62 m	€ 2,36	100%		
	11/03/2021	15	191 g	24,16 m	€ 16,43	100%		
	12/03/2021	15	1 g	,13 m	€ 0,10	100%		
	12/03/2021	9	340 g	43,04 m	€ 64,17	100%		
	16/3/2021	1	6 g	,75 m	€ 0,59	100%		
	17/3/2021	10	235 g	29,67 m	€ 51,24	100%		
	30/3/2021	2	51 g	6,41 m	€ 2,24	100%		
	30/3/2021	2	51 g	6,41 m	€ 2,47	100%		
	31/03/2021	41	93 g	11,74 m	€ 6,22	100%		

Figura 31 - Segunda folha do inventário (Impressões)

Na terceira folha, está presente um calculador de data e hora de fim da impressão, que se mostra essencial para impressões de elevada duração.

Duração de Impressão			
Hora Atual	Duração	Fim	Pronto a Retirar*
14:29:38	49:12	15:41 de 16/10/2021	16:04

Duração de Impressão com Hora Personalizada			
Hora Personalizada	Duração	Fim	Pronto a Retirar*
17:21:00	3:00	20:21:00	20:44

Duração de Impressão com Hora Personalizada 2			
Hora Personalizada	Duração	Fim	Pronto a Retirar*
12:00:00	2:08	14:08	14:31

Figura 32 - Terceira folha do inventário (Calculador de tempo)

4.1.4 Suporte para Barras de Escala em Ângulo

Um projeto de elevada importância para a Volkswagen Autoeuropa foram os suportes para as barras de escala calibradas, utilizadas como referência nas plataformas de medição ótica GOM Scanbox.

Estas plataformas de medição utilizam câmaras que detetam pontos de referência, chamados *targets*, os quais são colocados na peça a ser medida ou no sistema de fixação dessa peça. Estes *targets* são feitos de maneira a não existirem dois iguais, sendo que o *software* de medição atribui um código a cada um sabendo assim a posição global da peça.

De modo a calibrar e dar uma escala à medição, são usadas barras de fibra de carbono, calibradas com medidas standard que possuem dois *targets* que têm de estar sempre no mesmo local na mesa de medição.

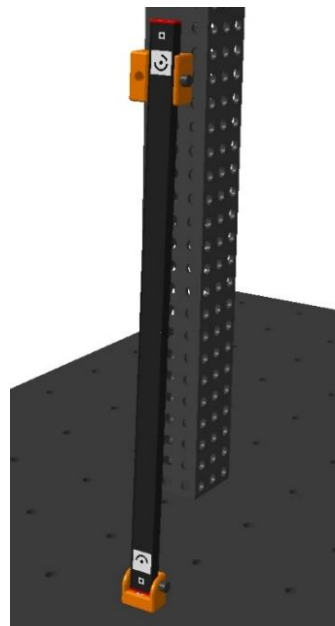


Figura 33 - Suportes de barras de escala

O desafio passou por criar um apoio para as barras de escala ficarem fixas na mesa de medição, mesmo se esta for transportada para outro local, mas também com a possibilidade de serem retiradas da mesa. Para tal foram criados dois suportes, um inferior e outro superior. Aquele que fica em baixo faz de suporte à barra dando-lhe um ângulo exato de 3.5° para que a barra não caia para a frente ao ser retirada dos suportes e o suporte de cima foi feito de maneira a servir de apoio para que a barra mantenha o ângulo de 3.5° e que não oscile durante a medição ou durante o transporte. Os suportes foram impressos em PLA cor de laranja.

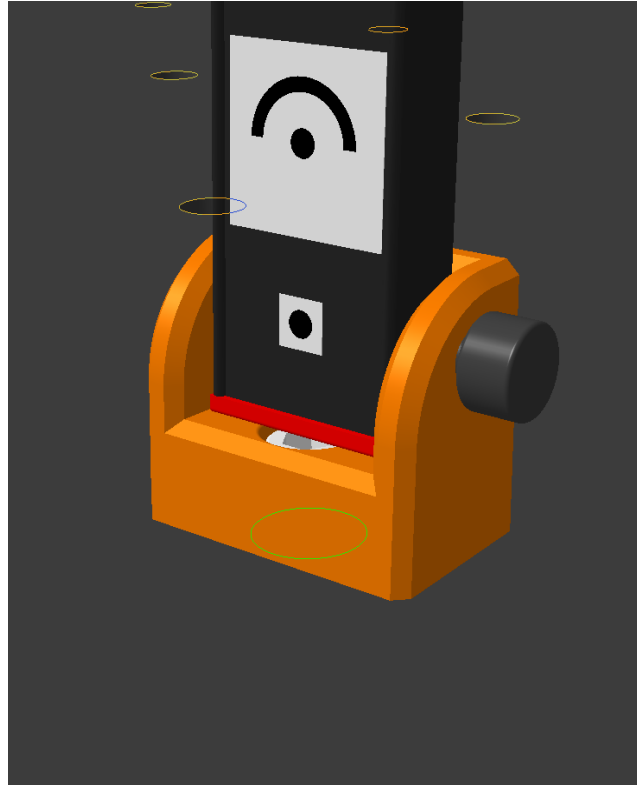


Figura 34 - Suporte inferior para barras de escala

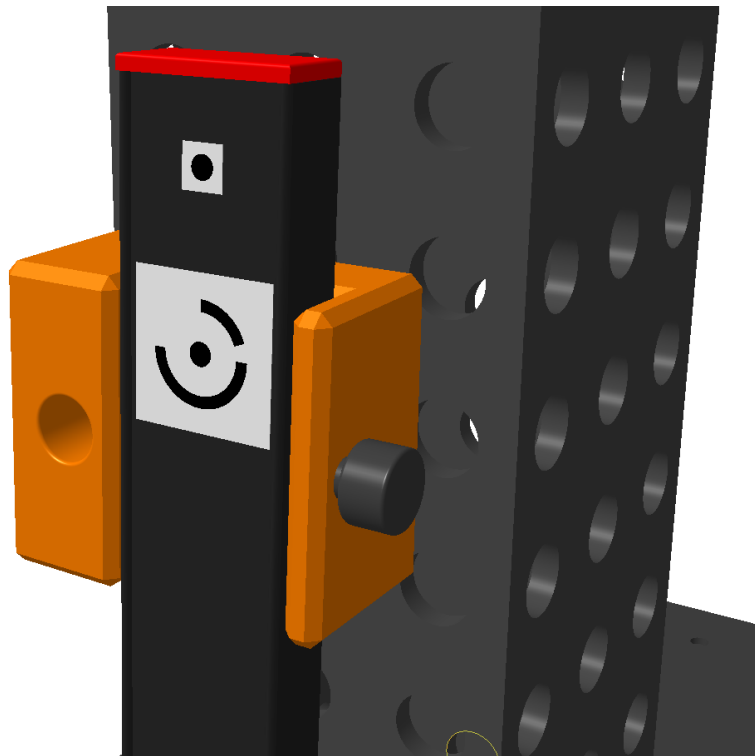


Figura 35 - Suporte superior para barras de escala

4.1.5 Suporte para Tablet

Um dos desafios, de resolução mais complexa, foi o de criar um suporte personalizado para um Tablet/PC da marca HP [16], que é utilizado em videoconferências nas salas de reuniões.

Foi necessário fabricar um suporte personalizado pois nenhum dos produtos no mercado realizava corretamente a tarefa pretendida, que era ter um suporte para este tablet que pudesse tanto inclinar para trás como para a frente, de modo a se poder utilizar as câmaras frontal e traseira de forma mais versátil.

De modo a satisfazer estas necessidades, foi criado um suporte em 7 partes separadas, sendo estas depois pressionadas no local ou coladas. Algumas das peças que foram impressas foram modeladas de forma a encaixarem umas nas outras com pouca folga e de modo a realizar um encaixe à pressão, não sendo necessária cola.

O produto final é constituído por duas peças, uma que abraça o tablet que possui um recorte superior para as câmaras traseiras e microfones, e outra que fica fixa na mesa onde se encaixa o pé traseiro, a qual permite colocar o tablet em 10 ângulos diferentes, nomeadamente dois com inclinação para a frente, um a 90° e sete com inclinação para trás.



Figura 36 - Modelo 3D vs. Produto Final



Figura 37 - Modelo CAD do suporte do Tablet

4.1.6 Maquete Measuring

O projeto mais moroso do estágio e com maior complexidade em termos de modelação 3D foi a construção de uma maquete em CAD de toda a secção do *Measuring*. Este modelo não foi começado do zero, sendo que já existia um modelo básico criado anteriormente por outro colaborador, contudo estava desatualizado em relação à maquinaria atualmente existente no departamento e muitas das medidas estavam incorretas, sendo que foi refeito quase totalmente.

O objetivo inicial deste projeto seria criar esta maquete CAD em CATIA V5 de modo a ser possível fabricar e imprimir uma maquete à escala de 1:0.01, ou seja, um metro na realidade irá equivaler a 1 centímetro na maquete, com o objetivo de esta ser colocada à entrada do departamento.

De modo a realizar este projeto foram criados dezenas de modelos CAD, desde cadeiras e secretárias, a máquinas de medição completas. Todas as medidas de estruturas foram confirmadas e alteradas relativamente ao desenho original. Sendo este um projeto de elevada complexidade irá ter continuação no estágio profissional com duração de 6 meses que irei realizar também nesta equipa. As seguintes imagens são ilustrativas do trabalho realizado neste projeto.



Figura 38 - Vista geral da Maquete do *Measuring*



Figura 39 - Vista de pormenor da Maquete do *Measuring*



Figura 40 - Vista em perspetiva da Maquete do *Measuring*

4.1.7 Mesa de Medição Portátil GOM

Sendo a medição ótica parte integrante e fundamental do trabalho dos colaboradores da área do *Measuring*, foi estudada uma ferramenta de assistência às medições de peças e componentes de plataformas de medição ótica móveis.

Estas plataformas são constituídas por um tripé de grandes dimensões e um sensor ATOS III Triple Scan que é utilizado para fazer medições de peças de pequeno porte, podendo deslocar-se até à localização das peças. Um dos desafios dessa medição é fazer um scan estável sendo que a peça está imóvel e o tripé com o sensor tem de andar à volta da peça para realizar uma medição correta.

A solução proposta foi um sistema em que o tripé fique imóvel e a peça seja fixa numa mesa rotativa de modo a ser possível fazer um scan ótico correto.

A base e tampo da mesa são reaproveitados de uma mesa já existente, sendo que o rolamento onde o novo tampo roda é aproveitado de uma roda existente em armazém, fazendo deste um sistema de baixo custo. A mesa contará com um travão feito com um *clamp*, também utilizado nas *fixtures* de medição para que seja possível parar a mesa. O tampo circular rotativo conta com o sistema de furação para colocação das *fixtures* que fixam as peças de modo a obter

uma medição correta. Será dada continuidade a este projeto no estágio profissional.



Figura 41 - Mesa de Medição Portátil GOM

4.1.8 Solução Portas Cubing

Um desafio logístico e mecânico que me foi apresentado perto do término do estágio curricular baseou-se no problema de levar as portas utilizadas na ferramenta *Cubing*, feitas a partir de um bloco de alumínio maciço, para o seu local de medição individual, e do local de medição para a ferramenta *Cubing* sendo que cada porta tem um peso aproximado de 50Kg, o que se torna impossível de transportar apenas por um colaborador. A solução utilizada até então passava por realizar o transporte de cada porta com 3 a 4 colaboradores, tendo estes de subir dois degraus de escada para a plataforma de medição individual.

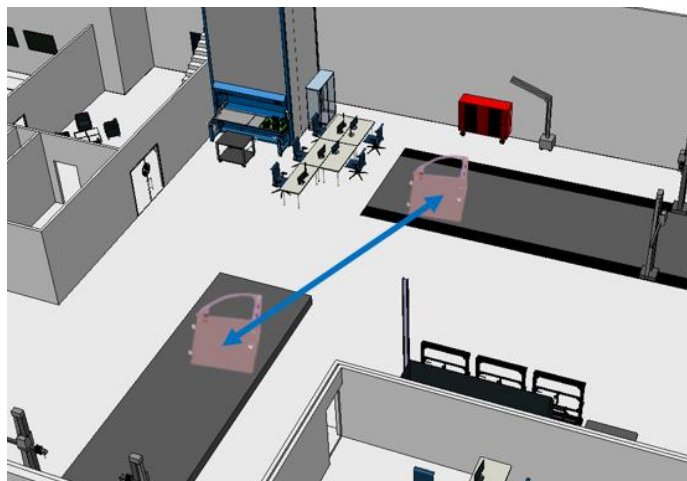


Figura 422 - Trajeto da Plataforma de Medição Individual para o Cubing

Foram propostas 3 soluções para este problema, onde todas incluem um empilhador e um suporte em gancho para segurar a porta. O *Measuring* já tem dois empilhadores, um deles perto da Ferramenta *Cubing* que poderá ser utilizado para este projeto. Para melhor entender as dimensões de todo o sistema, foram criadas em CAD todas as peças, ferramentas e máquinas envolvidas nas soluções.



Figura 43 - Empilhador Jungheinrich Elétrico EJC 112

Antes de avançar para as soluções foi necessário fazer um levantamento de quais ferramentas estavam à disposição e qual a sua capacidade de elevação. Através dos manuais de

especificações dos equipamentos conseguiu-se saber quais podiam ser utilizadas, sendo a principal o empilhador (deixo as especificações no anexo).

A primeira solução proposta é simples, o empilhador é equipado com um adaptador de gancho onde se prende a porta *Cubing*. Esta solução apresentou ter alguns problemas, sendo que a porta iria ficar longe da plataforma de medição individual devido à distância entre os garfos do empilhador e a estrutura de repouso da porta.



Figura 44 - Adaptador de Gancho [17]

A segunda solução é semelhante à primeira, mas em vez de ter o adaptador de gancho diretamente por baixo dos garfos do *Cubing*, será utilizado um adaptador com extensor de garfos elevado, onde a porta fica longe do empilhador, o que cria o primeiro, possível, problema desta solução dado que o empilhador pode não ter força de elevação e estabilidade suficientes para o peso tão desfasado do centro de massa do sistema. Outro problema seria o acesso às portas do lado da parede do *Cubing*, as quais ficavam quase inacessíveis.



Figura 45 - Adaptador de Gancho com Extensor [18]

A solução sugerida foi a terceira solução equacionada, mesmo que bastante semelhante à solução anterior altera um aspeto fulcral do sistema. Onde antes era utilizado um extensor elevado de gancho, agora é utilizado um extensor dos próprios garfos do empilhador. Com esta solução já é possível regular o centro de massa do sistema pois o peso será mais bem distribuído. Assim será utilizado o adaptador de gancho da Figura 44 e o extensor de garfos para o empilhador da Figura 46.



Figura 46 - Extensor de Garfos para Empilhador [19]

Uma outra solução proposta foi alterar a localização de toda a ferramenta *Cubing* trocando esta com o *MasterBuck*, solucionando assim, todos os problemas acima descritos pois o *MasterBuck* está equipado com uma grua em ponte móvel que abrange todo o recinto da ferramenta. Esta solução também será equacionada junto dos responsáveis de ambos os setores.

4.2 Projetos Secundários

4.2.1 Suporte para Rodas dos Carrinhos das Torres de Computador

Este foi um dos primeiros projetos propostos aquando da chegada à Volkswagen Autoeuropa, adaptar e melhorar um desenho CAD já existente também criado por um estagiário. Esta peça tem como função a criação de um novo suporte robusto, impresso na impressora 3D, para a colocação das rodas dos carrinhos de suporte às torres de computador existentes no *Measuring*.

Após verificação de quantas seriam necessárias e quais os problemas e parâmetros a corrigir, foi realizado o modelo CAD de raiz de modo a facilitar a sua edição e parametrização, e impresso e instalado em todos os carrinhos defeituosos que necessitavam de novos suportes.

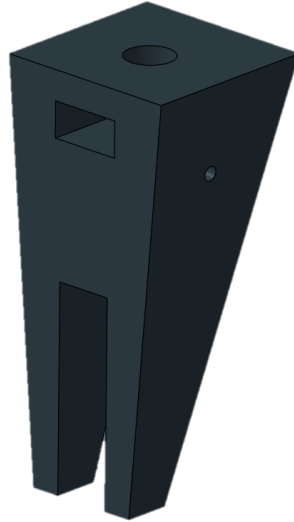


Figura 47 - Suporte para rodas dos carrinhos das torres de computador

4.2.2 Suporte para Barras de Escala para parede de medição

Uma das impressões 3D mais realizadas durante o estágio curricular foi precisamente a deste projeto, à semelhança do que foi mencionado no subcapítulo 4.1.3, foi necessário criar um suporte para as barras de escala calibradas utilizadas nas GOM Scanbox.

Desta vez o projeto foi adaptar o suporte realizado anteriormente de modo a ser possível prender as barras às paredes de medição utilizadas nos dispositivos de medição ótica. As paredes de medição utilizadas possuem uma furação que permite o encaixe de *fixtures*, a qual foi aproveitada no processo de produção deste projeto, criando um ângulo de 45° em relação ao furo oval da parede (que está na vertical) para que seja possível rodar e encaixar este suporte.

As barras de escala são então presas pela fricção criada por um parafuso de nylon roscado na abertura lateral do suporte. Foram depois criadas várias variações deste modelo, a diferentes ângulos e com diferentes especificações de modo a ser possível colocar as barras em diferentes posições nas paredes de medição. Foram impressos na impressora 3D cerca de 15 suportes à data de escrita deste relatório e serão impressos ainda mais.

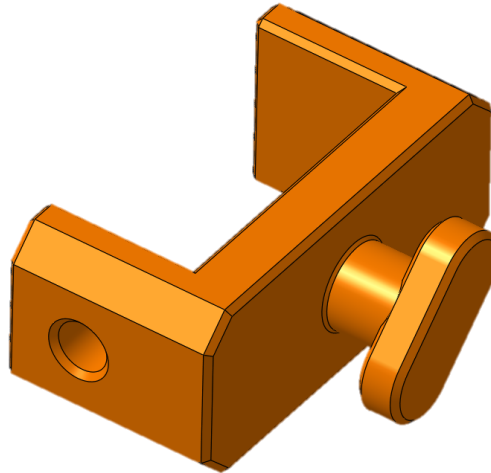


Figura 48 - Suporte para barras de escala para parede de medição

4.2.3 Protetor de Ecrã do AGV

Um pouco complexo, mas bastante eficaz foi a realização de um protetor de ecrã e botões para os robôs AGV. Estes robôs realizam o transporte de carrinhos com peças a serem medidas nas máquinas de medição ótica, de e para a área onde são fabricadas.

Um dos problemas observados nestes robôs transportadores foi o facto de terem o ecrã muito desprotegido, por vezes quebrando os ecrãs quando em contacto com o canto metálico dos carrinhos de transporte.

A solução encontrada para este problema passou por realizar as medições necessárias do conjunto ecrã mais botões, fazer um desenho CAD do mesmo e criar um suporte elevado para uma folha de *plexiglass* cortada à medida e inserida numa ranhura do modelo 3D. Esta peça fica presa à pressão no ecrã do AGV, protegendo-o contra embates acidentais.

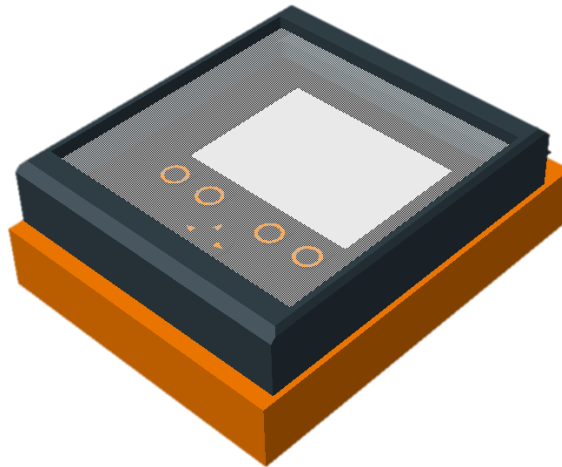


Figura 49 - Protetor de Ecrã do AGV



Figura 50 - AGV Sem Protetor de Ecrã [20]

4.2.4 Showroom Stage Masterbuck

O *MasterBuck*, como referido anteriormente, é uma ferramenta de medição existente no *Measuring*, acontece que o sítio onde está localizada possui algum espaço livre que pode ser utilizado de outra maneira. Foi então proposta a realização de uma remodelação deste espaço, onde o objetivo principal seria ter um local onde realizar apresentações e fazer exposições do *MasterBuck virtual* como referido no ponto 2.3.2.4, onde seja possível utilizar os óculos de realidade aumentada para visualizar a ferramenta *Masterbuck* em ambiente virtual, enquanto toda a plateia possa ver o que o utilizador está a visualizar nos óculos VR.

Foram criados 3 modelos CAD à escala de 1:1, cada um representando uma proposta de reformulação deste local. Todas as propostas possuem uma plataforma elevada já existente no

local a servir de palco ou ponto elevado onde o apresentador e utilizador dos óculos VR possa expor a sua apresentação. Outros pontos em comum entre as 3 propostas são os sensores de apoio ao sistema VR que estão montados na parede a uma distância de 6m um do outro para melhor utilização, a televisão atrás do palco de modo a apresentar e processar o *MasterBuck Virtual*, e a parede envolvente pintada de Azul, cor da Volkswagen. As 3 propostas são apresentadas nas Figuras seguintes.

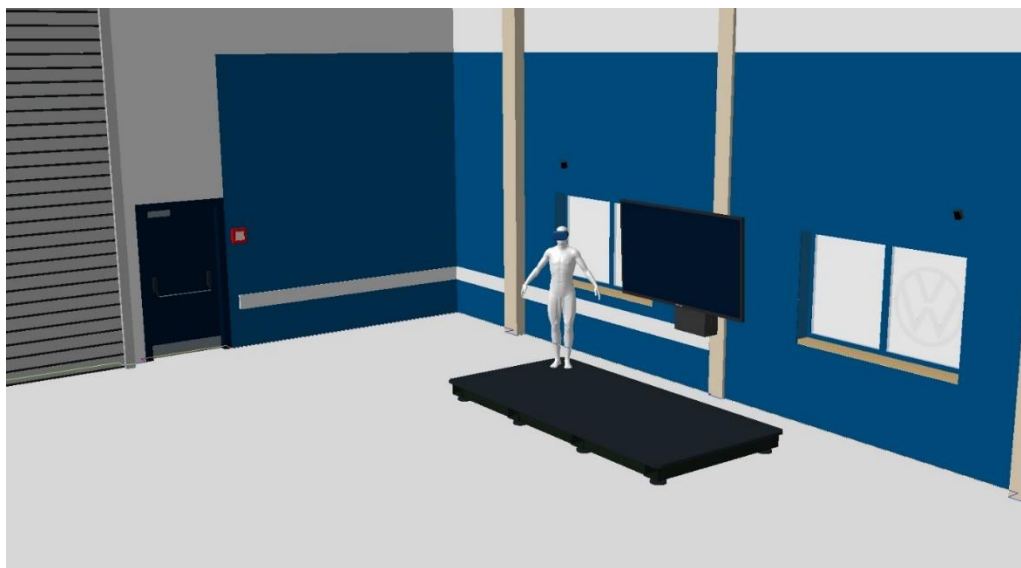


Figura 51 - Proposta 1 Showroom Stage MasterBuck

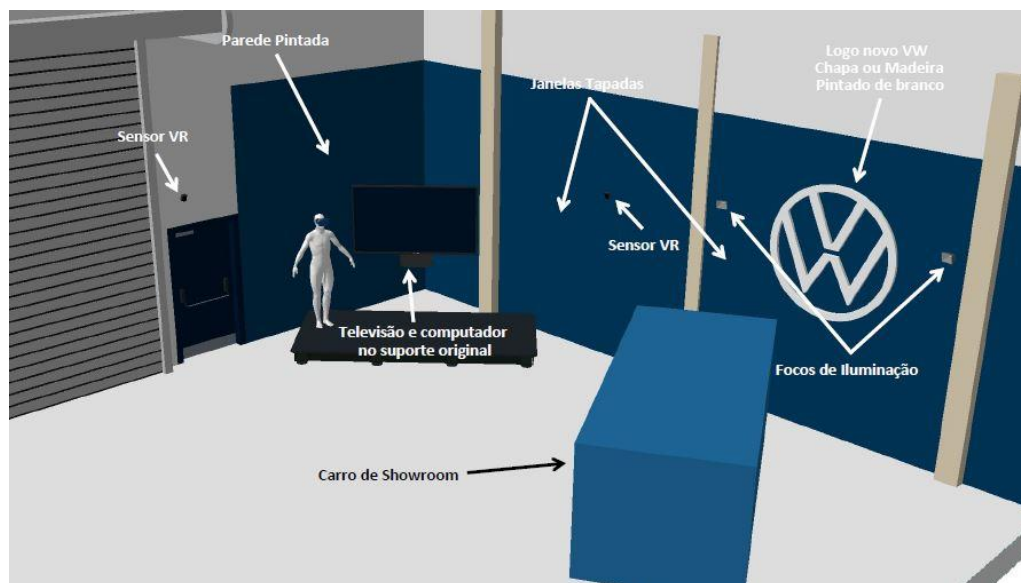


Figura 52 - Proposta 2 Showroom Stage MasterBuck

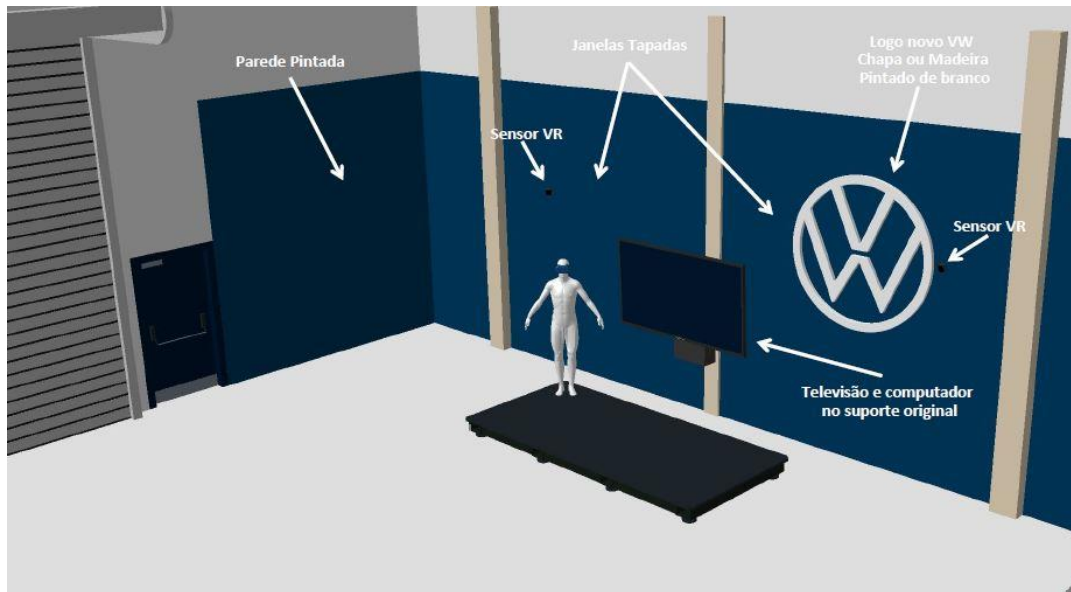


Figura 53 - Proposta 3 Showroom Stage MasterBuck

Depois de analisadas e discutidas as opções acima referidas, optou-se por avançar com a proposta 1, sendo esta a mais simples de realizar e de menor custo para o *Measuring*. Este será também um projeto a continuar no estágio profissional.

4.2.5 Tranca Portas Cubing e MasterBuck

Um desafio que se revelou algo complexo foi o de criar trancas para as portas do *Cubing* e do *MasterBuck*. Aquando da necessidade de deixar as portas abertas nestas ferramentas, era utilizado um taco de madeira encaixado na dobradiça da porta de modo a que esta não se fechasse sozinha.

Foi estudado o ângulo ideal da porta aberta, por forma a que ela não interferisse nas medições, foi desenhado um CAD para cada uma das 4 portas esquerdas, duas *Cubing* e duas *Masterbuck* (frentes e traseiras) e impressas em 3D todas as variações de portas esquerdas. Após a verificação da funcionalidade destas trancas, foi feito o espelhamento de todos os modelos CAD e impresso para todas as portas direitas. A maior dificuldade deste projeto deveu-se à complexidade das dobradiças instaladas e das peças envolventes, tendo sido feitos vários recortes em cada peça de forma a criar um encaixe perfeito.

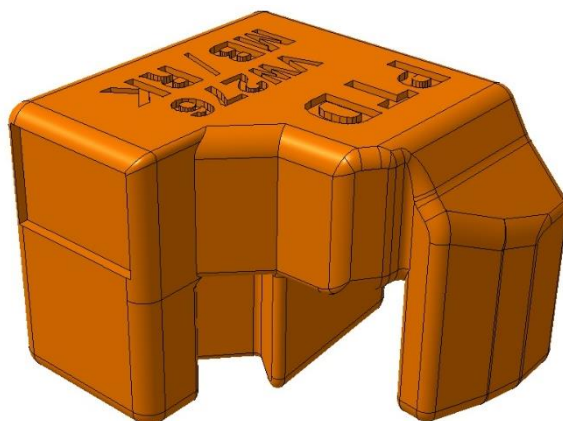


Figura 54 - Tranca Portas Cubing e MasterBuck



Figura 55 - Tranca Portas Cubing e MasterBuck - Projeto Real

4.2.6 Troféu de Reconhecimento Mensal

Foi também sugerida a criação de um prémio de reconhecimento mensal para entregar aos colaboradores que se tenham destacado nesse mês como forma de agradecer o trabalho e toda a dedicação prestado por estes à fábrica da Volkswagen Autoeuropa.

Neste sentido, foi modelado um pequeno troféu constituído por duas peças, baseado no símbolo do departamento que representa um Astrolábio dentro da letra Q, de qualidade. Cada

troféu foi personalizado com o nome do destinatário na superfície frontal da base da peça. Após a realização do modelo CAD procedeu-se à impressão de vários troféus personalizados na impressora 3D em PLA cinza e azul.



Figura 56 - Troféu de Reconhecimento Mensal

4.2.7 Troféu de Saída da Equipa

À semelhança do projeto anterior, foi sugerida a criação de um troféu para colaboradores que saem da equipa do *Measuring* para outras equipas ou até para a reforma. Para tal foi modelado um troféu, desta vez com alguma utilidade, neste caso um suporte para o *smartphone*, pois o colaborador que saiu da equipa necessitava de um.

Em CATIA V5 foi modelado um suporte universal para *smartphone*, com capacidade para colocar o *smartphone* na vertical ou na horizontal, sendo possível carregar o mesmo nas duas orientações devido à ranhura colocada no meio do suporte. Na base do suporte foi desenhado o símbolo do *Measuring* em relevo, desta vez na horizontal, na parte traseira da base do *smartphone*.

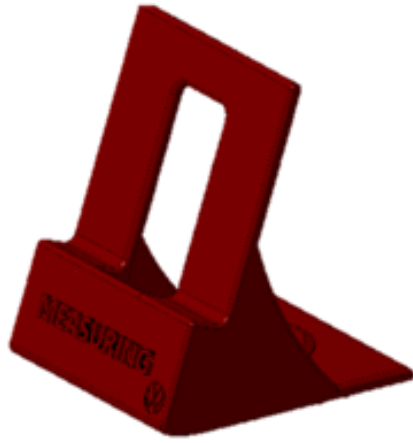


Figura 57 - Troféu de Saída da Equipa.

5 CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O presente documento teve como objetivo apresentar as atividades desenvolvidas no decorrer do estágio curricular na empresa Volkswagen Autoeuropa, Lda., não tendo sido possível mencionar alguns detalhes devido ao elevado grau de confidencialidade existente na empresa.

Com este estágio foi-me possível adquirir e desenvolver competências a nível pessoal e profissional, pois a empresa possibilita a interação pessoal com outros colaboradores, de modo a adquirir todos os conhecimentos que estes me transmitam, sendo colocado à prova todos os dias.

Um dos maiores desafios no decorrer do estágio foi a mudança de hábitos de horário para me ajustar ao horário da fábrica, sendo que tive de acordar às 4:30h todos os dias, outro grande desafio foi o de aprender um *software* totalmente novo, o CATIA V5 que tem um funcionamento bastante diferente dos *softwares* de modelação 3D a que estava habituado a utilizar.

Em termos de aquisição de conhecimentos, em relação à modelação 3D, foi possível desenvolver novas capacidades de projeto de modelos CAD e prototipagem e medição de estruturas, materiais e objetos, o que colocou à prova muitos dos conhecimentos adquiridos na licenciatura e mestrado, e desenvolver conhecimentos na área da impressão tridimensional e software CURA.

Toda esta experiência possibilitou o desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas, raciocínio lógico e ultrapassar os desafios e imprevistos utilizando os recursos existentes. Foi-me também permitido ter uma grande aproximação ao mundo da robótica, o que provou ser uma mais-valia pessoal, pois esta é uma das áreas na qual gostaria de desenvolver capacidades e competências. Esta área não foi mais abordada e aprofundada no relatório devido a questões de confidencialidade da empresa.

Em suma, foi a nível pessoal um grande passo no desenvolvimento de competências interpessoais e a nível profissional um grande avanço nos conhecimentos sobre as mais diversas áreas abordadas neste relatório, tendo superado em muito as expectativas iniciais e tendo sido uma ótima experiência a nível de trabalho em equipa, pois foi muito bom poder ter o privilégio de ter trabalhado no Centro de Medição Masterbuck e Cubing da Volkswagen Autoeuropa, equipa que esteve sempre disposta a auxiliar, tanto a nível profissional como pessoal.

Foi-me proposto pelo orientador do estágio curricular e responsável pelo departamento, Eng. Vitor Martins, a permanência nesta equipa para lá do estágio curricular, de forma a realizar estágio profissional, proposta essa que foi aceite, continuando a fazer parte da equipa do Centro de Medição.

Quanto a perspectivas de trabalho futuro, pretendo continuar os projetos que não me foi possível acabar durante o estágio curricular e desenvolver outros projetos que me forem propostos e que contribuam para o meu desenvolvimento enquanto Engenheiro Eletrotécnico, contribuindo ao mesmo tempo para o sucesso da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Volkswagen Autoeuropa, “História,” [Online]. Available: <https://www.volkswagenautoeuropa.pt/>. [Acedido em 01 10 2021].
- [2] L. Volkswagen Autoeuropa, “História da AE,” [Online]. Available: <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/volkswagen-autoeuropa-lda-399>. [Acedido em 03 09 2021].
- [3] Volkswagen Autoeuropa, “Intranet Volkswagen Autoeuropa, 2020,” Volkswagen Autoeuropa, Palmela, 2021.
- [4] P. Murteira, "Pinterest," [Online]. Available: <https://www.pinterest.com/paulomurteira/volkswagen/>. [Accessed 10 09 2021].
- [5] E. V.-G. M.-. u. Automatisierungstechnik, “VDI 2627,” [Online]. Available: <https://www.vdi.de/en/home/vdi-standards/details/vdivde-2627-blatt-1-measuring-rooms-classification-and-characteristics-planning-and-execution>. [Acedido em 07 11 2021].
- [6] Zeiss, “Braços horizontais de medição,” [Online]. Available: <https://www.zeiss.es/metrologia/productos/sistemas/maquinas-medicion-coordenadas/mmc-brazo-horizontal/caleno.html>. [Acedido em 01 05 2021].
- [7] GOM, “Metrology Systems - ATOS ScanBox,” [Online]. Available: <https://www.gom.com/metrology-systems.html>. [Acedido em 08 07 2021].
- [8] Maxieduca, “Programa 5s de qualidade,” [Online]. Available: <https://blog.maxieduca.com.br/programa-5s-administracao/programa-5s-de-qualidade/>. [Acedido em 22 08 2021].
- [9] Stringfixer, "Modelação tridimensional," [Online]. Available: https://stringfixer.com/pt/Three-dimensional_model. [Accessed 29 10 2021].
- [10] “Ultimaker 3 Extended 3D Printer,” RS, [Online]. Available: <https://br.rsdelivers.com/product/ultimaker/9677/ultimaker-3-extended-3d-printer/1249475>. [Acedido em 20 06 2021].

- [11] Wikipedia, “MAXIMO descrição,” [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Maximo_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Maximo_(software)). [Acedido em 24 10 2021].
- [12] Wikipedia, “LoRa,” [Online]. Available: <https://pt.wikipedia.org/wiki/LoRa>. [Acedido em 15 09 2021].
- [13] JRI, “JRI Software,” [Online]. Available: <https://www.jri-corp.com/products/wireless-temperature-monitoring-systems/jri-mysirius>. [Acedido em 10 10 2021].
- [14] JRI, “JRI Lora Spy,” [Online]. Available: <https://www.jri-corp.com/products/wireless-temperature-data-loggers/lora-spy>. [Acedido em 10 10 2021].
- [15] R. group, “Megamat,” [Online]. Available: <https://www.relevatorgroup.com/vertical-storage-systems/kardex-megalift-fse-7-1/>. [Acedido em 15 05 2021].
- [16] HP, “Tablet HP,” [Online]. Available: <https://www.hp.com/pt-pt/elite-family/elite-x2.html>. [Acedido em 01 11 2021].
- [17] E. REMA, “Adaptador de Gancho,” [Online]. Available: <https://www.elevacionytrincajes.com/manipulacion/sistemas-de-gruas/balancines/gancho-carretilla-elevadora-hth/>. [Acedido em 27 10 2021].
- [18] E. Solutions, “Extending high lift JIB,” [Online]. Available: <https://www.engineeredolutionsdirect.com/product/extending-fork-mounted-high-lift-jib-crane-1-75-3m/>. [Acedido em 21 01 2021].
- [19] I. Plaza, “Extensor de Garfos para Empilhador,” [Online]. Available: <https://www.industry-plaza.com/fork-extensions-type-go-gg-p108472750.html>. [Acedido em 14 01 2021].
- [20] LeoBotics, “AGV Active One,” [Online]. Available: <https://www.leobotics.fr/comparateur-robot/robot-professionnel-industrie-telecommunication-axes-mobile-agv-pro-leobotics-robotics/robot-logistique-stock-gestion-agv-amr-professionnel-base-mobile/base-mobile-robot-agv-amr-logistique-shelf-t-250-prime-robot>. [Acedido em 17 09 2021].
- [21] Jungheinrich, “Empilhador,” Jungheinrich, [Online]. Available:

<https://www.jungheinrich.pt/produtos/novos-equipamentos/porta-paletes-e-stackers/stackers-el%C3%A9tricos/ejc-110-112-445684>. [Acedido em 14 07 2021].

ANEXOS

Especificações Empilhador Elétrico EJC 112 [21]

Detalhes:

- Elevação: 2500mm
- Capacidade de carga: 1200 Kg
- Comprimento dos garfos: 1150mm

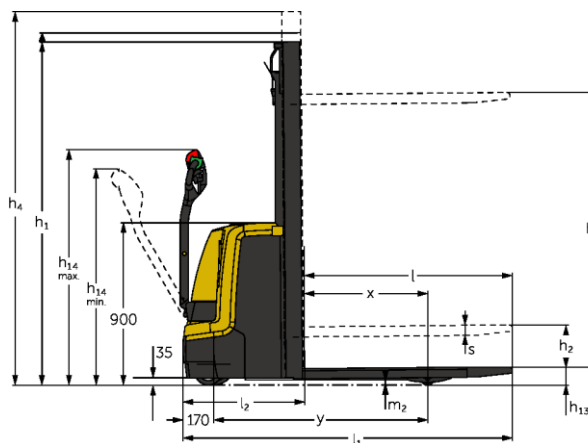


Figura 58 - Dimensões Empilhador Elétrico

EJC 110/ 112

EJC 110	Elevação (h3)	Altura com mastro de elevação recolhido (h1)	Elevação livre (h2)	Altura com mastro de elevação estendido (h4)
Mastro de elevação duplo ZT	2500 mm	1750 mm	100 mm	2975 mm
	2700 mm	1850 mm	100 mm	3175 mm
	2900 mm	1950 mm	100 mm	3375 mm
	3200 mm	2100 mm	100 mm	3675 mm
	3600 mm	2300 mm	100 mm	4075 mm
EJC 110, EJC 112	Elevação (h3)	Altura com mastro de elevação recolhido (h1)	Elevação livre (h2)	Altura com mastro de elevação estendido (h4)
Mastro de elevação triplo DZ	4090 mm	1845 mm	1338 mm	4597 mm
	4300 mm	1915 mm	1408 mm	4807 mm
EJC 110, EJC 112, EJC 112 com conforto em rampas	Elevação (h3)	Altura com mastro de elevação recolhido (h1)	Elevação livre (h2)	Altura com mastro de elevação estendido (h4)
Mastro de elevação duplo ZT	2500 mm	1750 mm	100 mm	2975 mm
	2700 mm	1850 mm	100 mm	3175 mm
	2900 mm	1950 mm	100 mm	3375 mm
	3200 mm	2100 mm	100 mm	3675 mm
	3600 mm	2300 mm	100 mm	4075 mm
Mastro de elevação duplo ZZ	2500 mm	1700 mm	1225 mm	2975 mm
	2900 mm	1900 mm	1425 mm	3375 mm
	3200 mm	2050 mm	1575 mm	3675 mm
	3600 mm	2250 mm	1775 mm	4075 mm
EJC 112	Elevação (h3)	Altura com mastro de elevação recolhido (h1)	Elevação livre (h2)	Altura com mastro de elevação estendido (h4)
Mastro de elevação triplo DZ	4700 mm	2050 mm	1543 mm	5207 mm

Figura 59 - Especificações Empilhador Elétrico