



Projeto

Mestrado em Engenharia Automóvel

Estudo de industrialização do Formula Student IPLeiria

Henrique Filipe Lopes Correia Seco

Leiria, Março de 2017



Projeto

Mestrado em Engenharia Automóvel

Estudo de industrialização do Formula Student IPLeiria

Henrique Filipe Lopes Correia Seco

Projeto de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor João Francisco Romeiro da Fonseca Pereira, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação do Doutor Carlos Manuel da Costa Vieira, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, Março de 2017

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Agradecimentos

Durante a realização deste projeto, algumas pessoas tiveram um contributo decisivo para a sua execução, e às quais gostaria de agradecer.

Assim, em primeiro lugar, quero agradecer ao Professor Carlos Vieira, que muitas vezes abdicou do seu tempo pessoal e profissional, para me poder ajudar a superar as dificuldades encontradas e para me dar toda a cooperação possível, demonstrando, desta forma, todo o seu interesse para a execução deste projeto.

Em segundo lugar, gostava de agradecer ao Engenheiro Nuno Pires, que através do seu vasto conhecimento, muitas vezes me aconselhou quais as melhores decisões a tomar e, também, me ajudou a solucionar alguns dos problemas encontrados ao longo do projeto.

Em terceiro lugar, quero agradecer ao Professor João Fonseca Pereira e ao Professor Fernando Romeiro, por toda a colaboração prestada ao longo do projeto.

Também, gostaria de agradecer ao Professor Sérgio Santos, pelos esclarecimentos prestados sobre o *software Audatex*, e à Professora Leopoldina Alves, por me ter clarificado algumas dúvidas em relação aos processos de fabrico utilizados no projeto.

Agradeço, também, à equipa do *Formula Student* do Instituto Politécnico de Leiria, por me ter facultado todo o material necessário para o desenvolvimento deste projeto.

Gostava de agradecer, também, ao Sr. Rui Bernardino da empresa Ferrus, S. A., pelo tempo disponibilizado no fornecimento de alguma informação necessária para este projeto.

Também, gostaria de agradecer, à empresa Auto Ermidas, Lda., mais precisamente ao Sr. Albano e ao Sr. Miguel, pelo tempo disponibilizado para me esclarecerem algumas dúvidas, relativamente ao processo de pintura automóvel.

Agradeço, também, à empresa Sodicor, S. A., mais concretamente à Sra. Cristina Lavos, por me ter fornecido alguma informação relativa a quantidades e preços unitários de materiais de pintura automóvel *Spies Hecker*.

Por último, gostaria de agradecer à minha família, em especial ao meu pai José e à minha mãe Maria de Lourdes, pelo incentivo e pelo apoio que sempre me deram durante toda a minha vida académica, e por terem abdicado das suas carreiras profissionais em prol do meu futuro.

A Todos o meu MUITO OBRIGADO!

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Resumo

No âmbito do projeto final do Mestrado de Engenharia Automóvel, foi proposto o tema “Estudo de Industrialização do *Formula Student* IPEiria”, com o propósito de desenvolver uma unidade produtiva que permita o fabrico em série de veículos de competição do *Formula Student* do Instituto Politécnico de Leiria (FSIPEiria).

Assim, ao longo deste projeto, irão ser abordadas as diferentes etapas ligadas ao processo produtivo do *Formula Student* IPEiria, com o intuito de verificar quais as condições necessárias para a produção do veículo de competição do FSIPEiria.

Nesse sentido, em primeiro lugar, será feita uma apresentação do veículo de competição do FSIPEiria, por forma a melhor conhecer o produto final a produzir. Numa segunda fase, irá ser realizada uma análise ao processo de montagem, onde se apresenta toda a sequência de montagem do veículo de competição do FSIPEiria, bem como, os postos de trabalho onde ocorrem a montagem do veículo em estudo. Já numa terceira etapa, irá ser efetuado o estudo do processo de fabrico do chassis do veículo de competição do FSIPEiria, sendo, para isso, descritas as tecnologias de fabrico usadas na construção do chassis e determinado o número de recursos e os custos associados a cada uma das tecnologias utilizadas.

Por último, irá ser exposto o *layout* final da unidade industrial utilizada para a construção do veículo de competição do FSIPEiria, onde se podem distinguir as diferentes áreas que compõem esse chão de fábrica.

Palavras-chave: Industrialização; *Formula Student* IPEiria; Produto Final;

Processo de Montagem; Processo de Fabrico; Unidade Industrial

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Abstract

In the scope of the final project of the Master of Automotive Engineering, the theme "Study of Industrialization of Formula Student IPLeiria" was proposed, with the purpose of developing a production unit that allows the serial production of competition vehicles of Formula Student of the Polytechnic Institute of Leiria (FSIPLeiria).

Thus, throughout this project, it will be addressed the different stages related to the productive process of Formula Student IPLeiria, in order to identify the necessary conditions for the production of FSIPLeiria competition vehicle.

In this sense, in the first place, it will be made a presentation of the FSIPLeiria competition vehicle, in order to better know the final product to be produced. In a second phase, it will be carried an analysis out on the assembly process, which presents the entire assembly sequence of the FSIPLeiria competition vehicle, as well as the work stations where the vehicle under study is assembled. In the third stage, it will be carried out the manufacturing process of the FSIPLeiria competition vehicle chassis, being described the manufacturing technologies used in the construction of the chassis and determining the number of resources and the costs associated with each the technologies used.

Finally, will be exposed the final layout of the industrial unit used for the construction of the FSIPLeiria competition vehicle, in which the different areas that make up this factory floor can be distinguished.

*Keywords: Industrialization; Formula Student IPLeiria; Final Product
Assembly Process; Manufacturing Process; Industrial Unit*

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Modelo 3D do Veículo de Competição do FSIPLeiria	5
Figura 2.2 – Dimensões do Veículo de Competição do FSIPLeiria	6
Figura 2.3 – Curva ABC do FSIPLeiria	14
Figura 3.1 – Diagrama com a Sequência de Montagem do Conjunto Suspensão do Veículo do FSIPLeiria	19
Figura 3.2 – Chão de Fábrica para a Montagem do Veículo de Competição do FSIPLeiria	21
Figura 3.3 – Zona 1 do Posto de Trabalho	22
Figura 3.4 – Zona 2 do Posto de Trabalho	22
Figura 3.5 – Exemplo de Estante de Armazenamento Colocada no Chão de Fábrica (Inclui Caixas de Arrumação)	24
Figura 3.6 – Varal para Armazenamento de Coletores de Escape em Chão de Fábrica	25
Figura 3.7 – Armário para Armazenamento de Difusores em Chão de Fábrica	25
Figura 3.8 – Exemplo de Palete de Armazenamento Colocada no Chão de Fábrica	26
Figura 4.1 – Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeiria	29
Figura 4.2 – Sequência de Montagem da Secção Central do Chassis do FSIPLeiria	30
Figura 4.3 – Sequência de Montagem da Secção Frontal do Chassis do FSIPLeiria	30
Figura 4.4 – Sequência de Montagem da Junção da Secção Central com a Secção Frontal do Chassis do FSIPLeiria	31
Figura 4.5 – Sequência de Montagem da Secção Traseira do Chassis do FSIPLeiria	31
Figura 4.6 – Sequência de Montagem da Junção da Secção Traseira ao Restante Chassis e Conclusão do Fabrico do Chassis do FSIPLeiria	32
Figura 4.7 – Máquina de Corte a Laser LT8 do <i>BLM Group</i>	38
Figura 4.8 – Esquema Representativo Dobragem por Movimento Axial de Cunho Móvel	40
Figura 4.9 – Esquema Representativo da Dobragem por Intermédio de Rolos	41
Figura 4.10 – Esquema Representativo da Dobragem por Compressão	41
Figura 4.11 – Esquema Representativo da Dobragem por Estiramento	42
Figura 4.12 – Fatores a Ter em Conta Numa Operação de Dobragem	43
Figura 4.13 – Tubos do Chassis do Veículo de Competição FSIPLeiria a Serem Dobrados	44
Figura 4.14 – Esquema Representativo da Soldadura TIG	46
Figura 4.15 – Efeito do Tipo de Corrente e Tipo de Polaridade na Soldadura TIG	47
Figura 4.16 – Tipos de Juntas Utilizadas na Soldadura TIG	48

Figura 4.17 – Esquema Representativo da Soldadura MIG	49
Figura 4.18 – Modos de Transferência Utilizados na Soldadura MIG	52
Figura 4.19 – Sentidos de Soldadura Possíveis na Soldadura MIG	52
Figura 4.20 – Tipos de Juntas Utilizadas na Soldadura MIG	53
Figura 5.1 – Disposição Final das Diferentes Áreas na Unidade Industrial	76
Figura 5.2 – <i>Layout</i> do Posto de Fabrico da Unidade Industrial do FSIPLeiria	77
Figura 5.3 – <i>Layout</i> do Armazém de Produto Final da Unidade Industrial do FSIPLeiria	77
Figura 5.4 – <i>Layout</i> Final da Unidade Industrial do FSIPLeiria	77
Figura A.1 – Diagrama de Montagem do Motor e do Diferencial	117
Figura A.2 – Diagrama de Montagem do Sistema de Escape	118
Figura A.3 – Diagrama de Montagem do Depósito de Combustível	119
Figura A.4 – Diagrama de Montagem da Bateria	119
Figura A.5 – Diagrama de Montagem da Caixa de Direção	122
Figura A.6 – Diagrama de Montagem da Coluna de Direção	124
Figura A.7 – Diagrama de Montagem do Volante	124
Figura A.8 – Diagrama de Montagem da Pedaleira	127
Figura A.9 – Diagrama de Montagem do Atenuador de Impacto	127
Figura A.10 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Diagrama Global	129
Figura A.11 – Diagrama de Montagem da Suspensão – <i>Rocker</i>	131
Figura A.12 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Amortecedor	131
Figura A.13 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Braço de Suspensão Superior	132
Figura A.14 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Braço de Suspensão Intermédio	133
Figura A.15 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Braço de Suspensão Lateral	134
Figura A.16 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Braço de Suspensão Inferior	135
Figura A.17 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Manga de Eixo	140
Figura A.18 – Diagrama de Montagem da <i>Bucket</i>	141
Figura A.19 – Diagrama de Montagem do Difusor	141
Figura A.20 – Diagrama de Montagem da Carenagem	142
Figura A.21 – Diagrama de Montagem dos <i>Sidepods</i> (Carenagens Laterais)	142
Figura A.22 – Diagrama de Montagem da Asa Frontal	143
Figura A.23 – Diagrama de Montagem da Asa Traseira	143
Figura A.24 – Diagrama de Montagem das Rodas	144
Figura A.25 – Identificação dos Tubos do Chassis do Veículo do FSIPLeiria	165
Figura A.26 – Identificação dos Pontos de Soldadura do Chassis do Veículo FSIPLeiria	166

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Grupos Funcionais do Veículo de Competição do FSIPLeiria	7
Tabela 2.2 – Tempo de Ciclo de Produção do FSIPLeiria	10
Tabela 2.3 – Artigos de Classe A do FSIPLeiria	13
Tabela 2.4 – Custos e Quantidade Artigos Associados às Classes A, B e C do FSIPLeiria	14
Tabela 3.1 – Operações de Montagem do Veículo de Competição do FSIPLeiria	15
Tabela 3.2 – Tempos Associados às Operações de Montagem do Veículo de Competição do FSIPLeiria	20
Tabela 3.3 – Parâmetros Necessários para Determinar o Custo do Processo de Montagem do Veículo de Competição do FSIPLeiria	28
Tabela 4.1 – Características da Máquina de Corte a Laser LT8 do <i>BLM Group</i>	39
Tabela 4.2 – Parâmetros Essenciais a Considerar numa Operação de Soldadura TIG e numa Operação de Soldadura MIG em Tubo de Aço Carbono com uma Espessura de 2,4 mm	55
Tabela 4.3 – Tempo de Operação e Número de Recursos Necessários para o Fabrico do Chassis do FSIPLeiria	61
Tabela 4.4 – Diagrama de Fluxo de Operação para o Processo Produtivo do Chassis do Veículo do FSIPLeiria	63
Tabela 4.5 – Dados Necessários para Realizar a Análise de Custos dos Processos de Fabrico Envolvidos no Fabrico do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeiria	69
Tabela 4.6 – Análise de Custos dos Processos de Fabrico de Corte a Laser e Dobragem de Tubo, de Soldadura TIG e de Soldura MIG, Aplicados à Produção do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeiria	70
Tabela 4.7 – Densidade, Quantidade por Embalagem e Preço Unitário dos Materiais Utilizados para a Pintura do Chassis e das Carenagens do Veículo de Competição do FSIPLeiria	71
Tabela 4.8 – Análise de Custos dos Processos de Pintura do Chassis e das Carenagens do Veículo do FSIPLeiria	72
Tabela 4.9 – Custo Total do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeiria, Utilizando Soldadura TIG e Utilizando Soldadura MIG	73
Tabela 5.1 – Tabela Motivo	75
Tabela 5.2 – Importância de Proximidade	76

Tabela 5.3 – Tabela de Relações das Diferentes Áreas da Unidade Industrial	76
Tabela A.1 – Lista de Peças e de Materiais do FSIPLEiria	95
Tabela A.2 – Análise ABC do FSIPLEiria	107
Tabela A.3 – Tempos Associados às Operações de Submontagem da Caixa de Direção do Veículo de Competição do FSIPLEiria	145
Tabela A.4 – Tempos Associados às Operações de Submontagem da Coluna de Direção do Veículo de Competição do FSIPLEiria	145
Tabela A.5 – Tempos Associados às Operações de Submontagem da Pedaleira do Veículo de Competição do FSIPLEiria	145
Tabela A.6 – Tempos Associados às Operações de Submontagem da Suspensão do Veículo de Competição do FSIPLEiria	146
Tabela A.7 – Autonomia de Peças no Chão de Fábrica para a Montagem do Veículo de Competição do FSIPLEiria	147
Tabela A.8 – Tubos que Compõem o Chassis do Veículo de Competição do FSIPLEiria	159
Tabela A.9 – Pontos de Soldadura do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLEiria	167
Tabela A.10 – Ângulos a Dobrar	171
Tabela A.11 – Tempos de Secagem da Pintura do Chassis	173
Tabela A.12 – Tempos de Secagem da Pintura das Carenagens	174
Tabela A.13 – Custo com Materiais <i>Spies Hecker</i> Referente à Execução da Pintura do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLEiria	189
Tabela A.14 – Custo com Materiais <i>3M</i> Referente à Execução da Pintura do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLEiria	189
Tabela A.15 – Custo com Materiais <i>Spies Hecker</i> Referente à Execução da Pintura da Carenagem Superior do Veículo de Competição do FSIPLEiria	190
Tabela A.16 – Custo com Materiais <i>3M</i> Referente à Execução da Pintura da Carenagem Superior do Veículo de Competição do FSIPLEiria	190
Tabela A.17 – Custo com Materiais <i>Spies Hecker</i> Referente à Execução da Pintura dos <i>Sidepods</i> do Veículo de Competição do FSIPLEiria	191
Tabela A.18 – Custo com Materiais <i>3M</i> Referente à Execução da Pintura dos <i>Sidepods</i> do Veículo de Competição do FSIPLEiria	192

Lista de Siglas

$A_{eq.}$ – Custo de Aquisição de Equipamento

$c_{deq.}$ – Custo com a Perda de Valor Comercial de Equipamento

c_e – Custo com Energia

c_f – Custo com o Consumo de Elérodos

c_g – Custo com Gases de Corte e de Proteção

c_{mdo} – Custo com Mão-de-Obra

$c_{meq.}$ – Custo de Manutenção

CNC – Controlo Numérico Computadorizado

CO₂ – Dióxido de Carbono

C_{Total} – Custo Total para uma Operação de Corte ou de Soldadura

$D_{eq.}$ – Durabilidade de Equipamento (Tempo de Vida Útil de Equipamento)

F – Consumo Corrigido de Elédrodo

F' – Consumo Ideal de Elédrodo

FSAE – *Formula Society of Automotive Engineers*

FSIPLeia – *Formula Student* do Instituto Politécnico de Leiria

G – Taxa de Consumo do Gás

I – Intensidade de Corrente

IMechE – *Institution of Mechanical Engineers* ou Instituto de Engenheiros Mecânicos

LN – Linha Neutra

$M_{eq.}$ – Custo Anual de Manutenção do Equipamento

MIG – *Metal Inert Gas*

n_{cos} – Número de Cabeças de Corte/Soldadura em Operação Simultânea

Nd-YAG – Neodímio-YAG

N_m – Número de Máquinas

n_t – Número de Trabalhadores

p_e – Preço Unitário de Compra da Energia Elétrica

p_f – Preço Unitário de Compra de Elérodos

p_g – Preço Unitário de Compra do Gás

p_{mdo} – Preço Unitário de Compra de Mão-de-Obra

R / r – Raio de Dobragem

SLP – *Systematic Layout Planning*

t – Tempo de Corte/Soldadura

TIG – *Tungsten Inert Gas*

v – Velocidade de Processamento Corrigida

$v_{\text{Corte a Laser}}$ – Velocidade de Corte a Laser

$v_{\text{Dobragem de Tubo}}$ – Velocidade de Dobragem de Tubo

v_i – Velocidade Ideal de Processamento

V_i – Volume Anual Ideal

$V_{prod.}$ – Volume de Produção Anual

$v_{\text{Soldadura}}$ – Velocidade de Soldadura

α – Ângulo de Dobragem

$\eta_{eq. \text{ disponível}}$ – Fração de V_i em que o Equipamento Está Disponível

$\eta_{eq. \text{ alocado à obra}}$ – Fração de V_i em que o Equipamento está Alocado a uma Obra

$\eta_{eq. \text{ em manutenção}}$ – Fração de V_i em que o Equipamento está em Manutenção

η_r / η_f – Fator Corretivo

ρ_g – Densidade do Gás

φ – Eficiência do Equipamento Devido a Perdas por Efeito de Joule

A – Ampére(s)

bar – Bar(es)

cv – Cavalo(s) Vapor

d – Dia(s)

min – Minuto(s)

Nm – Newton por Metro

rpm – Rotação(ões) por Minuto

s – Semana(s)

V – Volt(s)

€/kWh – Euro(s) por Quilowatt Hora

\$ – Dólar(es)

Índice

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE SIGLAS	XIII
ÍNDICE	XV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos do Projeto	1
1.2. Metodologia Aplicada no Projeto	3
1.3. Organização do Relatório de Projeto	4
2. PRODUTO FINAL	5
2.1. Descrição do Produto Final	5
2.2. Descrição dos Grupos Funcionais	6
2.3. Capacidade de Produção e Tempo de Ciclo	9
2.4. Política de Inventário	10
3. PROCESSO DE MONTAGEM	15
3.1. Sequência de Montagem do FSIPLeia	15
3.2. Posto de Trabalho	21
3.2.1. Equipamentos Auxiliares de Montagem	23
3.2.2. Equipamentos Auxiliares de Armazenamento	23
3.3. Custo do Processo de Montagem	26
4. PROCESSO DE FABRICO	29
4.1. Processos de Fabrico Usados na Construção do Chassis do FSIPLeia	33
4.1.1. Corte de Tubo	33
4.1.1.1. Corte a Laser	34
	XV

4.1.1.2.	Aplicabilidade do Corte a Laser ao Chassis do FSIPLEiria	38
4.1.2.	Dobragem de Tubo	39
4.1.2.1.	Aplicabilidade da Dobragem de Tubo ao Chassis do FSIPLEiria	43
4.1.3.	Soldadura de Tubo (União)	45
4.1.3.1.	Soldadura TIG	45
4.1.3.2.	Soldadura MIG	49
4.1.3.3.	Aplicabilidade da Soldadura TIG e da Soldadura MIG ao Chassis do FSIPLEiria	54
4.1.4.	Pintura Automóvel	56
4.1.4.1.	Aplicabilidade da Pintura Automóvel no FSIPLEiria	58
4.2.	Número de Recursos Necessários para o Fabrico do Chassis do FSIPLEiria	60
4.3.	Análise de Custos dos Processos de Fabrico do Chassis do FSIPLEiria	63
4.3.1.	Método Usado na Análise de Custos dos Processos de Corte a Laser, de Dobragem de Tubo e de Soldadura	64
4.3.2.	Análise de Custos dos Processos de Fabrico na Produção do Chassis do FSIPLEiria	68
5.	LAYOUT FINAL DA UNIDADE INDUSTRIAL	75
6.	CONCLUSÃO	79
	BIBLIOGRAFIA	81
	ANEXOS	93
	Anexo 1 – Lista de Peças e de Materiais	95
	Anexo 2 – Análise ABC	107
	Anexo 3 – Diagramas de Montagem Referentes às Operações de Montagem do Veículo de Competição do FSIPLEiria	117
	Anexo 3.1 – Diagrama de Montagem do Motor e do Diferencial	117
	Anexo 3.2 – Diagrama de Montagem do Sistema de Escape	118
	Anexo 3.3 – Diagrama de Montagem do Depósito de Combustível	119
	Anexo 3.4 – Diagrama de Montagem da Bateria	119
	Anexo 3.5 – Diagrama de Montagem da Caixa de Direção	120
	Anexo 3.6 – Diagrama de Montagem da Coluna de Direção	123
	Anexo 3.7 – Diagrama de Montagem do Volante	124
	Anexo 3.8 – Diagrama de Montagem da Pedaleira	125
	Anexo 3.9 – Diagrama de Montagem do Atenuador de Impacto	127
	Anexo 3.10 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Diagrama Global	128
	Anexo 3.10.1 – Diagrama de Montagem da Suspensão – <i>Rocker</i>	130
	Anexo 3.10.2 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Amortecedor	131

Anexo 3.10.3 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Braço de Suspensão Superior	132
Anexo 3.10.4 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Braço de Suspensão Intermédio	133
Anexo 3.10.5 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Braço de Suspensão Lateral	134
Anexo 3.10.6 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Braço de Suspensão Inferior	135
Anexo 3.10.7 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Manga de Eixo	136
Anexo 3.11 – Diagrama de Montagem da <i>Bucket</i>	141
Anexo 3.12 – Diagrama de Montagem do Difusor	141
Anexo 3.13 – Diagrama de Montagem da Carenagem	142
Anexo 3.14 – Diagrama de Montagem dos <i>Sidepods</i> (Carenagens Laterais)	142
Anexo 3.15 – Diagrama de Montagem da Asa Frontal	143
Anexo 3.16 – Diagrama de Montagem da Asa Traseira	143
Anexo 3.17 – Diagrama de Montagem das Rodas	144
Anexo 4 – Tempos Associados às Operações de Submontagem do Veículo do FSIPLeiria	145
Anexo 5 – Autonomia de Peças no Chão de Fábrica	147
Anexo 6 – Custo do Processo de Montagem do Veículo de Competição do FSIPLeiria	157
Anexo 7 – Tubos que Compõem o Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeiria	159
Anexo 8 – Identificação dos Tubos do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeiria	165
Anexo 9 – Identificação dos Pontos de Soldadura do Chassis do Veículo Competição FSIPLeiria	166
Anexo 10 – Cálculo da Distância a Soldar no Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeiria	167
Anexo 11 – Tempos de Fabrico do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeiria e Número de Recursos Necessários	170
Anexo 11.1 – Corte a Laser	170
Anexo 11.2 – Dobragem de Tubo	171
Anexo 11.3 – Soldadura	172
Anexo 11.4 – Pintura Automóvel	173
Anexo 12 – Análise de Custos dos Processos de Fabrico Usados no Fabrico do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeiria	175
Anexo 12.1 – Corte a Laser e Dobragem de Tubo	175
Anexo 12.2 – Soldadura TIG	179
Anexo 12.3 – Soldadura MIG	184
Anexo 12.4 – Pintura	188
GLOSSÁRIO	193

1. Introdução

1.1. Objetivos do Projeto

O principal objetivo deste projeto passa por efetuar uma análise detalhada às diferentes etapas do processo de produção do veículo de competição do *Formula Student* do Instituto Politécnico de Leiria (FSIPLeia), por forma a verificar as condições necessárias para a implementação de uma unidade industrial que possa servir a produção em série do veículo em estudo, de acordo com a cadência anual estipulada (conforme regulamento: 40 veículos/ano).

Mas, antes de mais, importa referenciar, que o *Formula Student* é uma das maiores competições de desporto automóvel a nível estudantil de todo o mundo, sendo um dos eventos organizado pelo *IMechE (Institution of Mechanical Engineers)* [1]. Assim, um dos maiores objetivos do *Formula Student* passa pela aplicação dos conhecimentos dos futuros engenheiros, já que se trata de uma competição onde os estudantes mostram não só o carro mais veloz, mas também, provam que o global da sua construção é a melhor, tal como o desempenho, sustentabilidade, viabilidade, produção e plano de inserção no mercado [1].

Já no que toca à competição propriamente dita, refere-se, que no *Formula Student* existem várias provas, as quais se podem dividir em duas categorias: as provas dinâmicas e as provas estáticas [2]. Desta forma, na categoria de provas dinâmicas, existe a prova de aceleração, que visa avaliar a aceleração do veículo em linha reta e pavimento plano numa distância de 75 metros [2], a prova de *skid-pad*, que consiste em medir a capacidade de curvatura do veículo enquanto este descreve uma curva de raio constante numa superfície plana [2], a prova de *autocross*, que combina as características de desempenho de aceleração, de travagem e de curvatura numa única prova, por forma a avaliar a capacidade de manobrabilidade do veículo num circuito apertado sem a presença de concorrentes [2], a prova de resistência, que visa avaliar o desempenho geral do veículo e testar a durabilidade e a confiabilidade do veículo [2], e a prova de eficiência, a qual é realizada em simultâneo com a prova de resistência e a qual é importante para verificar como é que o veículo está ajustado em relação à concorrência [2]. Importa referir, que todas as provas anteriormente indicadas, são classificadas, sendo que quanto maior a pontuação obtida em cada prova, melhor a classificação final na competição de *Formula Student* [2].

Por sua vez, na categoria de provas estáticas, existe a prova de inspeção técnica, que não é pontuada, e que tem por objetivo determinar se o veículo satisfaz os requisitos e restrições definidos pelo regulamento da competição e se, quando considerado como um todo, consegue satisfazer esse mesmo regulamento [2]. Outras das provas existentes nesta categoria, é a prova de custos e manufatura, que tem por objetivos, ensinar os participantes que o custo e o orçamento são fatores significativos que devem ser considerados em qualquer exercício de engenharia, que as equipas tomem decisões quanto a trocas entre conteúdo e custo com base na vantagem de desempenho de cada peça e montagem, e, que por forma a se ganhar experiência se crie uma lista de materiais [2]. A prova de apresentação do modelo de negócio, é outra das provas existentes na categoria de prova estáticas, que tem por objetivo avaliar a capacidade da equipa para desenvolver e entregar um modelo de negócios abrangente, de modo a convencer os executivos de uma empresa que o seu projeto é o que melhor corresponde às necessidades do mercado amador do fim-de-semana de competição [2]. Outras das provas existentes nesta categoria, é a prova de *design*, que pretende avaliar o esforço de engenharia que entrou no projeto do carro e como a engenharia atende à intenção do mercado, tanto em termos de desempenho do veículo e de valor global [2]. Importa ressaltar, que a pontuação máxima possível da prova de custos e manufatura é de 100 pontos, da prova de apresentação do modelo de negócio de 75 pontos e da prova de *design* é de 150 pontos, o que perfaz uma pontuação máxima admissível de 325 pontos nas provas estáticas [2].

Como para a avaliação das provas estáticas, são requeridos alguns elementos que irão ser tratados ao longo do presente projeto, leva a que este se possa tornar numa ferramenta fundamental para a equipa do FSIPLeiria, pois pode contribuir, em futuras edições da competição, para a realização da apresentação de custos, da lógica de negócio e do modelo de negócios, já que para a execução destes elementos, são necessárias análises de custos, a lista de peças e de materiais, o custo total para a produção do veículo, e, até, a apresentação de um *layout* de uma unidade fabril onde se possa produzir o veículo em série.

Assim, para que este projeto se torne ainda mais num instrumento imprescindível para o FSIPLeiria, tem-se que, primeiramente, analisar o produto final (veículo de competição) a produzir, e de seguida o processo de montagem desse produto final, assim como, os processos de fabrico inerentes a componentes do produto final que sejam produzidos pela unidade fabril do FSIPLeiria. Esta análise aos processos de fabrico, inclui, uma descrição de todas as tecnologias de fabrico utilizadas na produção desses componentes, o cálculo do número de

recursos necessários para o fabrico desses componentes, e o custo associado à utilização de cada uma das tecnologias de fabrico selecionadas.

Em relação à conceção da unidade industrial, este projeto incide no planeamento das áreas de produção, na definição da disposição dos equipamentos nessas áreas, bem como, no planeamento da área de armazém de produto final e das áreas administrativas e sociais.

1.2. Metodologia Aplicada no Projeto

A metodologia aplicada no estudo de industrialização do *Formula Student* IPLeiria e respetiva conceção de uma unidade industrial incide sobre a metodologia constituída por uma série de etapas descrita pelos autores Fred Meyers e Mathews Stephens [3].

De forma genérica, os respetivos autores seguem que, em primeiro lugar, procura-se descrever o produto final a produzir, no que diz respeito à sua função, às suas características, aos seus grupos funcionais e à sua lista de peças e de materiais. Em seguida, tendo por base a capacidade de produção estipulada, determina-se o tempo de ciclo da unidade produtiva, por forma a identificar a necessidade de recursos necessários. Posteriormente, com base na lista de peças e de materiais definida, procura-se determinar os componentes do veículo de competição do FSIPLeiria que são produzidos na unidade industrial e os que são adquiridos.

De seguida, efetua-se uma análise ao processo de montagem do produto final, sendo, inicialmente, apresentada a sequência global de montagem do veículo de competição do FSIPLeiria e, posteriormente, são expostas e descritas as sequências de montagem dos vários conjuntos que compõem o produto final em estudo. Já com base nas sequências de montagem elaboradas, e de acordo com o tempo de ciclo de referência, procura-se, em seguida, determinar o número de posto de trabalho e alocar as operações de montagem do veículo em estudo. Importa ainda referir, que para o estudo do processo de montagem, são determinados os tempos de montagem para cada um dos diferentes conjuntos que constituem o veículo de competição do FSIPLeiria.

Numa fase seguinte, é caracterizado o processo de fabrico do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria, tendo sido este, por questões económicas e de delimitação da extensão do âmbito de análise no presente projeto, o único componente alvo de produção na

unidade industrial. Assim, em primeiro lugar, faz-se uma descrição detalhada de todos os processos de fabrico envolvidos na constituição do chassis, sendo, em seguida, calculados os tempos de operação para cada uma das tecnologias de fabrico afetas à construção do chassis do veículo em estudo, por forma a se poder determinar o número de recursos (número de máquinas) necessários para cada um dos processos. Posteriormente, procedeu-se ao cálculo dos custos associados a cada uma das tecnologias envolvidas no fabrico do chassis.

Por último, efetua-se a análise e a representação do *layout* final da unidade industrial utilizada para construção do produto final, para a cadência de produção estipulada, onde se expõe as diferentes áreas que constituem a unidade fabril.

1.3. Organização do Relatório de Projeto

Tendo por base a introdução efetuada no presente capítulo, nomeadamente no que se refere à descrição dos objetivos do projeto, bem como à metodologia aplicada, segue-se a descrição da organização do presente relatório.

Assim, no capítulo 2, procede-se à definição do produto final (veículo de competição do FSIPLEiria), sendo, também, realizada uma análise aos grupos funcionais, à capacidade produtiva e ao tempo de ciclo, à política de inventário e à lista de peças e de materiais.

No capítulo 3, procede-se à análise do processo de montagem do veículo de competição do FSIPLEiria, onde se mostra a sequência de montagem do veículo em estudo, tal como, uma caracterização dos postos de trabalho empregues para a montagem do produto final.

No capítulo 4, faz-se o estudo do processo de fabrico do chassis do veículo de competição do FSIPLEiria, em que se analisa todas as tecnologias envolvidas, bem como, o número de recursos e os custos associados ao fabrico do chassis do veículo em estudo.

No capítulo 5, apresenta-se o *layout* final da unidade industrial utilizada para a construção do veículo de competição do FSIPLEiria.

Por fim, apresentam-se, no capítulo 6, as conclusões sobre todo o projeto realizado e identificam-se eventuais trabalhos futuros.

2. Produto Final

2.1. Descrição do Produto Final

O produto final a ser analisado neste estudo será o veículo de competição do *Formula Student* do Instituto Politécnico de Leiria (FSIPLeia). Assim, expõe-se, na seguinte figura, um modelo 3D do referido veículo:

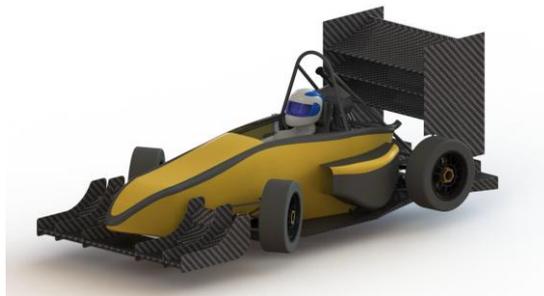


Figura 2.1 – Modelo 3D do Veículo de Competição do FSIPLeia [4]

O veículo de competição do FSIPLeia começou a ser desenvolvido em 2013, aquando da criação da equipa de *Formula Student* no Instituto Politécnico de Leiria, com o objetivo de participar nas provas europeias, de Classe 2, em 2014, e de Classe 1, em 2015, de *Formula Student* [4].

Inicialmente as ações da equipa do FSIPLeia focaram-se em efetuar uma análise de *benchmarking* e estudar o regulamento da competição, bem como verificar as restrições orçamentais, as capacidades de fabricação de universidades e futuras parcerias com empresas, para assim, permitir definir o conceito do veículo [4].

Deste modo, foi desenvolvido um carro para se apresentar no seu melhor nas provas de velocidade e resistência, tendo assim, como objetivo principal de ser um carro leve, com uma elevada relação potência-peso, com um pacote aerodinâmico, com uma rede eletrónica completa desenvolvida “*in-house*” e de ser otimizado dinamicamente [4].

Mais se menciona, que o veículo de competição do FSIPLeia, trata-se de um monolugar, com uma configuração de *open wheel*, a qual implica que as rodas do veículo estejam desobstruídas, quando o veículo é visto verticalmente e lateralmente [2]. A configuração *open*

wheel também possibilita que as frequentes mudanças de pneus, a que o veículo está sujeito no decorrer da competição, sejam efetuadas mais rapidamente [4].

Refere-se, ainda, que o veículo de competição do FSIPLeia possui um comprimento de 3174,83 mm, uma largura de 1483,26 mm, uma altura de 1155,61 mm e uma distância entre eixos de 1600 mm [4], conforme se ilustra na figura seguinte:

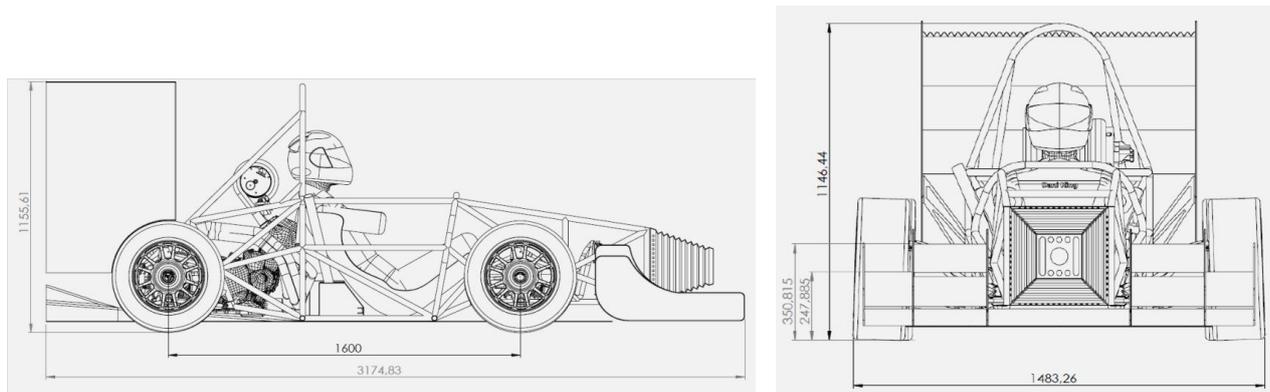


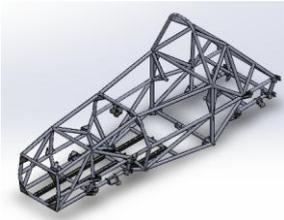
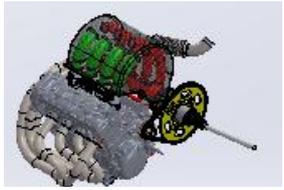
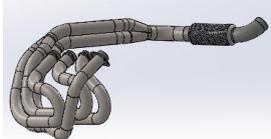
Figura 2.2 – Dimensões do Veículo de Competição do FSIPLeia (Dimensões expressas em milímetros) [4]

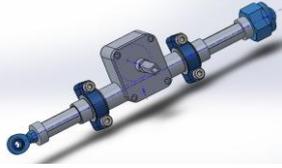
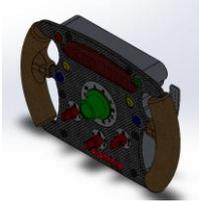
Quanto às características exigidas pela competição de Formula Student, verifica-se que o veículo de competição do FSIPLeia, cumpre com a distância entre eixos, já que o mínimo exigido é de 1525mm [2], cumpre com todas as regulamentações inerentes à construção do chassis, do atenuador de impacto e da suspensão [2], tal como se verificará na descrição realizada no subcapítulo 2.2, cumpre com o diâmetro das rodas, já que as rodas montadas no veículo de competição do FSIPLeia têm um diâmetro de 13 polegadas [4], quando o mínimo exigido em regulamento são 8 polegadas [2], cumpre com as especificações relativas ao volante, uma vez que este está ligado mecanicamente às rodas dianteiras, através de uma ligação à coluna de direção (que por sua vez está ligada à caixa de direção e, por sua vez, às rodas) com uma desconexão rápida [2], e cumpre com as especificações relativas ao sistema de travagem, já que o veículo de competição do FSIPLeia, é operado com um único comando que atua sobre as quatro rodas [2].

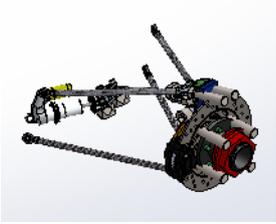
2.2. Descrição dos Grupos Funcionais

No veículo de competição do FSIPLeia podem-se distinguir vários grupos funcionais. Assim, na seguinte tabela, serão descritos os grupos funcionais mais relevantes que servirá de base para a análise da sequência de montagem do veículo de competição do FSIPLeia:

Tabela 2.1 – Grupos Funcionais do Veículo de Competição do FSIPLEiria

Grupo Funcional	Elementos do Grupo Funcional	Descrição
Estrutural	<p data-bbox="454 600 555 633">Chassis</p> 	<p data-bbox="683 365 1409 1167">O objetivo era ter um chassi fácil de construir, manter, reparar e acessível. Analisando as várias soluções, como o monocoque de fibra de carbono, armação espacial tubular e soluções híbridas, o <i>spaceframe</i> é o que melhor pode atender a essas exigências. Procurando as melhores especificações vs. relação custo no material de tubo, o aço AISI 4130 tornou-se a primeira escolha. Mas, por causa do seu preço e disponibilidade em Portugal, foi tomada uma segunda opção, e o tubo selecionado foi o BS EN 10305-1:2002, que é uma opção muito mais barata e com propriedades aceitáveis [4]. Do ponto de vista da montagem, este grupo funcional constitui o suporte para a montagem de todos os restantes grupos funcionais.</p>
	<p data-bbox="454 1317 555 1350">Motor</p> 	<p data-bbox="683 1223 1409 1693">De entre a lista dos vários motores usados na competição de <i>Formula Student</i>, foi escolhido o motor <i>Suzuki GSX-R600 K5</i>. A escolha foi baseada na sua curva de binário entre as 8000-11000 rpm. Assim, este motor tem uma potência máxima de 95 cv às 1200 rpm e um binário máximo de 60 Nm entre as 8000 e as 11000 rpm. Outro fator que apoiou esta escolha foi o facto de este motor possuir um centro de gravidade baixo [4].</p>
Motriz	<p data-bbox="384 1749 627 1783">Sistema de Escape</p> 	<p data-bbox="683 1727 1409 2029">O sistema de escape foi otimizado para obter uma melhor saída de binário às 8000 rpm, através da modificação da configuração e dos diâmetros dos tubos do coletor de escape. O sistema de escape é feito com o aço AISI304 com uma espessura de um milímetro, a fim de reduzir o peso do sistema [4].</p>

	<p>Caixa de Direção</p> 	<p>A geometria de direção foi definida através de uma análise cinemática por forma a proporcionar um bom <i>camber</i>. O curso da cremalheira da direção foi ajustado de modo a que as rodas girassem 40 graus para atingir um raio de viragem de 1,5 m [4].</p>
	<p>Coluna de Direção</p> 	<p>A coluna de direção é um elemento estrutural que faz a ligação entre o volante e a caixa de direção do veículo de competição do FSIPLeiria que tem como função a transmissão do movimento produzido no volante à caixa de direção que, por sua vez, transmite às rodas.</p>
Direção	<p>Volante</p> 	<p>O volante possui um painel que foi desenvolvido para mostrar os vários parâmetros durante o funcionamento do veículo, como por exemplo, a temperatura do motor, a rotação do motor, a velocidade do veículo, a velocidade engrenada, entre outros, possuindo também, uma luz de indicação de mudança de velocidade, por forma a melhorar as mudanças de velocidade do condutor. É possível, também, modificar os mapas da ECU através de interruptores rotativos. Estão ainda disponíveis, vários botões com funções pré-definidas, tais como, registo de dados (ativo/desativo), um farol virtual ou o controlo de tração (<i>on/off</i>). Também são apresentadas patilhas no volante, por forma a alterar a velocidade engrenada [4].</p>

Suspensão	<p style="text-align: center;">Suspensão</p> 	<p>Foi escolhida uma geometria de suspensão atuada por um duplo braço de suspensão, para que se pudesse encaixar a mola e o amortecedor, na horizontal, na parte inferior do carro e longe do fluxo de ar em volta do carro. Assim, a geometria da suspensão também foi definida para assegurar o bom uso pneu, de forma a maximizar a área de contato do pneu nas curvas e, conseqüentemente, a aderência, o que faz com que seja proporcionado um deslizamento adequado para o pneu. As mangas de eixo dianteiras e traseiras são modulares de modo a permitirem ajustes, sendo que são usadas o mesmo tipo de manga de eixo e cubo de roda para a parte dianteira e para a parte traseira, mudando apenas algumas peças de ligação, tais como, parafusos [4].</p>
-----------	--	--

2.3. Capacidade de Produção e Tempo de Ciclo

O objetivo da unidade industrial do FSIPLeia é responder, conforme condição do regulamento da prova *Formula Student*, a uma capacidade produtiva de 40 veículos de competição por cada ano. Assumindo que a unidade industrial irá funcionar 8 horas por dia, 5 dias por semana, verifica-se que o número total de dias de trabalho por cada ano é de 260 dias.

Em relação ao tempo de trabalho efetivo diário, foram ainda assumidos, tendo por base o tempo total de trabalho diário de 8 horas (480 minutos), a existência de dois intervalos de 15 minutos para os colaboradores, conforme legislação de trabalho, bem como uma eficiência na ordem dos 80% do processo produtivo em resultado, de questões associadas à fadiga ou ausências dos colaboradores da empresa e de eventuais paragens por avaria/manutenção de máquinas, não conformidades associadas à produção/montagem de componentes ou outro tipo de ocorrência, tais como, faltas de material associadas aos processos de abastecimento.

Assim, com base na seguinte tabela, que contém todos os parâmetros necessários, o tempo de ciclo de referência para a identificação do número de recursos necessários às diversas operações de fabrico e de montagem do veículo de competição do FSIPLeiria para uma capacidade de produção anual de 40 unidade/ano é de uma unidade a cada 39 horas, o que corresponde, praticamente, à produção de uma unidade por semana de trabalho.

Tabela 2.2 – Tempo de Ciclo de Produção do FSIPLeiria

Carga de Produção Anual	40 Unidades /ano
Carga de Produção Diária	0,154 Unidades/dia
Nº Dias de Trabalho	260 dias
Tempo Trabalho Efetivo	360 min
Eficiência	80%
Tempo Total Disponível	450 min
Tempo Total de Trabalho	480 min
Tempo de Paragens	30 min
Tempo de Ciclo	2340 min/Carro
Tempo de Ciclo	39 h/Carro
Tempo de Ciclo	4,875 dias/Carro
Carga trabalhos	185,82 min
Nº Postos	0,079410256

2.4. Política de Inventário

Para a definição da política de inventário deste projeto foi usada a análise ABC, que permite classificar o inventário de forma a permitir a gestão agregada por conjuntos de artigos (classes A, B, C) [5]. Esta análise tem por objetivo estabelecer o grau adequado de controlo sobre cada tipo de artigo, melhorando, assim, os níveis de serviço e reduzindo os esforços de gestão [5].

A diferenciação dos artigos em classes é feita com base nos diferentes graus de importância em termos de impacto nas vendas, nos lucros ou nos custos durante um determinado período de tempo [5]. Nesse sentido, os artigos serão avaliados tendo em conta dois fatores: quantidade consumida ou vendida por unidade de tempo e custo unitário, ou lucro unitário, ou preço de venda unitário do produto [5].

Importa referir, que a base da classificação e divisão dos artigos nas classes A, B e C está assente no princípio dos 80-20, também conhecido por lei de Pareto, que significa que cerca de 80% do volume de vendas/compras é alcançado através de 20% dos produtos [5]. Assim, com o auxílio deste princípio, pode-se classificar os artigos nas classes A, B e C, uma vez que os artigos de classe A devem corresponder a cerca de 80% do volume total de custos, os artigos de classe B devem equivaler a cerca de 15% do volume total de custos (entre os 80% e os 95% de percentagem de custos acumulados), e os artigos de classe C devem corresponder a cerca de 5% do volume total de custos (superior a 95% de percentagem de custos acumulados). Isto é importante, pois permite que os artigos de classe A sejam objeto de um controlo mais cuidadoso e mais frequente, de modo a manter as existências baixas e a evitar roturas, os artigos de classe B sejam submetidos a cuidados intermédios e os artigos de classe C sejam objeto de menos cuidados [5].

Neste âmbito de divisão por classe com vista à identificação dos artigos mais relevantes para a organização e diferenciação do método de gestão de *stock* associado são ainda estabelecidas metas de autonomia ou em alternativa graus de rotatividade de *stock* por classe de produto. De uma forma genérica é estabelecida maior rotatividade de *stock* para os artigos de classe A dado os custos que estes terão para a organização, ou dito de outra forma, será estabelecido menores autonomia em *stock*. De referir que definição de uma autonomia por classe de artigo permitirá definir as necessidades, quer de área, quer de volume, necessárias para os vários pontos de armazenamento na unidade industrial, nomeadamente na definição da área necessária para cada posto de montagem, bem como para o armazém de matérias-primas e peças.

Desta forma, e para o caso da área de montagem, foi estabelecido que os artigos de classe A terão que ter uma autonomia correspondente a 2 semanas de produção, as peças de classe B uma autonomia correspondente a 1 mês (4 semanas) de produção e as peças de classe C uma autonomia correspondente a 6 meses de produção.

Assim, com este propósito de definição de categorias de produtos A, B e C, efetuou-se o levantamento de todas as peças que integram o veículo de competição do FSIPLeiria com o intuito de elaborar a respetiva lista de peças e de materiais. Nesta lista foram apuradas, por cada artigo, as quantidades e as massas unitárias, tal como, foi feita a referenciação das peças. Adicionalmente, os custos das peças que compõem o veículo de competição do FSIPLeiria, foram obtidos através da consulta de alguma bibliografia, a qual pode ser identificada no ficheiro Excel “Análise de Custos”, presente no CD entregue juntamente com este relatório. Dada a extensão da lista de materiais e peças e limitações de espaço no presente relatório, esta foi remetida para anexo (Anexo 1).

Com base nesta lista foram identificadas as diferentes classes A, B e C. Da análise resulta que das 121 peças, apenas 18 artigos são de classe A (conforme consulta da tabela apresentada no Anexo 2 e informação prestada na Tabela 2.3). De referir que, nesta análise não foi contabilizado o chassis dado que se assumiu que este será produzido pela unidade produtiva. Contudo este apesar de ainda não ter sido contabilizado em termos de custo será necessariamente assumido como um artigo de classe A. Desta análise, conclui-se ainda que a aquisição dos diversos componentes do veículo de competição do FSIPLeiria representa um montante de cerca de 8.370,00 euros.

Ainda, tendo por base os produtos identificados nas diferentes classes A, B e C, procedeu-se à elaboração da curva ABC, referente ao custo das peças que constituem o veículo de competição do FSIPLeiria. Assim, na Tabela 2.4, apresenta-se o custo e a quantidade de artigos associados a cada uma das classes de artigos anteriormente indicadas, e na Figura 2.3, ilustra-se a curva ABC do FSIPLeiria.

Tabela 2.3 – Artigos de Classe A do FSIPLeia

Designação	Unid.	Custos [€]		Percentagem Acumulada	Tipo
		Unitário	Total		
Motor	1	1.417,95 €	1.417,95 €	16,94%	A
Amortecedor	4	283,59 €	1.134,36 €	30,49%	A
Roda CAMAC	4	212,47 €	849,86 €	40,65%	A
Rolamento de Esferas INA/FAG S6009-2RSR	4	211,63 €	846,54 €	50,76%	A
Cubo de Roda	4	121,06 €	484,22 €	56,54%	A
Manga de Eixo	4	61,61 €	246,42 €	59,49%	A
Banco	1	208,60 €	208,60 €	61,98%	A
Pinça de Travão	4	48,64 €	194,54 €	64,30%	A
Diferencial	1	166,67 €	166,67 €	66,30%	A
Carenagem Lateral Esquerda	1	153,81 €	153,81 €	68,13%	A
Carenagem Lateral Direita	1	153,81 €	153,81 €	69,97%	A
Volante	1	135,74 €	135,74 €	71,59%	A
Bomba Principal	2	61,44 €	122,89 €	73,06%	A
Linha de Combustível – Entrada e Retorno	1	116,32 €	116,32 €	74,45%	A
Bateria de Lítio Aliant X2	1	101,62 €	101,62 €	75,66%	A
Tubo de Braço de Suspensão – Superior	8	12,26 €	98,08 €	76,84%	A
Tubo de Braço de Suspensão – Inferior	8	12,26 €	98,08 €	78,01%	A
Mola de Amortecedor	4	23,63 €	94,53 €	79,14%	A

Ainda, tendo por base os produtos identificados nas diferentes classes A, B e C, procedeu-se à elaboração da curva ABC, referente ao custo das peças que constituem o veículo de competição do FSIPLeia. Assim, na Tabela 2.4, apresenta-se o custo e a quantidade de artigos associados a cada uma das classes de artigos anteriormente indicadas, e na Figura 2.3, ilustra-se a curva ABC do FSIPLeia.

Tabela 2.4 – Custos e Quantidade de Artigos Associados às Classes A, B e C do FSIPLeiria

	Custo Total [€]	% Custo Total Acumulado	Quantidade de Artigos	% Quantidade de Artigos Acumulada
Classe A	6.624,04 €	79,14%	54	11,54%
Classe B	1.310,35 €	94,79%	96	32,05%
Classe C	435,92 €	100,00%	318	100,00%
Total	8.370,31 €		468	

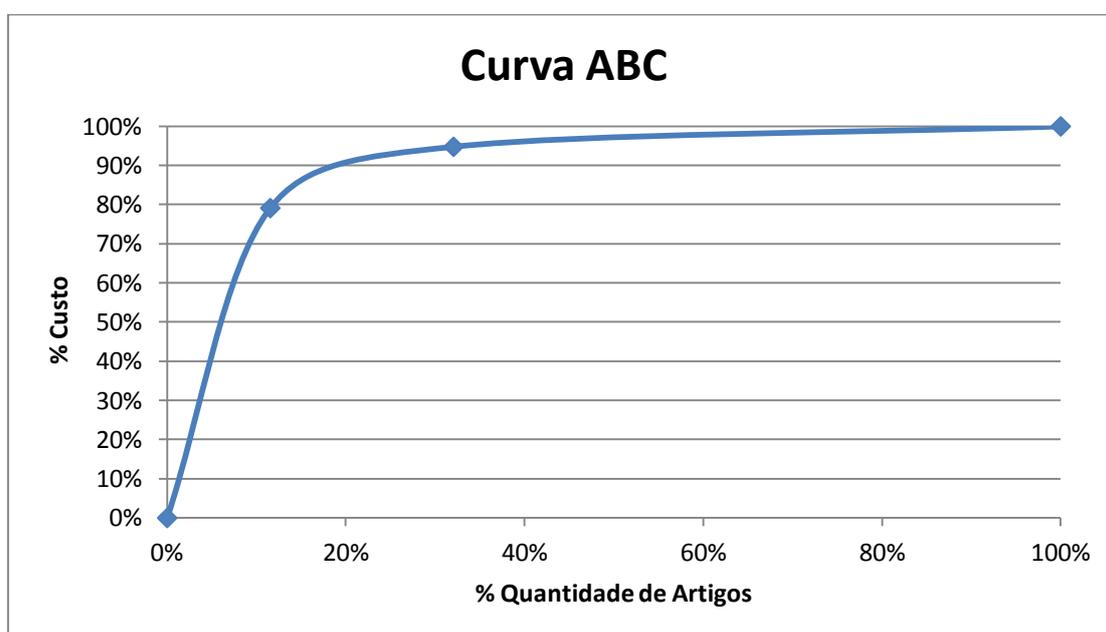


Figura 2.3 – Curva ABC do FSIPLeiria

Dos resultados anteriores, verifica-se, que tal como se referiu anteriormente, há uma menor quantidade de artigos de classe A (cerca de 11,5% das peças necessárias para um veículo de competição do FSIPLeiria), mas são estes os que suportam custos mais elevados (6.624,04 €). Por outro lado, os produtos de classe C representam cerca de 70% das peças necessárias para um veículo de competição do FSIPLeiria, embora sejam estes os que têm um menor custo associado (435,92 €). Já os produtos de classe B correspondem a cerca de 20,5% das peças necessárias para um veículo e a cerca de 15% do custo total com a aquisição de material.

3. Processo de Montagem

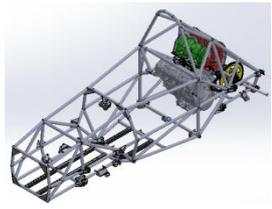
O presente capítulo procura caracterizar a seção de montagem do veículo de competição do FSIPLEiria. Neste sentido, apresenta-se, numa primeira fase, a caracterização da sequência de montagem de um ponto de vista global e detalhado. Segue-se uma análise aos tempos associados às várias etapas de montagem, bem como, uma apresentação do *layout* preconizado que assegura a disposição da linha de montagem, tendo por base as necessidades de *stock*, quer em área, quer em volume de cada artigo, de acordo com a sequência em que estes deverão ser assemblados com vista à obtenção do veículo final. Por fim, é apresentada uma análise de custos associadas à corrente etapa de montagem do veículo. De referir que nesta análise é assumido que o chassis se encontra produzido, sendo este, alvo de análise no que se refere à sua produção no capítulo seguinte.

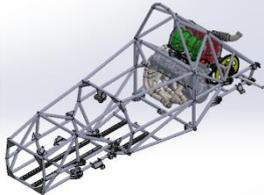
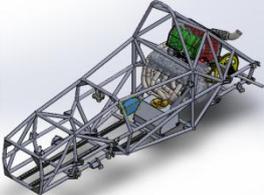
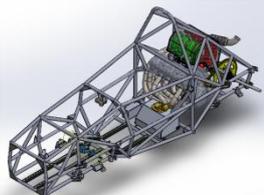
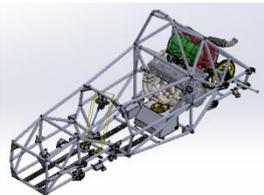
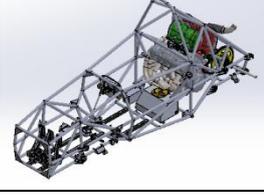
3.1. Sequência de Montagem do FSIPLEiria

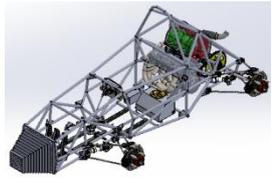
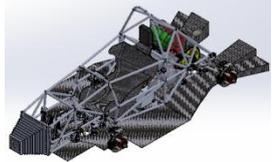
De acordo com a informação fornecida pela equipa do FSIPLEiria, no que respeita à montagem do seu veículo de competição, e a uma análise efetuada, identificaram-se, de uma forma global, 17 etapas de montagem. De referir, que várias são as combinações possíveis para montagem final do FSIPLEiria, contudo a solução apresentada procura minimizar os tempos, bem como, os constrangimentos que possam resultar do impacto das várias etapas.

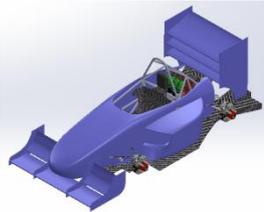
De modo a melhor compreender cada uma das operações de montagem de um ponto de vista mais global apresenta-se, na seguinte tabela, uma descrição sucinta e uma imagem elucidativa de cada uma das fases de montagem do veículo em estudo:

Tabela 3.1 – Operações de Montagem do Veículo de Competição do FSIPLEiria

Operação de Montagem	Imagem da Montagem
<p>1 – Introdução do motor e diferencial no chassis</p> <p>Aqui, o diferencial é acoplado ao motor, sendo o conjunto, em seguida, encaixado no chassis, com o recurso a uma grua (diferencial) para movimentação de motores. Posteriormente, o conjunto é fixo ao chassis por meio de seis parafusos e de quatro porcas.</p>	

<p>2 – Aplicação do sistema de escape</p> <p>Na presente operação de montagem, o sistema de escape é fixo ao motor e ao chassis, com oito parafusos de cabeça hexagonal.</p>	
<p>3 – Colocação do depósito de combustível</p> <p>Nesta fase, o depósito de combustível é incorporado no chassis, sendo, de seguida, montada a linha de entrada e retorno de combustível entre o motor e o depósito. As fixações do conjunto ao chassis são feitas por intermédio de quatro parafusos.</p>	
<p>4 – Aplicação da bateria</p> <p>Na presente operação, a bateria é colocada, manualmente, no chassis.</p>	
<p>5 – Montagem da caixa de direção</p> <p>Aqui, é introduzida a caixa de direção no chassis, sendo esta apoiada em duas calhas aí existentes, onde é fixa com quatro porcas hexagonais que apertam nos parafusos colocados nas chumaceiras integradas na referida caixa de direção.</p>	
<p>6 – Aplicação da coluna de direção</p> <p>Nesta etapa, a coluna de direção é inserida no chassis, sendo encaixada na caixa de direção, através da sua extremidade inferior (veio da coluna de direção). Já a extremidade superior da coluna de direção é segura num dos suportes já presentes no chassis, através de quatro parafusos e de quatro porcas hexagonais.</p>	
<p>7 – Colocação do volante</p> <p>Nesta operação, o volante é aplicado, manualmente, no chassis, sendo encaixado na extremidade superior da coluna de direção</p>	
<p>8 – Montagem da pedaleira</p> <p>Nesta presente fase, é colocada a pedaleira no chassis, sendo esta fixa através de soldadura.</p>	

<p>9 – Aplicação do atenuador de impacto</p> <p>Nesta operação de montagem, monta-se o atenuador de impacto no chassis, onde este é fixo com o recurso à soldadura.</p>	
<p>10 – Montagem da suspensão</p> <p>Aqui, importa referir, que a suspensão do veículo em estudo é composta por vários componentes, sendo, em primeiro lugar, fixado o <i>rocker</i> a um dos apoios existentes no chassis. Posteriormente, é montado o amortecedor, em que uma das extremidades é fixa a um dos apoios do chassis e a outra no <i>rocker</i>. De seguida são montados os braços de suspensão, que são fixos nos apoios existentes no chassis, com auxílio de espaçadores, porcas e parafusos. Por fim, é colocada a manga de eixo, em que a parte superior é fixa aos braços de suspensão superior e intermédio e a parte inferior é fixa ao braço de suspensão inferior, por meio de espaçadores e parafusos.</p>	
<p>11 – Aplicação da <i>bucket</i></p> <p>Na presente operação de montagem, a <i>bucket</i> é encaixada no chassis, sendo necessário, em primeiro lugar, colocar, manualmente, o encosto de cabeça no banco. Após esta fase, o conjunto é fixo ao chassis, através de dois parafusos e de duas porcas hexagonais.</p>	
<p>12 – Montagem do difusor</p> <p>Nesta etapa, o difusor é agregado ao chassis, com o recurso à operação de soldadura.</p>	
<p>13 – Colocação da carenagem</p> <p>Aqui, é encaixada a carenagem no chassis.</p>	
<p>14 – Aplicação dos <i>sidepods</i> (carenagens laterais)</p> <p>Nesta operação, os <i>sidepods</i> são incorporados no chassis, onde são seguros através de encaixes.</p>	
<p>15 – Montagem da asa frontal</p> <p>Nesta fase, a asa frontal é encaixada no chassis.</p>	

<p>16 – Colocação da asa traseira</p> <p>Na presente etapa, é aplicada a asa traseira no chassis, onde é fixa por meio de quatro parafusos e de quatro porcas hexagonais.</p>	
<p>17 – Montagem das rodas</p> <p>Nesta última operação de montagem, são inseridas as rodas no veículo de competição do FSIPLeiria, com o recurso a uma parafusadora pneumática.</p>	

Para cada uma das etapas prévias foram elaborados diversos diagramas e subdiagramas em função da complexidade das operações de montagem envolvidas. Estes poderão ser consultados no anexo 3 do presente relatório. A título de exemplo, apresenta-se, de seguida (figura 3.1), o diagrama de montagem do conjunto de suspensão. Este é, por sua vez desagregado por outros diagramas de montagem, nomeadamente para a montagem do *rocker*, amortecedor, diversidades de braços de suspensão e manga de eixo.

Importa ainda referir, em relação ao diagrama da referida figura, que o braço de suspensão lateral é apenas montado na suspensão traseira do veículo em estudo.

Já com todas as operações de montagem conhecidas, foi necessário determinar um tempo de montagem para cada um dos conjuntos indicados anteriormente. Para isso, recorreu-se à plataforma *Autodata*, onde tendo por base os tempos de montagem de quatro modelos de veículos Moto 4 [6-9], determinou-se um tempo médio para cada uma das operações, que se fez corresponder ao tempo de montagem de cada um dos conjuntos referidos na tabela anterior. Assim, apresentam-se, na tabela 3.2, os tempos associados às operações de montagem do veículo de competição do FSIPLeiria. Já no anexo 4, expõem-se, os tempos associados às operações de submontagem do veículo em estudo.

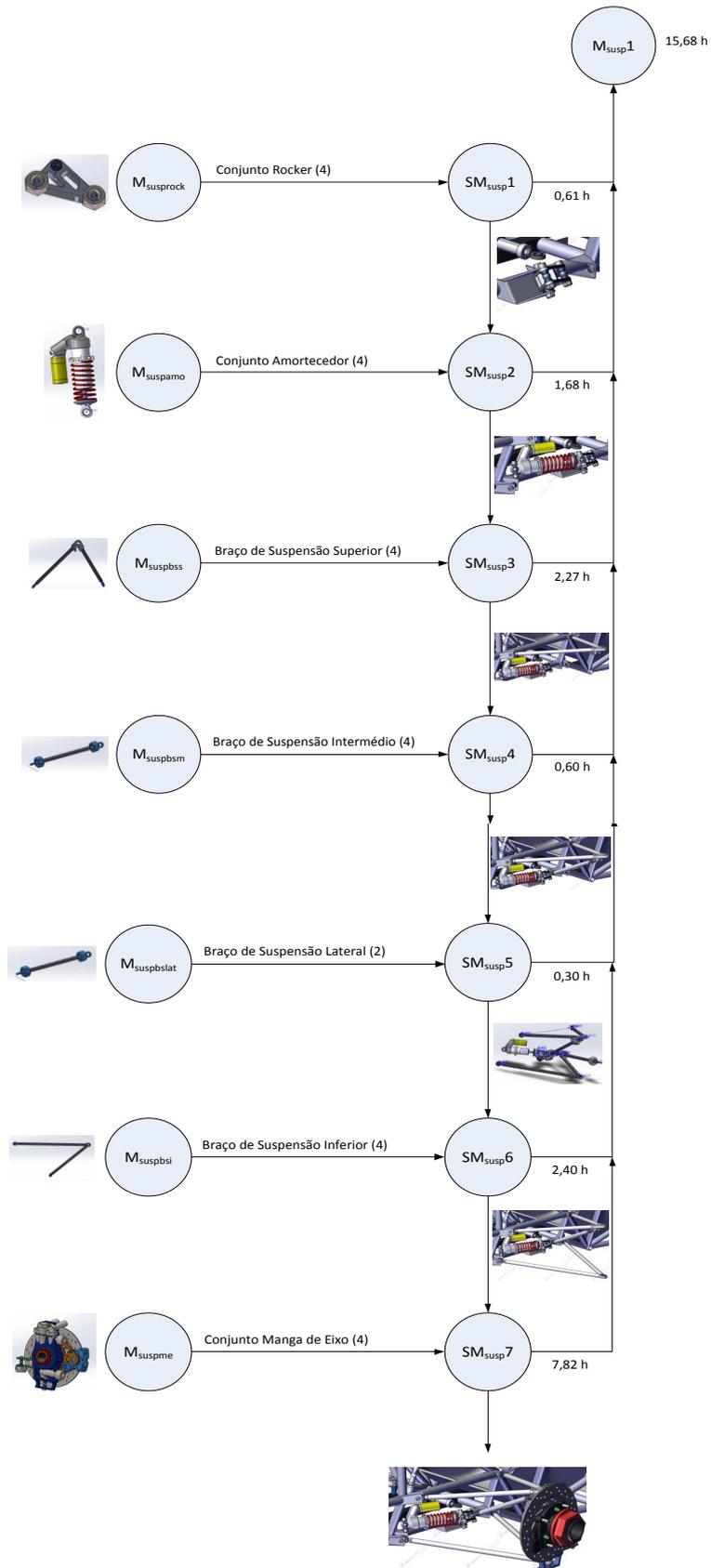


Figura 3.1 – Diagrama com a Sequência de Montagem do Conjunto Suspensão do Veículo do FSIPLeia

Importa também referir, que foi assumido um tempo de 2 segundos por cada metro percorrido, para movimentação do operador enquanto efetua o transporte das peças entre o local de armazenagem, no posto de trabalho, e a posição final destas, no veículo de competição do FSIPLeiria.

Tabela 3.2 – Tempos Associados às Operações de Montagem do Veículo de Competição do FSIPLeiria

Conjunto	Tempo de Montagem para Modelos de Moto 4 [h]				Tempo Médio / Tempo de Montagem no Veículo [h]
	<i>Polaris</i> [6]	<i>Suzuki</i> [7]	<i>Yamaha</i> [8]	<i>Honda</i> [9]	
Motor e Diferencial	6,50	3,50	4,40	3,40	4,45
Sistema de Escape	0,7 0	1,50	0,80	1,00	1,00
Depósito de Combustível	0,50	4,70	0,40	0,50	1,53
Bateria	0,10	0,30	0,20	0,20	0,20
Caixa de Direção	3,00	1,90	1,50	3,20	2,40
Coluna de Direção	2,70	2,00	1,10	0,80	1,65
Volante	0,20	1,00	0,40	0,60	0,55
Pedaleira	2,00	2,30	1,40	1,90	1,90
Atenuador de Impacto	1,00	0,03	2,70	1,00	1,18
Suspensão	14,00	16,50	15,40	16,80	15,68
<i>Bucket</i>	0,20	0,10	0,10	0,10	0,13
Difusor	2,00	0,05	3,00	1,50	1,64
Carenagem	1,30	0,04	0,20	1,30	0,71
<i>Sidepods</i> (Carenagens Laterais)	1,80	0,04	0,20	1,40	0,86
Asa Frontal	0,90	0,02	2,60	1,00	1,13
Asa Traseira	0,70	0,02	2,00	0,70	0,86
Rodas	1,20	4,80	2,40	3,40	2,95
Tempo Total de Montagem [h]					38,80
Tempo para Movimentação dos Operadores [h]					0,20
Tempo Total [h]					39,00

Por sua vez, no anexo 3 (conforme exemplo na figura 3.1), expõem-se os diagramas de montagem detalhados das operações de montagem descritas na Tabela 3.1, onde também se faz menção aos tempos de montagem e às máquinas e ferramentas usadas nessas operações.

3.2. Posto de Trabalho

No presente subcapítulo, pretende-se efetuar uma análise ao posto de trabalho onde se irá efetuar a montagem do veículo de competição do FSIPLeirira. Assim, em primeiro lugar, foi modelado, em SolidWorks, o chão de fábrica para a montagem do veículo em estudo, cuja representação se mostra na figura 3.2.

Como o tempo de ciclo (39 horas) não é ultrapassado, verifica-se que será apenas necessário ter um posto de trabalho para a montagem do veículo de competição do FSIPLeirira. Importa ainda referir, que neste posto de trabalho, opta-se por ter dois operadores, pois existem alguns componentes em que será necessário mais do que uma pessoa para serem montados no veículo. De referir ainda, que este posto de trabalho deverá, dada as restrições de espaço para colocar os diversos artigos necessários para a montagem do veículo de competição do FSIPLeirira, ser dividido em duas zonas distintas, onde se fará a movimentação do veículo a montar, com o recurso a um gabari com rodas, em vez da movimentação das peças, de modo a permitir reduzir os tempos de movimentação e as distâncias percorridas pelos operadores.

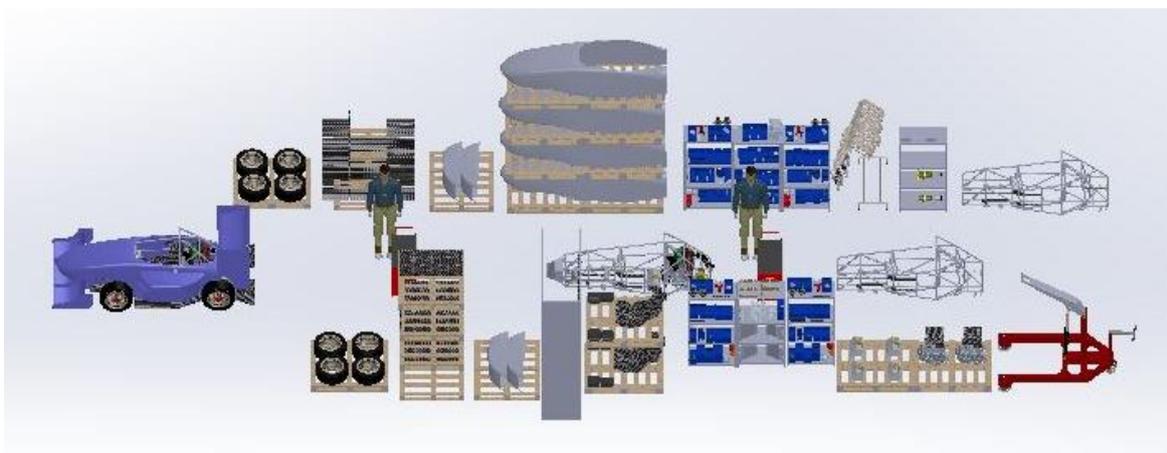


Figura 3.2 – Chão de Fábrica para a Montagem do Veículo de Competição do FSIPLeirira

Assim, importa reforçar, que o *layout* do posto de trabalho foi assim definido por forma a minimizar, também, as distâncias de movimentação do gabari com o veículo a montar. Desta

forma, em seguida, irá se fazer a caracterização de cada uma das zonas do posto de trabalho, sendo que se irá começar pela análise da primeira zona de trabalho, em que a sua representação se ilustra na figura seguinte:

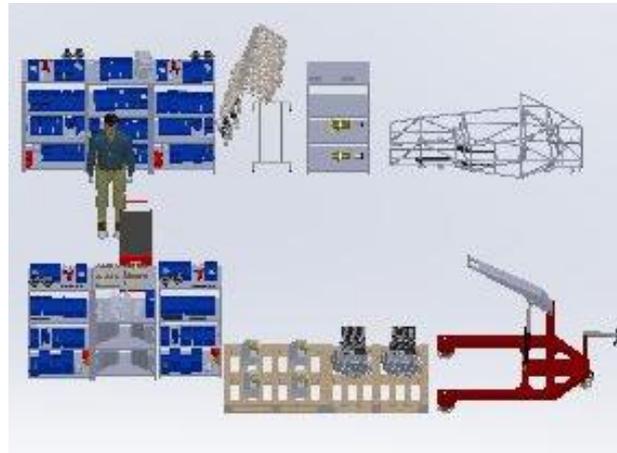


Figura 3.3 – Zona 1 do Posto de Trabalho

Nesta primeira zona, são efetuadas as operações de montagem nº 1 a nº 10, isto é, todas as montagens cujos componentes a introduzir no veículo são de pequeno volume (excetuando, o motor), resultando daí um menor espaço ocupado em chão de fábrica com o armazenamento das peças que são montadas nesta zona. De seguida, vai-se proceder à caracterização da segunda zona de trabalho, a qual é representada na seguinte figura:

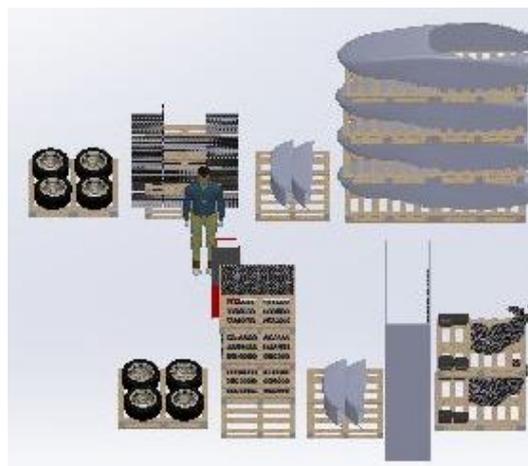


Figura 3.4 – Zona 2 do Posto de Trabalho

Já na presente zona, são realizadas as operações de montagem nº 11 a nº 17, ou seja, as operações em que são montadas as peças de grande volume no veículo, o que originou que, para o armazenamento de algumas dessas peças, se tenha optado pelo empilhamento em altura, por forma a reduzir a área de espaço ocupado em chão de fábrica.

3.2.1. Equipamentos Auxiliares de Montagem

Para a montagem do veículo de competição do FSIPLeiria, são necessários vários equipamentos para auxiliar nesta tarefa. Assim, um dos principais equipamentos que é necessário é um gabari com rodas, de modo a permitir a suspensão do chassis durante todo o processo de montagem, por forma a facilitar a montagem de componentes necessários, em qualquer posição do veículo. Outra das funções de gabari é permitir a movimentação do veículo no posto de trabalho durante todo o processo de montagem.

Um outro equipamento auxiliar que é necessário é uma grua (diferencial) para motores, por forma a ajudar na movimentação do motor entre o seu local de armazenamento no posto de trabalho e a sua posição final no veículo em estudo.

Uma máquina de soldadura também é equipamento auxiliar que é necessário para a montagem do veículo de competição do FSIPLeiria, pois existem vários componentes/grupos funcionais do veículo que necessitam de ser soldados entre si ou ao veículo.

Por fim, importa referir, que outro dos equipamentos de apoio necessário para a montagem do veículo em estudo é um carrinho de ferramentas, que tem como principal função a arrumação de todas as ferramentas essenciais para a montagem do veículo de competição, tais como, chaves de bocas, chaves de interiores, aparafusadora pneumática, entre outras ferramentas. Este equipamento também serve, ao mesmo tempo, de equipamento auxiliar para armazenamento, já que, para o chão de fabrico anteriormente ilustrado, este equipamento é usado para o armazenamento de todos os componentes de ligação a introduzir no veículo, como por exemplo, parafusos, porcas ou anilhas.

3.2.2. Equipamentos Auxiliares de Armazenamento

No posto de trabalho, existem vários elementos que têm como função armazenar as peças a montar no veículo de competição do FSIPLeiria, de acordo com as quantidades definidas pela análise ABC. Deste modo, importa, antes de mais, lembrar, que as peças de classe A têm uma autonomia correspondente a 2 semanas de produção, as de classe B possuem uma autonomia correspondente a 1 mês (4 semanas) de produção e as de classe C têm uma

autonomia correspondente a 6 meses de produção. Mas, por forma a restringir o volume de peças armazenadas, assumiu-se, que as peças mais volumosas de classe C, como por exemplo, o difusor, a asa frontal e a asa traseira, teriam, também, uma autonomia correspondente a 1 mês (4 semanas) de produção, tal como as peças de classe B.

Assim, para saber qual o equipamento de armazenamento mais indicado para a arrumação de cada tipo de peça que compõe o veículo em estudo, foi feito o levantamento da quantidade de peças a armazenar em chão de fábrica, tal como do seu volume (através do comando “*Mass Properties*” do *SolidWorks*). Mais se refere, que se remete para o anexo 5, a determinação da quantidade e do volume de peças a depositar em chão de fábrica, segundo a análise ABC.

Desta forma, verificou-se que a solução mais viável para o armazenamento em chão de fábrica dos diferenciais, das linhas de combustível, das baterias, dos volantes, dos atenuadores de impacto, bem como de todos os componentes que compõem a caixa de direção, a coluna de direção, a pedaleira e as suspensões, seria uma estante, pois as quantidades a armazenar combinadas com as suas geometrias, massas e volumes, fazem desta solução de arrumação a mais lógica, uma vez que é possível fazer um aproveitamento do espaço de armazenamento em altura. Salienta-se ainda, que as peças de volume mais reduzido, pertencentes aos grupos funcionais referidos anteriormente, são armazenadas em caixas de arrumação que são colocadas nas estantes metálicas. De modo a clarificar o que foi descrito anteriormente, ilustra-se, na figura seguinte, um exemplo de uma estante de armazenamento colocada no chão de fábrica utilizado para a montagem do veículo de competição do FSIPLeiria:

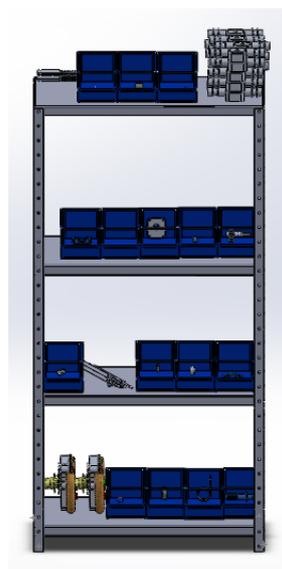


Figura 3.5 – Exemplo de Estante de Armazenamento Colocada no Chão de Fábrica (Inclui Caixas de Arrumação)

No chão de fábrica em estudo, também é utilizado um varal como equipamento auxiliar de armazenamento. Este varal permite arrumar, de forma mais condensada, os coletores de escape armazenados em chão de fábrica, já que como estes têm uma geometria circular, permitem que sejam pendurados, o que possibilita um armazenamento mais compacto, em relação a outros equipamentos auxiliares de armazenamento, tais como, estantes ou paletes. Na seguinte figura, mostra-se, um varal como forma de armazenamento dos coletores de escape no chão de fábrica:



Figura 3.6 – Varal para Armazenamento de Coletores de Escape em Chão de Fábrica

Já os difusores armazenados em chão de fábrica, são colocados num armário específico para o armazenamento deste componente, uma vez que este foi construído de modo a permitir o armazenamento dos difusores na vertical, por forma a reduzir o espaço ocupado por estes em chão de fábrica. Assim, ilustra-se, na figura seguinte, o armário utilizado para o armazenamento dos difusores em chão de fábrica:

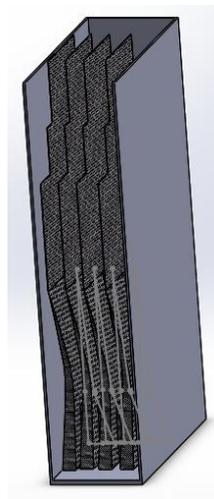


Figura 3.7 – Armário para Armazenamento de Difusores em Chão de Fábrica

As restantes peças a montar no veículo de competição do FSIPLeiria, são armazenadas, no chão de fábrica, em paletes, uma vez que as suas geometrias são mais complexas, e as suas massas e volumes são mais elevados, o que não permite a arrumação desses componentes noutros tipos de equipamentos auxiliares de armazenamento. Desta forma, apresenta-se, na seguinte figura, um exemplo de uma paleta de armazenamento colocada no chão de fábrica:

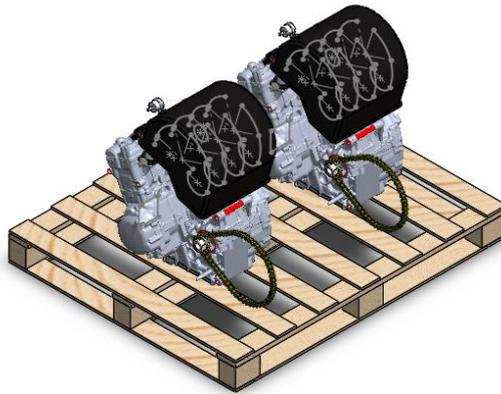


Figura 3.8 – Exemplo de Paleta de Armazenamento Colocada no Chão de Fábrica

Importa reforçar, que todas as peças armazenadas no chão de fábrica estão posicionadas de forma a evitar perdas de tempo e a minimizar as distâncias de movimentação, por parte dos operadores e dos recursos necessários.

3.3. Custo do Processo de Montagem

Neste subcapítulo, pretende-se determinar um custo unitário associado ao processo de montagem do veículo de competição do FSIPLeiria. Assim, para se efetuar esse cálculo vai-se recorrer à seguinte expressar matemática [10]:

$$C_{mon} = \frac{C_{comp} \cdot taxa_produção_{min} \cdot n_{horas} + \sum_{i=1}^N (C_{rh} + C_{equip} + C_{energ})_i \cdot n_{horas}_i + C_{stk} + C_{setup}}{taxa_produção_{min} \cdot n_{horas}} \quad (3.1)$$

Em relação à equação anterior, importa referir, que C_{comp} representa o custo dos componentes comprados e usados na montagem, C_{stk} contabiliza o custo do *stock* médio existente junto a cada posto de trabalho i da linha de montagem, e C_{setup} representa o custo

associado ao tempo e recursos consumidos na preparação da montagem de um novo lote [10]. Mais se refere, que nesta fase, também, são considerados os custos dos recursos humanos (C_{rh}), da energia (C_{energ}), e dos equipamentos (C_{equip}), inerentes a cada um dos postos de trabalho i da linha de montagem [10]. Ainda se menciona, que $taxa_produção_{min}$ representa a cadência do estrangulamento do processo de montagem, e n_{horas} representa o número de horas associadas ao processo de montagem [10].

No que respeita ao cálculo do custo do processo de montagem do veículo de competição do FSIPLeiria, importa mencionar, que, como verificado anteriormente, é apenas necessário um posto de trabalho para a montagem do veículo em estudo, o que faz com que a equação 3.1 seja simplificada. Importa referir, também, que para estimar o custo com equipamentos, só se entrou em linha de conta com o custo da máquina de soldar, pois este equipamento tem um tempo de vida útil muito limitado e é o que possui um maior custo de aquisição. Também a este propósito, se indica, que para o processo de montagem do veículo do FSIPLeiria, se selecionou a soldadura TIG como processo de soldura, por ser uma tecnologia muito versátil, tal como se pode verificar mais à frente neste relatório, no subcapítulo 4.1.3.1. Já para calcular o custo com energia, teve que se ter em atenção o consumo de energia da máquina de soldar TIG, da iluminação do posto de trabalho e de outras fontes de energia que apoiem o processo de montagem do veículo de competição do FSIPLeiria. Em relação ao custo de *setup*, determinou-se que este custo seria de 0€, já que a presente linha de montagem se encontra dedicada apenas ao veículo de competição do FSIPLeiria.

De seguida, apresenta-se uma tabela, que contém todos os parâmetros necessários para se poder calcular o custo do processo de montagem do veículo de competição do FSIPLeiria, segundo a metodologia da equação 3.1:

Tabela 3.3 – Parâmetros Necessários para Determinar o Custo do Processo de Montagem do Veículo de Competição do FSIPLeiria

Custo dos Componentes Comprados [€]	8.370,31 €
Taxa de Produção Mínima	1
Tempo Total de Montagem [h]	39
Preço Mensal de Compra de Mão-de-Obra [€/mês]	717,10 [11]
Número de Trabalhadores Envolvidos na Operação	2
Custo de Aquisição da Máquina de Soldar TIG [€]	851,84 € [12]
Tempo de Vida Útil da Máquina de Soldar TIG [Anos]	5 [13]
Tempo Total de Soldadura [h]	4,53
Custo de Anual com Manutenção da Máquina de Soldar TIG [€]	42,59 € (Considera-se 5% do Custo de Aquisição)
Intensidade de Corrente da Máquina de Soldar TIG [A]	170 [12]
Tensão da Máquina de Soldar TIG [V]	230 [12]
Preço Unitário de Compra da Energia Elétrica [€/kWh]	0,00212 [14]
Consumo de Energia Extra Soldadura [kW]	30
Custo do <i>Stock</i> Médio Junto à Linha de Montagem [€]	224,16 €
Custo de <i>Setup</i> [€]	0 €

Já depois de conhecer todos parâmetros necessários para o cálculo do custo do processo de montagem, e sabendo que o custo com recursos humanos é de 322,69 euros, o custo com equipamentos é de 0,53 euros e o custo com a energia é de 2,86 euros, então, de acordo com a equação 3.1, obteve-se um custo para o processo de montagem do veículo de competição do FSIPLeiria de 8.702,12 euros. Mais se refere, que se remete para o anexo 6, os cálculos referentes à análise realizada no presente subcapítulo.

4. Processo de Fabrico

No que diz respeito a componentes fabricados na unidade industrial do FSIPLeiria, importa referir, que apenas se assumiu que o chassis é fabricado pelo FSIPLeiria, sendo que todos os restantes componentes do veículo de competição são adquiridos, já em estado de produto acabado, antes da sua montagem.

Por forma a conhecer melhor o componente fabricado nesta unidade industrial, irá se ilustrar, na seguinte figura, o chassis do veículo de competição do FSIPLeiria:

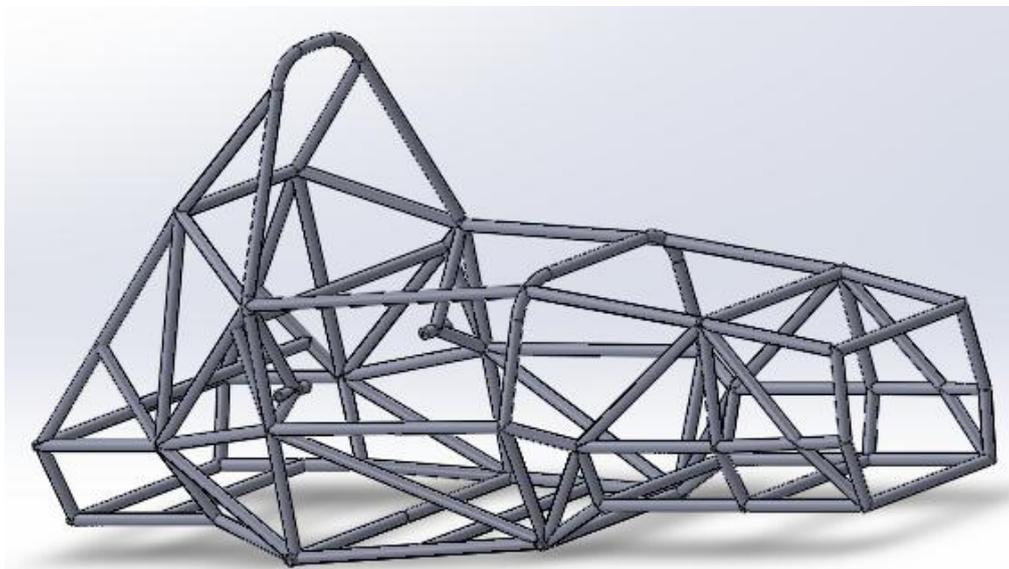


Figura 4.1 – Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeiria

Para a obtenção do chassis acima apresentado, tem que se recorrer a várias operações de fabrico, tais como, corte de tubo, dobragem de tubo e união de tubo. Neste caso, o corte de tubo é necessário para cortar o tubo de matéria-prima nos variados tubos que compõem o chassis com as dimensões pré-definidas. Por sua vez, a dobragem de tubo é necessária para efetuar a dobragem de dois tubos, já que segundo o regulamento da competição de *Formula Student* [2], tem que existir um arco principal, localizado por trás do piloto, e um arco frontal, localizado próximo do volante por cima das pernas do piloto, em que os quais devem ser construídos numa única peça, sem cortes e com uma secção contínua fechada [2]. Já a união de tubo é necessária para fazer a ligação entre todos os tubos, anteriormente cortados e dobrados, por forma a construir o chassis do veículo de competição do FSIPLeiria, de acordo com a sequência de montagem ilustrada nas figuras seguintes:

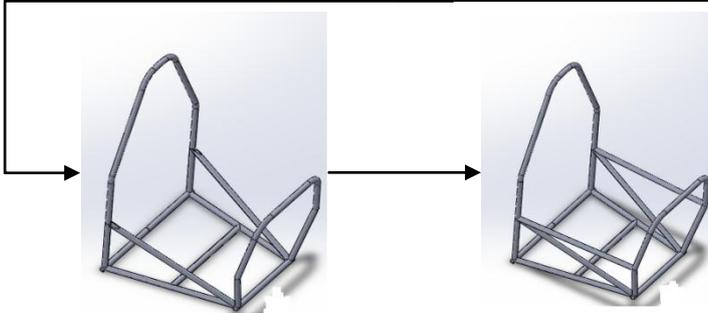
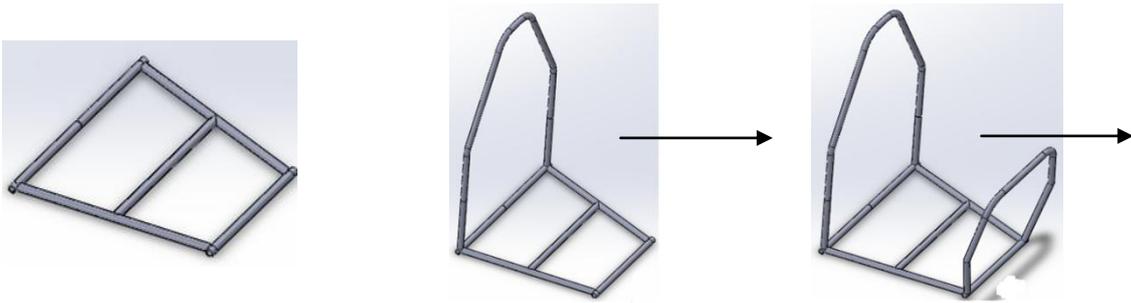


Figura 4.2 – Sequência de Montagem da Secção Central do Chassis do FSIPLeiria

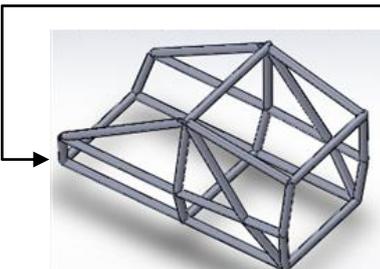
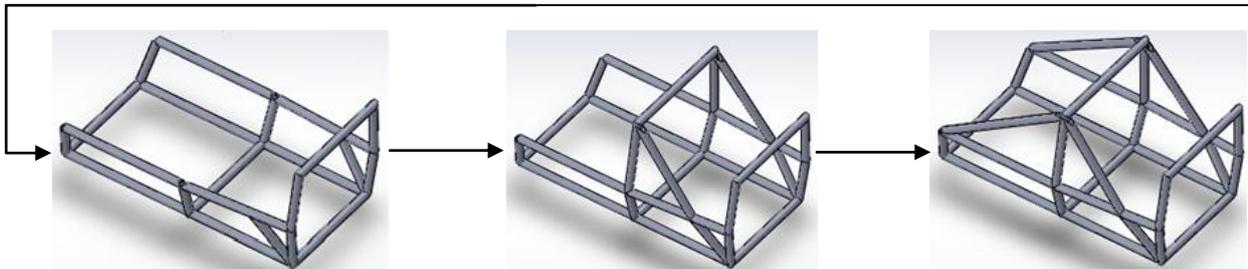
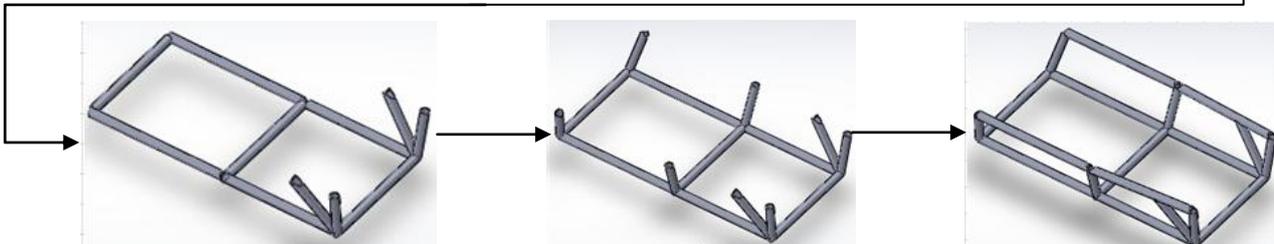


Figura 4.3 – Sequência de Montagem da Secção Frontal do Chassis do FSIPLeiria

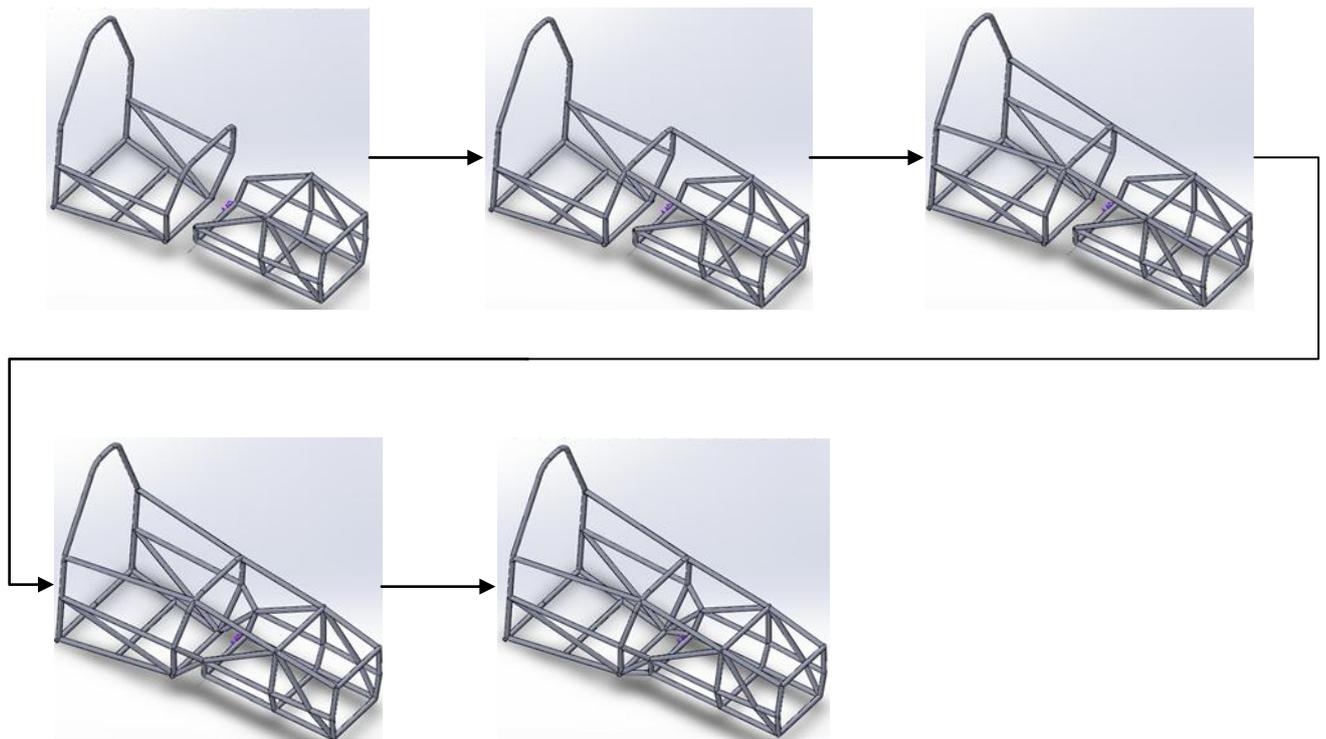


Figura 4.4 – Sequência de Montagem da Junção da Seção Central com a Seção Frontal do Chassis do FSIPLeia

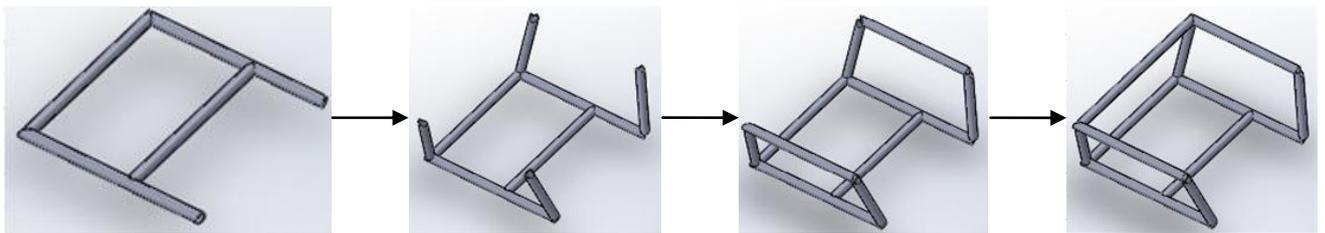
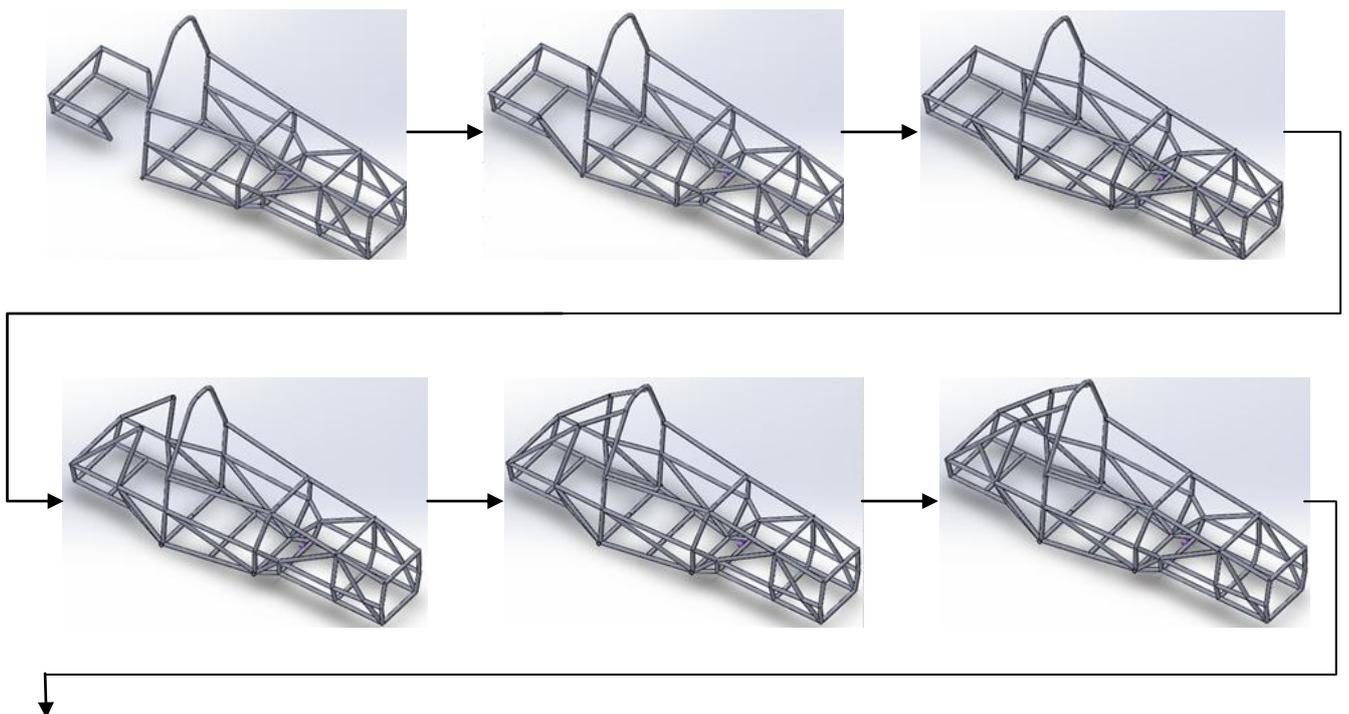


Figura 4.5 – Sequência de Montagem da Seção Traseira do Chassis do FSIPLeia



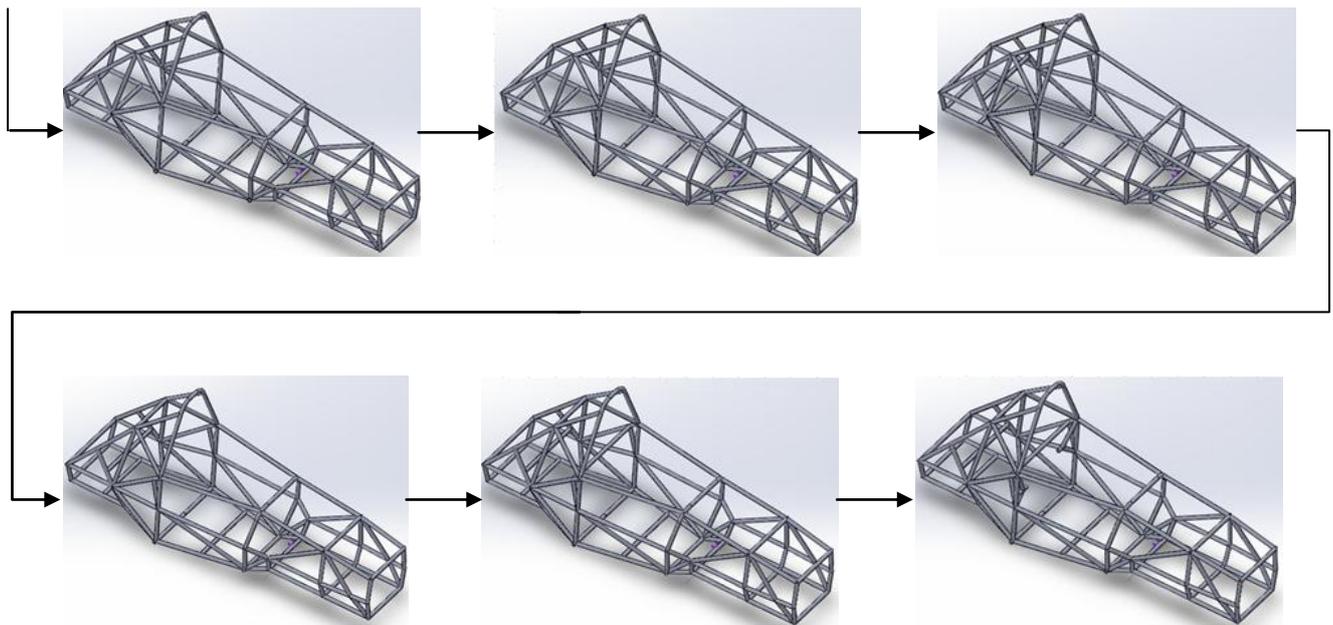


Figura 4.6 – Sequência de Montagem da Junção da Seção Traseira ao Restante Chassis e Conclusão do Fabrico do Chassis do FSIPLeiria

Desta forma, irão ser analisadas diversas tecnologias de fabrico para cada uma das operações especificadas anteriormente. Assim, para o corte de tubo irá ser analisada a tecnologia de corte a laser, para a dobragem de tubo irão ser estudados diferentes processos associados à dobragem e para a união de tubo irão ser analisadas as tecnologias de soldadura TIG e de soldadura MIG, pois mostram ser as tecnologias de corte, dobragem e soldadura, respetivamente, mais adequadas para o caso em estudo. As tecnologias de fabrico indicadas anteriormente irão ser analisadas detalhadamente nos próximos subcapítulos.

Importa, assim, frisar, que o processo de fabrico de chassis do veículo de competição do FSIPLeiria, está diretamente ligado com o regulamento da competição [2], pois, a localização dos arcos principal e frontal, como exigidos, condiciona o restante formato do chassis, já que, assim, não será possível ter tubos de maior comprimento na constituição do chassis, relativamente aos apresentados.

No que diz respeito à matéria-prima empregue no fabrico do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria, é utilizado, em conformidade com o regulamento da competição de *Formula Student* [2], o perfil BS EN 10305-1:2002, um tubo em aço carbono, com um diâmetro de 1 polegada (25,40 milímetros) e uma espessura de 2,40 milímetros. Este perfil é adquirido, no estado de matéria-prima, com um comprimento total de 5 metros.

De seguida, e por forma a saber o número de tubos necessários para o fabrico do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria, foi efetuado, conforme tabela apresentada no Anexo 7, uma listagem com a caracterização em termos de cumprimentos da linha neutra de todos os tubos que compõem o chassis em estudo conforme localização dos mesmos no chassis do veículo de competição do FSIPLeiria (Anexo 8).

Refere-se que, em relação à referida tabela, que o tubo nº 25 tem um ângulo de abertura de 109,07° e o tubo nº 31 possui um ângulo de abertura de 90°. Esta informação pode ser confirmada mais à frente neste relatório, na figura 4.13. Outra informação que também importa ressaltar é que, segundo os dados da referida tabela, são necessários 94 tubos para a construção de um só chassis do veículo de competição do FSIPLeiria, perfazendo um total de cerca de 35,85 metros de comprimento de tubo necessário para o fabrico de um chassis.

No seguinte subcapítulo, irá se passar à descrição dos processos de fabrico usados para a construção do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria, tal como já referenciado anteriormente.

4.1. Processos de Fabrico Usados na Construção do Chassis do FSIPLeiria

4.1.1. Corte de Tubo

Em relação ao corte de tubo, pode-se referir que existem diversos processos convencionais ou não-convencionais associada a esta operação de fabrico. Assim, como processo convencional para cortar tubo, pode ser utilizado, por exemplo, o corte por arrombamento [15]. Já os processos não-convencionais que podem ser usados para cortar tubo são o corte a laser, o corte por jato de água, o corte a plasma ou o corte por feixe de eletrões [16].

De seguida, vai-se proceder à análise detalhada do processo de corte a laser, que foi a tecnologia selecionada para efetuar o corte dos tubos necessários para a produção do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria.

4.1.1.1. Corte a Laser

O corte a laser é a aplicação a laser mais comum na indústria, sendo este um processo de fabrico bem estabelecido. A grande versatilidade de materiais, qualidade de ponta, precisão e flexibilidade de produção combinada com uma elevada taxa de utilização de material e praticamente nenhum desgaste da ferramenta são apenas algumas das vantagens que tornam esta tecnologia desejável, em comparação com outros métodos de corte convencionais ou não convencionais [17].

Um sistema de corte a laser é definido principalmente pelo tipo de fonte de laser usado para gerar o feixe de laser [17]. Desta forma, encontram-se disponíveis dois tipos de fontes de laser capazes de proporcionar a operação de corte: o laser de dióxido de carbono (CO₂) e o laser de neodímio-YAG (Nd-YAG).

O laser de dióxido de carbono (CO₂) é o mais utilizado na indústria, nomeadamente em corte de chapas [17] e de tubos, pois consegue atingir um desempenho muito elevado em uso industrial, embora tenha a desvantagem de ser necessário um arrefecimento complexo a um elevado custo relativo [18]. Este tipo de feixe de laser, que tem uma grande capacidade de focagem, é formado num ambiente gasoso, normalmente, de argón, hélio ou néon, em que a emissão de luz ocorre após a aplicação de uma tensão suficientemente elevada nos eléctrodos localizados no interior do tubo de gás [18].

Importa referir, que os feixes de laser gerados por fontes gasosas, como é o caso do laser de CO₂, podem utilizar as seguintes metodologias de corte:

- Corte por Fusão – Neste processo de corte, o azoto ou o argón é usado como o gás de corte. Este é soprado através da pressão do corte, que varia entre os 2 e os 20 bar. O azoto e o argón são gases inertes, o que leva a que estes não reajam com o metal fundido no corte. Simultaneamente, o gás de corte protege as bordas de corte do ar ambiente. As vantagens do corte por fusão é que os bordos cortados estão isentos de oxidações e não requerem um tratamento adicional. Já o feixe de laser fornece a energia necessária para o corte, permitindo que as velocidades de corte sejam tão rápidas quanto aquelas que se conseguem no corte por chama, o que faz com que possam ser conseguidos cortes em chapas finas. Por este método de corte, a operação de furação é mais difícil, pelo que alguns sistemas de corte permitem

que se use o oxigénio para furar o material e, de seguida, passar para o azoto para efetuar o corte [18];

- Corte por Chama – No corte por chama, o oxigénio é usado como gás de corte. O oxigénio é soprado para dentro do entalhe a pressões até 6 bar. Aí, o metal aquecido reage com o oxigénio e começa a queimar e oxidar. A reação química liberta grandes quantidades de energia – até cinco vezes a energia do laser – e auxilia o feixe de laser no corte. O corte por chama torna possível cortar a altas velocidades e efetuar trabalhos envolvendo chapas grossas, tais como, chapas em aços leves [18];
- Corte por Sublimação – Este processo consiste em utilizar o laser para vaporizar o material de fusão tão pouco quanto possível. No corte, o vapor de material cria grandes pressões que permitem expelir o material fundido a partir do topo e da parte inferior do entalhe. O gás utilizado neste processo – azoto, árgon ou hélio – serve apenas para proteger as superfícies cortadas no ambiente, garantindo, assim, que as bordas permaneçam livres de oxidação. Por este motivo, uma pressão de gás de 1 a 3 bar é suficiente. Assim, verifica-se que neste processo é necessária mais energia para vaporizar o metal do que para a fundi-lo, o que faz com que o corte por sublimação requeira um laser de alta potência e seja mais lento do que outros processos de corte. No entanto, ele produz cortes de alta qualidade. Importa realçar, que este processo é raramente usado na indústria de chapas de metal, sendo que, no entanto, o seu uso torna-se atrativo em aplicações que envolvam trabalhos de corte particularmente delicados [18].

Já o laser de neodímio-YAG (Nd-YAG), que funciona em meio ativo sólido, possui uma menor capacidade de focagem [19], embora, em regime pulsado, permita um controlo exato da potência pico (energia/largura temporal de cada pulso) sobre o ponto de trabalho, pois utilizando a mesa de deslocamento de alta precisão, controlada através de CNC, é permitida a escolha do ponto exato para se efetuar a operação de corte. A manipulação do feixe laser, através do controlo dos parâmetros do ressonador ótico, permite fazer o refinamento da ferramenta de maquinação (diâmetro do foco do feixe de laser) e, conseqüentemente, o controlo da intensidade e da largura de corte. É justamente esta possibilidade, do controlo de diversos parâmetros em simultâneo, que torna o laser Nd:YAG pulsado um equipamento extremamente versátil e muito útil numa gama muito grande de aplicações [20].

Em relação a operações de corte a laser, o laser de CO₂ permite cortar materiais metálicos, madeiras, couro e alguns plásticos, enquanto que o laser de Nd-YAG só permite efetuar operações de corte em metais [19].

Importa referir, que no corte a laser, a seleção dos parâmetros de funcionamento é um fator importante para a qualidade da operação. Assim, os parâmetros de funcionamento a ter em conta numa operação de corte a laser são o tipo de laser utilizado e seu funcionamento (contínuo ou pulsado), a potência e a intensidade do laser, a distância do feixe de laser à peça de trabalho, a distribuição de energia do feixe de laser, o comprimento de onda do feixe de laser, a posição do feixe de laser em relação à peça de trabalho, o tipo e a pressão do gás de corte, o tamanho, a distância e a geometria do bico de débito do gás de corte [21]. Outros parâmetros como o tipo de material ou a espessura máxima de corte também são importantes para a qualidade do corte a laser, uma vez que para aço inoxidável austenítico a espessura máxima de corte é de 4mm, para aço inoxidável martensítico é de 7mm, para cobre é de 4mm e para alumínio é de 3mm [22].

Mas para além dos parâmetros anteriormente referidos, outro fator importante na tecnologia de corte a laser é a velocidade de corte. Assim, verificou-se que para este processo são utilizadas, tipicamente, velocidades de corte na ordem dos 500 aos 1800 mm/min (cerca de 20 a 70 polegadas por minuto) [23].

Em relação a custos, pode-se dizer que o processo de corte a laser é um processo relativamente caro, pois só o custo inicial do equipamento pode ascender a dezenas de milhares de euros. Para além do custo com aquisição do equipamento, existem outros custos associados à operação de corte a laser que podem aumentar substancialmente os custos do processo, tais como, custos com manutenção, custo com mão-de-obra, custos com a energia elétrica consumida e custos com consumíveis, que neste caso, é só o custo com o gás de corte.

Quanto a vantagens e desvantagens, o processo de corte a laser tem inúmeras vantagens, tais como, as zonas afetadas pelo calor são pequenas, requer baixa manutenção, as taxas de corte são elevadas [19], não existir contacto entre a “ferramenta de corte” e o material a cortar, permitir cortar uma enorme variedade de metais, ter a possibilidade de utilizar os equipamentos para outros fins (tais como, soldadura ou tratamentos térmicos), possibilitar cortar formas tridimensionais, possuir uma baixa energia térmica, ser um processo silencioso e rápido, possibilitar larguras de corte pequenas, o que conduz a cortes extremamente

precisos, ser um processo flexível, já que permite cortar materiais diferentes sem ser necessário mudar a “ferramenta de corte”, permitir produzir formas complexas que são difíceis de executar por outros processos de fabrico, e permitir ter arestas e superfícies de corte de excelente qualidade [22]. Mas tal como em outros processos de fabrico, o processo em estudo também tem desvantagens, como por exemplo, o elevado custo do equipamento, estar limitada a utilização em certos materiais, existir sempre uma zona afetada pelo calor [19], ocorrer a formação de produtos tóxicos e fumos, a espessura máxima possível de cortar com qualidade não ser muito elevada, existir no corte de materiais à base de carbono a formação de depósitos de carbono livre na superfície de corte que se formam devido à degradação química do material por efeito de radiação, ter a dificuldade de cortar materiais com elevada condutividade térmica, e existir, em certos casos, a necessidade de redesenhar peças e componentes, assim como rever o processo de conceção e de fabrico de modo a otimizar o uso da tecnologia de corte a laser [22].

Comparando o processo de corte a laser com a tecnologia de corte por jato de água, verifica-se que ambos os processos estão bem estabelecidos na indústria, e a tecnologia de cada processo continua a ser desenvolvida. Falando um pouco do processo de corte por jato de água, verifica-se que este é capaz de produzir peças com nenhuma zona afetada pelo calor, podendo, assim, processar uma grande variedade de materiais, tais como, metal, vidro, pedra, cerâmica, plástico, madeira e até mesmo alimentos. Importa ainda referir, que a espessura de corte, por jato de água, é impressionante, podendo chegar às 12 polegadas (304,8 milímetros) [24].

Já em relação a velocidades de processamento, verifica-se que o processo de corte por jato de água é mais lento que a tecnologia de corte a laser, uma vez que o corte por jato de água tem uma velocidade de corte máxima da ordem dos 380 mm/min (cerca de 15 polegadas por minuto) e o corte a laser, como referido anteriormente, utiliza velocidades de corte entre os 500 e os 1800 mm/min [23]. No que diz respeito a custos, verifica-se que os custos de funcionamento das tecnologias de corte a laser e de corte por jato de água são semelhantes [24].

4.1.1.2. Aplicabilidade do Corte a Laser ao Chassis do FSIPLeiria

Neste subcapítulo, pretende-se fazer a seleção das características que melhor se adequam para o corte do perfil BS EN 10305-1:2002, um tubo em aço carbono com 5 metros de comprimento, de acordo com as dimensões dos 94 tubos que compõem o chassis do veículo de competição do FSIPLeiria.

Para isso, foi selecionada uma máquina de corte a laser apropriada para o corte do perfil indicado anteriormente. Assim, a escolha recaiu sobre a Máquina de Corte a Laser LT8 do *BLM Group* [25], a qual é mostrada na seguinte figura:



Figura 4.7 – Máquina de Corte a Laser LT8 do *BLM Group* [26]

Um dos motivos para a escolha desta máquina foi de poder efetuar, também, para além do corte a laser, a operação de dobragem de tudo, um dos processos de fabrico que também é necessário na produção do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria.

Assim, de modo a melhor conhecer a Máquina de Corte a Laser LT8 do *BLM Group*, apresentam-se, na Tabela 4.1, as principais características desta máquina de corte a laser:

Tabela 4.1 – Características da Máquina de Corte a Laser LT8 do *BLM Group* [25]

Fabricante	<i>BLM Group</i>
Modelo	LT8
Tipo de Laser	CO ₂
Gama de Diâmetros Possíveis de Trabalho [mm]	12-220
Massa Máxima de Tubo [kg/m]	35
Tipo de Maquinagem	5D
Capacidade Máxima de Carregamento Automático [kg]	5000
Tipo de Corte	3D
Corte em Chanfro/Semi-Chanfro	Sim
Dobragem de Tubo em 3D	Sim

Como as características da Máquina de Corte a Laser LT8 do *BLM Group* não indicam nenhum valor de velocidade de corte, foi verificado que, por exemplo, para uma chapa plana de aço com uma espessura de 2 milímetros, a velocidade de corte era de 500 mm/min [27]. Mas como o perfil em estudo, para o fabrico do chassis, é tubo com uma espessura de 2,4 milímetros, e não foi encontrado nenhum valor de velocidade de corte específico para tubo, assume-se um fator corretivo de 3, tendo em conta que para a geometria do tubo, e que são feitos cortes em redor do tubo e cortes não lineares, o que resultará numa velocidade de corte, para esta situação, da ordem dos 166,67 mm/min.

4.1.2. Dobragem de Tubo

A dobragem de tubo é um processo de deformação plástica que permite fabricar geometrias complexas a partir de tubos estruturais que mantêm a sua secção original [28]. Este processo é geralmente realizado a frio, devendo, para isso, os tubos possuírem uma dutibilidade apropriada [28].

Dentro da dobragem de tubo, existem diferentes processos associados a esta operação, que podem ser classificados num dos seguintes grupos [28]:

- Dobragem por movimento axial de um cunho móvel – este processo apresenta algumas semelhanças com a quinagem e caracteriza-se pelo facto da geometria do cunho móvel (acionado por um pistão de actuação hidráulica) e dos apoios apenas permitirem a dobragem de um determinado raio de curvatura para uma gama limitada de diâmetros exteriores. Este processo é muito utilizado na dobragem de tubos em que o interior tenha sido previamente abastecido com um material incompressível que não se oponha à deformação plástica por flexão, como por exemplo, areia ou cera [28]. De modo a melhor perceber este método de dobragem de tubo, apresenta-se, na seguinte figura, um esquema representativo deste tipo de dobragem:

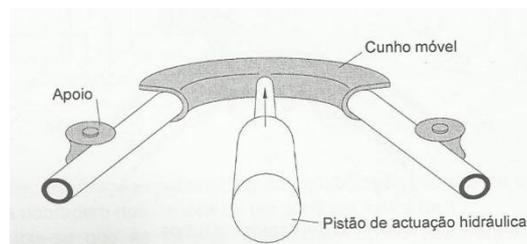


Figura 4.8 – Esquema Representativo da Dobragem por Movimento Axial de um Cunho Móvel [28]

- Dobragem por intermédio de rolos – este processo é análogo à calandragem por chapa [28]. As máquinas ferramenta utilizadas neste processo de dobragem são constituídas por três rolos montados em pirâmide e dois rolos defletores. A dobragem vai sendo efetuada de uma forma progressiva à medida que aumenta a profundidade de calandragem, isto é, à medida que se reduz a distância entre o rolo superior e os inferiores em cada passagem da peça pela zona de trabalho. Os rolos defletores asseguram o guiamento durante a dobragem de perfis que possuam secções transversais não-simétricas, evitando, desta forma, torções e outros modos indesejáveis de deformação. Já o afastamento horizontal entre o rolo superior e os rolos inferiores é responsável pela formação de abas direitas (abas não dobradas) nas extremidades das peças [28]. Na seguinte figura, expõem-se uma representação deste tipo de dobragem, por forma a entender melhor a dobragem por intermédio de rolos:

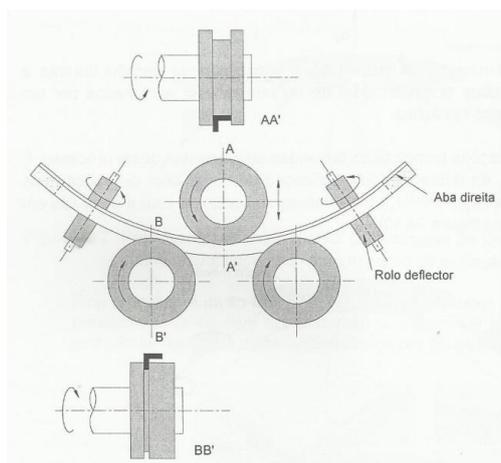


Figura 4.9 – Esquema Representativo da Dobragem por Intermédio de Rolos [28]

- Dobragem por compressão – este processo baseia-se na ação de uma ferramenta móvel (habitualmente designada por cunho móvel) sobre as peças durante o seu movimento de rotação em torno de um molde fixo. Neste processo, o cunho móvel e o molde fixo apenas permitem a dobragem de um determinado tipo e geometria de perfis, devendo ser substituídos em função dos perfis que se pretendem dobrar [28]. Na figura seguinte, mostra-se uma representação deste tipo de dobragem, por forma a compreender melhor a dobragem por compressão:

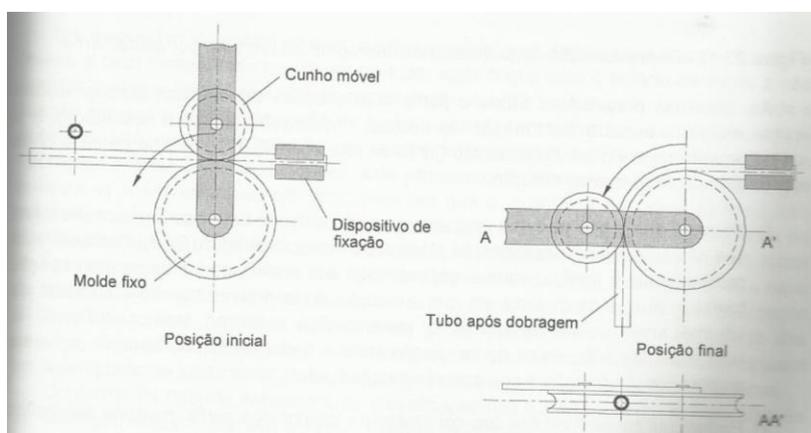


Figura 4.10 – Esquema Representativo da Dobragem por Compressão [28]

- Dobragem por estiramento – neste caso o tubo a dobrar é fixo por intermédio de um dispositivo de fixação a um molde móvel que executa um movimento de rotação em torno de um eixo [28]. De formar a melhor entender este método de dobragem de tubo, ilustra-se, na seguinte figura, um esquema representativo deste tipo de dobragem:

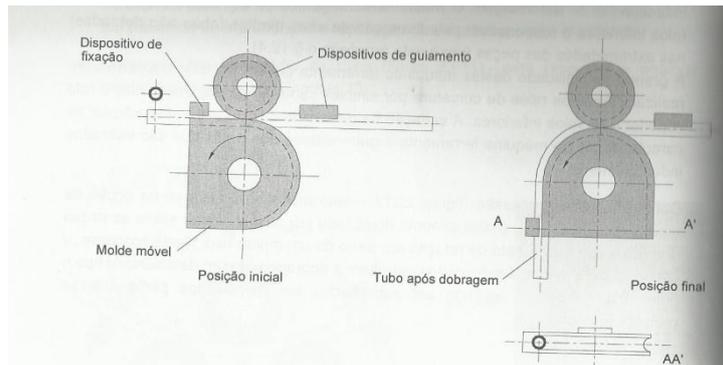


Figura 4.11 – Esquema Representativo da Dobragem por Estiramento [28]

Tal como já referenciado anteriormente, numa operação de dobragem de tubo, o tubo é submetido a esforços aplicados em duas direções opostas de modo a provocar flexão e deformação plástica, com o intuito de mudar a forma de uma superfície plana para duas superfícies concorrentes, em ângulo, com um raio de concordância na junção [29]. Assim, existem alguns fatores a ter em conta, numa operação de dobragem:

- Raio de Dobragem – quanto menor, maior é a tensão desenvolvida na região tracionada [29];
- Distância entre Dobras – é a distância entre um ponto final e o ponto de intersecção da linha reta com um arco circular ou a distância entre a linha reta e o ponto de intersecção com dois arcos circulares [30];
- Plano de Dobra – é o plano que passa entre o plano existente depois de ocorrer a operação de dobragem e o plano existente antes de ocorrer a dobragem [30];
- Ângulo de Dobragem – é o ângulo entre a linha neutra existente depois de o tubo ser dobrado e a linha neutra existente antes de o tubo ser dobrado [30].

Para melhor compreender algumas das componentes descritas anteriormente, mostra-se, na seguinte figura, um esquemático onde são demonstradas estas grandezas:

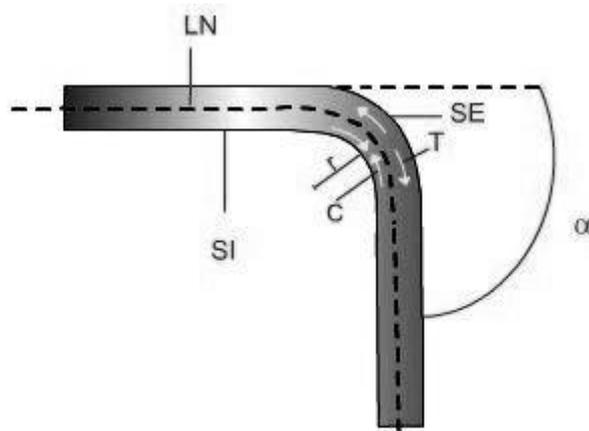


Figura 4.12 – Fatores a Ter em Conta Numa Operação de Dobragem [29]

Refere-se ainda, que relativamente à figura anterior, “LN” representa a linha neutra, “SI” e “SE” indicam, respetivamente, a superfície interna e a superfície externa, “r” é o raio de dobragem e “α” indica o ângulo de dobragem. Já “C” e “T” representam a força de compressão e a força de tração, respetivamente [29].

4.1.2.1. Aplicabilidade da Dobragem de Tubo ao Chassis do FSIPLeiria

O presente subcapítulo tem como objetivo fazer a seleção das características que melhor se adaptam para a dobragem do tubo em aço carbono BS EN 10305-1:2002, pois, como já referenciado anteriormente, existem dois tubos deste tipo que compõem o chassis do veículo de competição do FSIPLeiria, que necessitam de serem dobrados. Deste modo, na seguinte figura, mostram-se os desenhos 2D dos dois tubos a serem dobrados, com as respetivas dimensões:

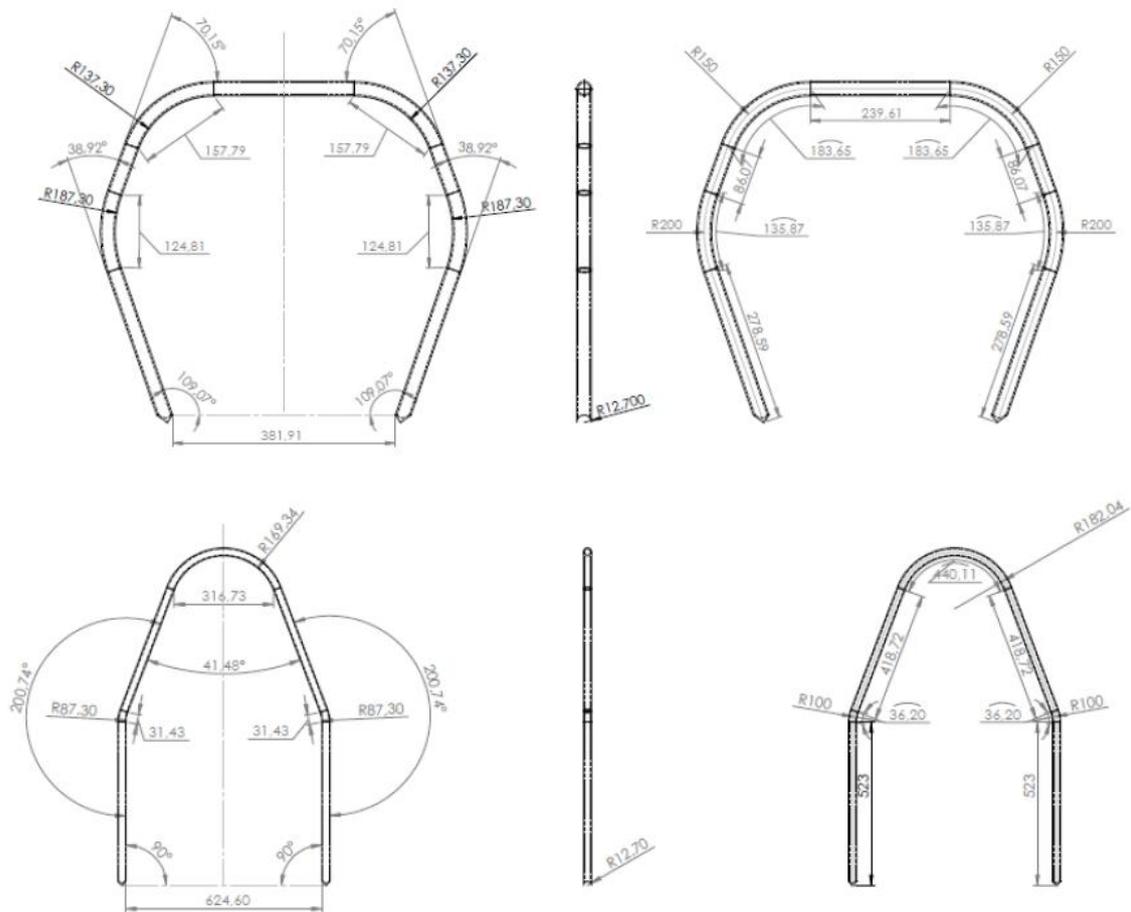


Figura 4.13 – Tubos do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeia a Serem Dobrados [31]

Mas como já se verificou no subcapítulo 4.1.1.2., a máquina escolhida para efetuar a operação de corte a laser, também possibilita executar o processo de dobragem de tubo, e, portanto, para este caso de estudo, a Máquina de Corte a Laser LT8 do *BLM Group*, cujas características já foram descritas anteriormente, também será utilizada para efetuar a operação de dobragem de tubo.

Tal como a velocidade de corte, também a velocidade de dobragem de tubo não era especificada nas características técnicas da Máquina de Corte a Laser LT8 do *BLM Group*. Assim, para as características dos dois tubos do chassis do veículo de competição do FSIPLeia que necessitam de serem dobrados, foi selecionada uma velocidade de dobragem de 43°/s [32].

4.1.3. Soldadura de Tubo (União)

A soldadura é o processo de união de materiais (particularmente os metais) mais importante do ponto de vista industrial sendo extensivamente utilizada no fabrico e recuperação de peças, equipamentos e estruturas. Outro conceito muito utilizado é a operação que visa a união de duas ou mais peças, assegurando na junta a continuidade das propriedades físicas e químicas do material. Existe um grande número de processos de soldadura diferentes, sendo necessário a seleção do processo (ou processos) mais adequado para uma dada aplicação. A soldadura não é um processo fácil, pois a aproximação das superfícies a distâncias suficientes para a criação de ligações químicas entre os seus átomos é dificultada pela rugosidade microscópica e pelas camadas de óxidos, gorduras, poeiras e outros contaminantes existentes em toda superfície metálica [33].

De seguida, irá se fazer a descrição detalhada dos processos de soldadura TIG e de soldadura MIG, que foram as tecnologias de soldadura anteriormente definidas como possíveis de serem usadas na união dos tubos que formam o chassis do veículo do FSIPLEiria.

4.1.3.1. Soldadura TIG

A soldadura TIG (*Tungsten Inert Gas*) é um processo de soldadura por fusão, sendo dentro deste tipo, um dos processos mais comuns de soldadura de arco, em que o arco é produzido entre o eléctrodo de tungsténio não consumível e a peça. Devido à intensidade do calor do arco de soldadura, existe, neste tipo de soldadura, fusão de metal [34].

Como já referido anteriormente, na soldadura TIG é originado um arco entre o eléctrodo de tungsténio não consumível e o metal de base, enquanto que a região de solda está protegida por uma atmosfera de gás inerte [35]. Essa atmosfera forma um plasma pela ação da corrente elétrica, fornecida por uma fonte do tipo “corrente constante”. O calor desenvolvido pelo arco é suficiente para fundir a peça, formando um banho de fusão ao qual se pode juntar material de adição para completar a soldadura [36], sendo que esta adição pode ser realizada através da alimentação de fio manual ou mecanicamente, lateralmente, ao banho de fusão. Outra função do arco elétrico é a limpeza da superfície do banho de fusão e do metal de base adjacente, de óxidos superficiais, não sendo, portanto, necessário a utilização de fluxo [37]. De seguida,

expõe-se, na seguinte figura, um esquema representativo da soldadura TIG, de modo a melhor exemplificar o método de soldadura descrito anteriormente:

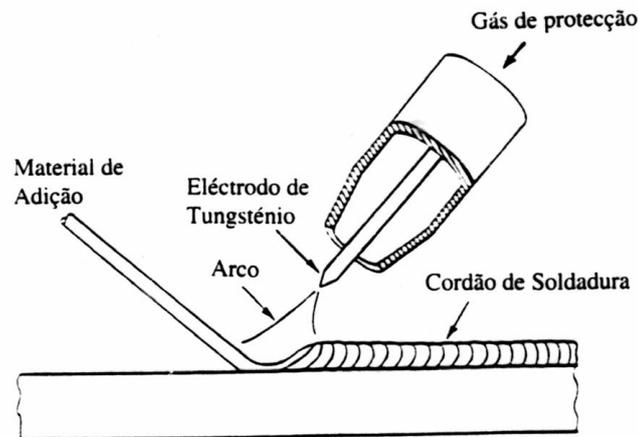


Figura 4.14 – Esquema Representativo da Soldadura TIG [37]

Em relação aos gases de proteção usados no processo de soldadura TIG, estes deverão ser inertes, de modo a que não haja contaminação do eletrodo de tungsténio [37]. Assim, poderão ser utilizados o hélio, o argon ou ainda uma mistura de gases contendo componentes não oxidantes [22]. O hélio como gás de proteção melhora razoavelmente a velocidade de soldadura e aumenta marginalmente a penetração em comparação com argon [35], mostrando, assim, ser mais atrativo para soldar espessuras maiores ou materiais de elevada condutividade térmica [36]. Já utilizando o argon como gás protetor permite que seja produzido um arco de soldadura estável, possibilita que a tensão no arco seja baixa para uma determinada corrente e permite uma boa decapagem catódica na soldadura de alumínio [36].

A soldadura TIG é amplamente utilizada para unir uma grande variedade de metais diferentes, desde metais ferrosos e não ferrosos a aços e aços inoxidáveis que são utilizados em muitas indústrias devido à sua elevada qualidade e à sua boa aparência [34-35]. Importa referir, que as ligas de aço e aços inoxidáveis são amplamente utilizadas para integrar diferentes aplicações, tais como, na construção, na indústria automóvel, nas máquinas-ferramentas, nos produtos químicos, nos vasos de pressão, nos transportes, na indústria mineira, entre outras [34].

Na soldadura TIG pode ser utilizada corrente contínua ou corrente alternada, consoante o tipo de soldadura a efetuar e o material a soldar. Usando corrente contínua com polaridade negativa, não ocorre nenhuma ação de limpeza de óxidos, a penetração da solda na peça é profunda e estreita, e a distribuição de calor do arco de soldadura é de 70% na peça e 30% no

elétrodo. Já utilizando corrente contínua com polaridade positiva, existem ações de limpeza de óxidos, a penetração da solda na peça é baixa e larga [36], o que origina uma maior penetração e consequentemente permite velocidades de soldadura mais elevadas em chapas de elevada espessura [22], e a distribuição de calor do arco de soldadura é de 30% na peça e 70% no elétrodo. Usando corrente alternada, existem ações de limpeza de óxidos a cada meio de ciclo, a penetração de solda na peça é média e a distribuição de calor do arco de soldadura é de 50% na peça e 50% no elétrodo [36]. De modo a melhor exemplificar o que foi descrito anteriormente, ilustra-se, na figura seguinte, um esquema que permite perceber melhor o efeito do tipo de corrente e do tipo de polaridade no tipo de soldadura em estudo:

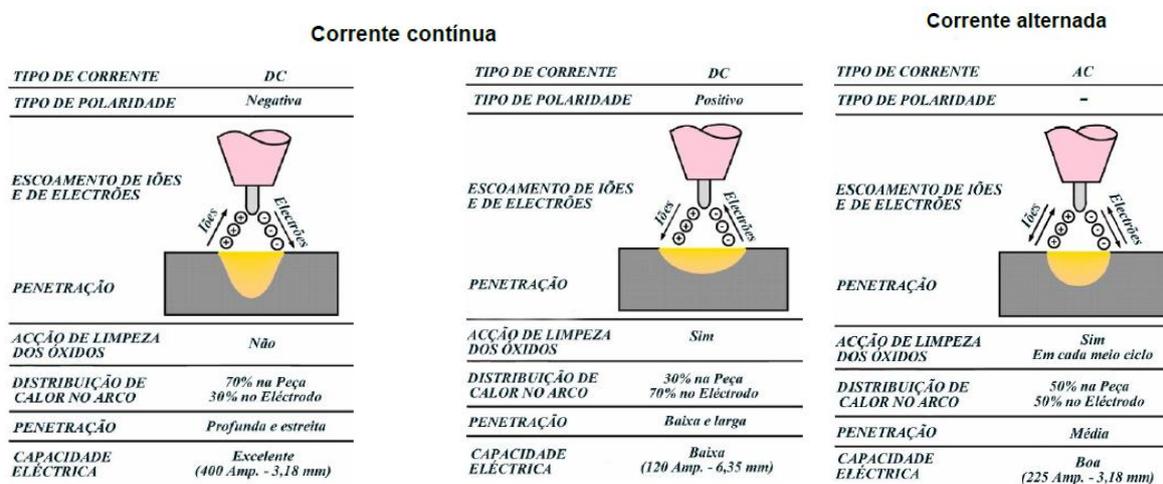


Figura 4.15 – Efeito do Tipo de Corrente e Tipo de Polaridade na Soldadura TIG [36]

Tal como referido anteriormente, na soldadura TIG, a escolha do tipo de corrente depende largamente dos materiais a serem unidos [36]. Por exemplo, em aços e ligas de níquel é utilizada corrente contínua com polaridade negativa de forma a se poder obter máxima penetração. Já a corrente alternada é usada em ligas de alumínio e magnésio, pelo efeito de decapagem catódica [36].

No entanto, um potencial problema associado ao TIG convencional é a limitação de espessura que pode ser soldada na peça numa única passagem, limitando, assim, a produtividade [34]. Desta forma, a profundidade de penetração poderia ser significativamente aumentada, através da colocação de uma camada de material fundido sobre a superfície da peça de trabalho antes da soldadura, eliminando, assim, a necessidade de preparação das bordas da peça, o que faz com que o número de etapas necessárias no processo de soldadura seja reduzido, e assim aumenta-se a produtividade [34].

Em relação aos materiais de adição que são comuns utilizar-se neste processo de soldadura, importa referir que quase todos os materiais existem sob a forma de varetas de adição, o que é uma vantagem para o processo TIG. Isto deve-se ao facto de o metal de adição ser fundido juntamente com o metal de base, e não ser transferido através do arco como em outros processos. Este facto garante juntas com características muito idênticas ao metal base, se assim se desejar. Por este motivo essas juntas resultam com superior resistência mecânica e com superior resistência à corrosão [36].

No que toca ao tipo de juntas utilizadas, pode-se referir, que a soldadura TIG pode ser utilizada para todos os tipos de juntas e preparações em chapa, tubo ou noutras formas [37]. Dentro do tipo de juntas utilizadas neste tipo de soldadura, estão juntas de topo a topo, juntas sobrepostas, juntas em T e juntas de canto [37]. Assim, na seguinte figura, irão se expor os tipos de juntas utilizadas no processo de soldadura TIG:

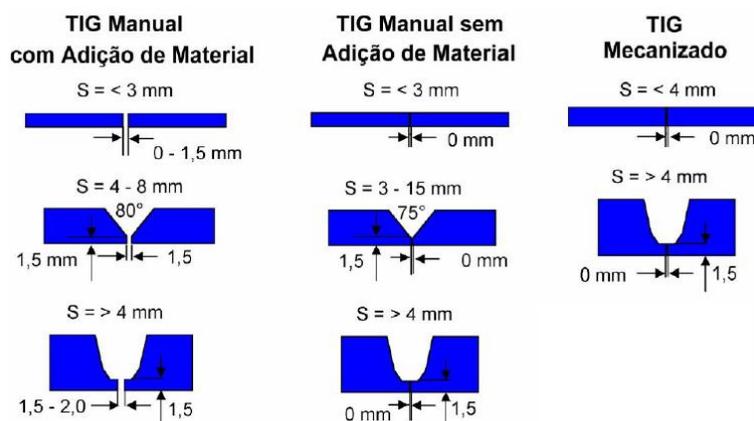


Figura 4.16 – Tipos de Juntas Utilizadas na Soldadura TIG [36]

A soldadura TIG tem inúmeras vantagens quando comparada com outros tipos de soldadura, tais como, as soldas serem de excelente qualidade, permitir velocidades de soldadura elevadas, ser um processo flexível para trabalhos de reparação, permitir soldar todos os metais, os acabamentos dos cordões de soldadura serem bons, ter um menor aquecimento da peça soldada, ter uma baixa sensibilização à corrosão intergranular, usar corrente contínua e corrente alternada consoante o material a soldar, poder ser utilizado em todos os tipos de juntas, ser apropriado para espessuras menores que 10 mm e utilizar consumíveis e acessórios que são facilmente encontrados no mercado e poder ser um processo automatizado [22, 38-39]. Porém, o processo de soldadura em estudo também tem algumas limitações, como por exemplo, a relativa dificuldade e a responsabilidade das aplicações mais frequentes do processo fazem com que sejam necessárias qualificações específicas e

certificação para o operador, a baixa taxa de deposição de material ligada ao facto de se tratar de um processo manual [36], ser um processo de soldadura limitado a espessuras maiores a 10mm, ter de suportar custos com os gases de protecção, ser um processo com grande sensibilidade a correntes de ar [38] e a produtividade ser baixa devido à baixa taxa de deposição de material [39]. Outra desvantagem da soldadura TIG é esta dar origem à contaminação e à fusão da ponta do eléctrodo de tungsténio, o qual torna, portanto, uma forma mais arredondada, à qual se associa um arco do eléctrodo mais largo e conseqüentemente uma redução da densidade de potência na peça [22].

Importa referir, que o equipamento básico para efetuar uma soldadura TIG contém uma mesa de soldadura, uma fonte de energia, uma tocha de soldadura, o eléctrodo de tungsténio, uma fonte de gás de protecção com regulador de caudal, cabos, ferramentas e material de segurança [36], tal como, avental, luvas, máscara escura ou capacete, touca, óculos de protecção e auriculares de protecção [40].

4.1.3.2. Soldadura MIG

A soldadura MIG (*Metal Inert Gas*) é um processo de soldadura por arco eléctrico no qual se utiliza um fio de eléctrodo consumível de alimentação contínua, na ponta do qual se estabelece o arco eléctrico e uma protecção gasosa [37].

Tal como referido anteriormente, na soldadura MIG é estabelecido um arco eléctrico entre a peça e um consumível na forma de fio. O arco funde continuamente o fio à medida que este vai alimentando o cordão de soldadura. O metal de solda é protegido da atmosfera pelo fluxo de um gás (ou mistura de gases) inerte [41]. De modo a melhor exemplificar o método de soldadura anteriormente descrito, mostra-se, na seguinte figura, um esquema representativo da soldadura MIG:

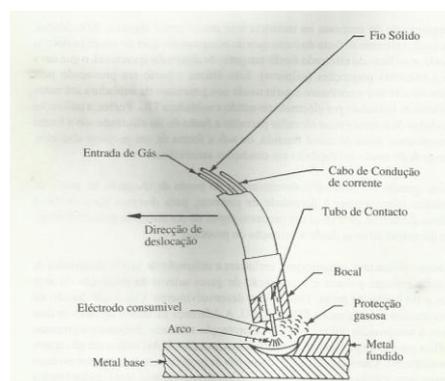


Figura 4.17 – Esquema Representativo da Soldadura MIG [37]

Mais se refere, que este processo de soldadura permite a obtenção de elevada densidade de corrente dado o pequeno diâmetro do fio elétrodo consumível o que também ocasiona uma elevada velocidade de fusão do fio [37].

No que diz respeito aos gases de proteção, importa frisar, que na soldadura MIG, tal como na soldadura TIG, são utilizados gases inertes, como é o caso, do árgon e do hélio. O árgon é um gás que é usado tanto no estado puro como em combinações com outros gases, com o objetivo de alcançar as características de arco elétrico desejadas na soldadura de metais ferrosos e não ferrosos. Quase todos os processos de soldadura podem utilizar árgon ou misturas de árgon para alcançar boa soldabilidade, boas propriedades mecânicas, boas características do arco e boa produtividade, uma vez que este proporciona uma excelente estabilidade do arco no modo de transferência por *spray*, uma boa penetração e um ótimo perfil do cordão de soldadura [41]. Por sua vez, o hélio é um gás que é empregado nas aplicações de soldadura onde é necessário um maior suporte térmico para melhorar a estabilidade do cordão de soldadura, uma maior penetração e uma maior velocidade de soldadura [41].

Na soldadura MIG o hélio não produz um arco elétrico tão estável como o árgon. Comparando estes dois gases, o hélio apresenta maior condutividade térmica e maior variação de tensão, o que conduz a um perfil de penetração mais largo e mais raso. Já o arco elétrico, quando utilizado hélio, é mais largo, o que faz reduzir a densidade de corrente [41]. O hélio é frequentemente misturado em diversas proporções com o árgon, com o intuito de tirar vantagem das boas características de ambos os gases, visto que o árgon melhora a estabilidade do arco elétrico e a ação de limpeza, na soldadura do alumínio e do magnésio, enquanto o hélio melhora a estabilidade e a coalescência do metal de soldura [41].

Importa ainda referir, em relação a gases de proteção, que o árgon é empregado no estado puro em materiais não ferrosos, como é o caso, do alumínio, das ligas de níquel, das ligas de cobre e de materiais reativos que incluem zircónio, titânio e tântalo. Já quando usado na soldadura de metais ferrosos, o árgon é normalmente misturado com outros gases como o oxigénio, o hélio, o hidrogénio, o dióxido de carbono e/ou azoto [41].

Outro fator muito importante na soldadura MIG é o modo como ocorre a transferência do metal fundido da ponta do elétrodo para o banho de fusão, pois afeta muitas características do processo, como por exemplo, a quantidade de gases absorvidos pelo metal fundido, a

estabilidade do arco, a aplicabilidade do processo em determinadas posições de soldadura e o nível de salpicos gerados [36]. Assim, na soldadura MIG, existem os seguintes modos de transferência:

- Transferência por *spray* – Este é o método original, sendo usado principalmente em ligas ferrosas. A transferência por *spray* ocorre com densidades de corrente elevadas, fazendo com que sejam depositadas rapidamente gotas de metal de adição de diâmetro inferior ao eletrodo, sob a forma de um *spray*. Este tipo de transferência origina elevadas taxas de deposição, mas está geralmente limitado a soldaduras na horizontal, ou juntas horizontais [36]. Refere-se ainda, que este tipo de transferência é geralmente usada para unir materiais de espessura igual ou superior a 2,4 mm [41];
- Transferência globular – Abaixo de um valor de corrente, designado “corrente de transição” o metal passa a formar gotas de grande diâmetro na ponta do eletrodo. A gota cresce até cair no banho de fusão, por ação do peso próprio. Esta queda provoca salpicos e uma soldadura algo instável [36];
- Transferência por curto-circuito – Ocorre para valores mais baixos de corrente, e para os diâmetros de fio eletrodo mais baixos. A transferência processa-se por contacto do metal fundido na ponta do eletrodo com o banho de fusão, altura em que o arco se extingue. De seguida o arco é reativado e o processo repete-se 20 a 200 de vezes por segundo [36, 41]. Importa referir ainda, que esta técnica de soldadura é particularmente útil na união de materiais de pequena espessura em qualquer posição, materiais de grande espessura nas posições vertical e no enchimento de aberturas largas [41];
- Transferência por arco pulsado (*spray* pulsado) – É usada uma fonte de corrente especial, capaz de debitar duas correntes sobrepostas: uma corrente de base, que serve para escorvar o arco e manter ionizado o espaço entre o eletrodo e a peça, e uma corrente pulsante de intensidade superior não constante, que serve para destacar a gota de metal fundido e transferi-la, por *spray*, para o banho de fusão. Desta forma consegue-se a transferência por *spray* de um modo intermitente, tornando possível a soldaduras de aços fora de posição [36].

De modo a melhor perceber o modo como ocorre a transferência do metal fundido da ponta do eletrodo para o banho de fusão, ilustra-se, na seguinte figura, os modos de transferência usados na soldadura MIG:

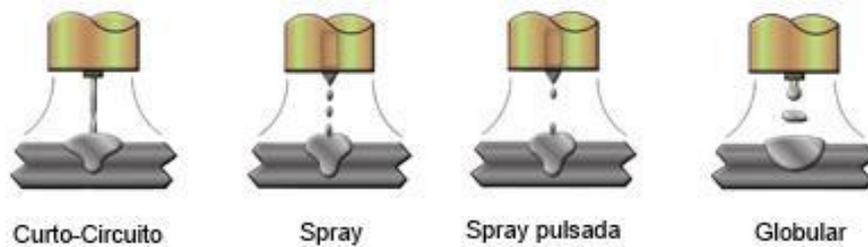


Figura 4.18 – Modos de Transferência Utilizados na Soldadura MIG [42]

Em relação a sentidos de soldadura, importa referir que na soldadura MIG é possível soldar em três sentidos, ou seja, no sentido positivo, onde é originado um cordão de soldadura estreito e com uma penetração profunda, no sentido neutro, em que se dá origem a um cordão de soldadura de média penetração e de largura média, e no sentido negativo, em que é gerado um cordão de soldadura largo e de baixa penetração [36]. De seguida, mostra-se, na figura seguinte, um esquema com os três sentidos de soldadura possíveis para o método em estudo:

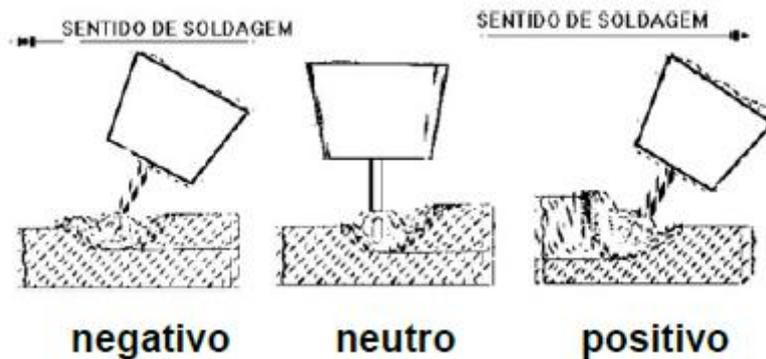


Figura 4.19 – Sentidos de Soldadura Possíveis na Soldadura MIG [36]

Ao contrário do que acontece na soldadura TIG, na soldadura MIG só é utilizada corrente contínua, já que usando corrente alternada o arco torna-se instável [36]. Utilizando corrente contínua, é usada geralmente polaridade negativa, de forma a se obter um arco estável, com uma transferência de metal regular, com poucos salpicos, tendo cordões de aspeto regular e com uma penetração elevada. Já usando polaridade positiva é originada uma transferência irregular e consequentemente produz-se um cordão de má qualidade [43].

Na soldadura MIG, outro fator importante a considerar é a escolha do eletrodo, uma vez que em combinação com o gás de proteção, produzirá o depósito químico que determina as propriedades físicas e mecânicas da soldadura. Assim, existem cinco fatores principais que influenciam a escolha do eletrodo para a soldadura MIG [41]:

- A composição química do metal de base;
- As propriedades mecânicas do metal de base;
- O gás de proteção utilizado;
- O tipo de serviço e/ou os requisitos da especificação aplicável;
- O tipo de junta.

Os eletrodos mais usados na soldadura MIG são eletrodos compostos por materiais ferrosos, como o aço carbono e o aço inoxidável, ou por materiais não ferrosos, como o alumínio e suas ligas e o cobre e suas ligas [41].

Já em relação ao tipo de juntas que se podem utilizar na soldadura MIG, pode-se referir, que neste tipo de soldadura podem-se usar juntas com diferentes e variados formatos. Desta forma, mostra-se, na seguinte figura, os diferentes tipos de juntas que podem ser utilizadas no processo de soldadura MIG:

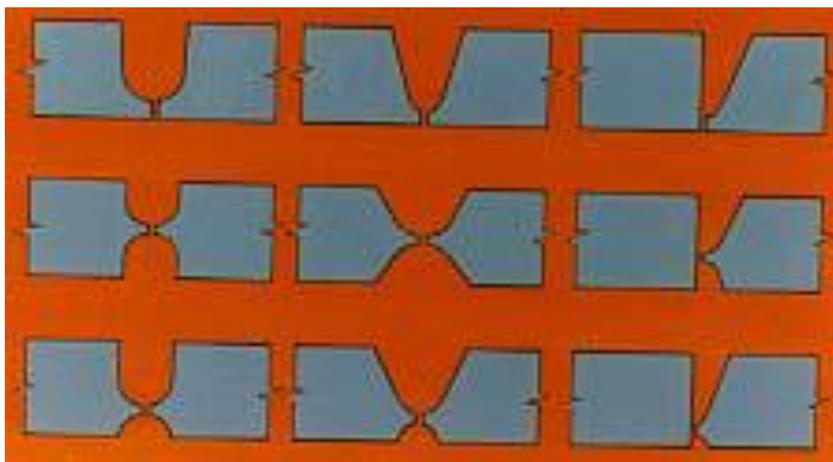


Figura 4.20 – Tipos de Juntas Utilizadas na Soldadura MIG [44]

A soldadura MIG, tal como todos os processos de soldadura, também tem vantagens e desvantagens. Assim, como vantagens deste processo de soldadura, podem-se referir, a

grande velocidade de deposição de material e de soldadura, a possibilidade de controlar a penetração, a possibilidade de soldar uma vasta gama de espessuras, a possibilidade de soldar em todas as posições, permitir obter cordões de grande qualidade, possibilitar a soldadura numa grande variedade de metais e possibilitar a automatização do processo de soldadura [22]. Por outro lado, também existem desvantagens neste processo de soldadura, tais como, ser um processo limitado a espessuras até 50mm [44], ter produção de respingos, ser um processo complexo na regulação dos parâmetros de soldadura, ser um processo sensível a correntes de ar e ter de suportar custos com os gases de proteção [42].

Por último, importa mencionar, que o equipamento básico para efetuar uma soldadura MIG contém uma tocha de soldadura (que inclui um bico de contacto, um bocal e um cabo), um motor de alimentação do eléctrodo, uma fonte de energia, o eléctrodo, uma fonte de gás de proteção, cabos [41] e material de segurança, como por exemplo, botas com sola isolante, luvas, máscara escura ou capacete, avental, touca, óculos de proteção e auriculares de proteção [45].

4.1.3.3. Aplicabilidade da Soldadura TIG e da Soldadura MIG ao Chassis do FSIPLeiria

No presente subcapítulo pretende-se fazer uma comparação entre os parâmetros dos processos de soldadura descritos anteriormente (soldadura TIG e soldadura MIG), com o intuito de verificar qual dos dois processos é mais eficaz para efetuar as soldaduras necessárias na construção do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria.

Mas antes de efetuar qualquer comparação, importa referir que os parâmetros essenciais a ter em conta numa operação de soldadura TIG são o tipo de gás de proteção e seu caudal, o tipo de eléctrodo e seu diâmetro, o tipo de corrente de soldadura e sua intensidade, a tensão do arco eléctrico e a velocidade de soldadura [22]. Já para a soldadura MIG os parâmetros essenciais a considerar são o tipo de gás de proteção e seu caudal, o diâmetro e composição do eléctrodo, o comprimento do eléctrodo, a velocidade de alimentação do eléctrodo, a distância da tocha à peça de trabalho, o posicionamento da tocha em relação à peça de trabalho, a intensidade de corrente de soldadura, a tensão do arco eléctrico, a velocidade de soldadura [36] e o modo de transferência do metal fundido da ponta do eléctrodo para o banho de fusão.

Assim, sabendo que o material a soldar na construção do chassis do veículo do FSIPLEiria é tubo em aço carbono com uma espessura de 2,4 mm, irá se proceder à referida comparação entre a soldura TIG e a soldadura MIG, tendo por base os parâmetros essenciais para a realização destes dois tipos de soldadura, nas condições especificadas anteriormente. Desta forma, na seguinte tabela, encontram-se descritos os parâmetros essenciais a considerar para os dois tipos de soldadura em estudo, para uma soldadura em tubo de aço carbono com uma espessura de 2,4mm:

Tabela 4.2 – Parâmetros Essenciais a Considerar numa Operação de Soldadura TIG e numa Operação de Soldadura MIG em Tubo de Aço Carbono com uma Espessura de 2,4 mm

Parâmetro de Soldadura	Soldadura TIG	Soldadura MIG
Gás de Proteção	Árgon [46]	Árgon [37]
Caudal de Gás de Proteção	6-8 l/min [37]	12-16 l/min [47]
Eléctrodo	Tungsténio [36]	Cobre [41]
Diâmetro do Eléctrodo	2,4 mm [37]	1,6 mm [48]
Corrente Utilizada	Contínua [37]	Contínua [36]
Polaridade	Negativa [37]	Negativa [43]
Intensidade de Corrente	80 A [37]	280-450 A [48]
Tensão do Arco Eléctrico	12 V [46]	15-32 V [41]
Velocidade de Soldadura	25 cm/min [37]	25 cm/min [37]

Segundo os dados da tabela anterior, verifica-se que a melhor opção para a soldadura do chassis do veículo do FSIPLEiria seria a soldadura TIG, uma vez que as tensões de arco eléctrico e as intensidades de corrente de soldadura utilizadas são muito menores. Também os caudais de gás de protecção utilizados na soldadura TIG são menores em relação aos caudais de gás de protecção usados na soldadura MIG. Outro fator a ter em conta, é que na soldadura MIG é necessário regular um maior número de parâmetros do que na soldadura TIG. Por isto, se mostra que para o caso em estudo, a soldadura TIG parece a opção mais indicada, uma vez que os recursos utilizados são menores, gerando, assim, uma maior poupança de energia.

Por último, importa mencionar, que nos anexos 9 e 10, apresentam-se, respetivamente, a identificação dos pontos de soldadura no chassis em estudo e o cálculo da distância a soldar no chassis do veículo de competição do FSIPLEiria.

4.1.4. Pintura Automóvel

A pintura automóvel é considerada, por muitos profissionais do setor, uma arte, pois é um processo bastante complexo, que requer perfeição e técnica, o que faz com que para se ser um bom pintor de automóveis seja necessária muita experiência e perícia, já que o processo de aprendizagem de pintar um automóvel é contínuo e não se aprende de um dia para o outro [49]. Assim, para assegurar que o trabalho de pintura cumpre com as exigências colocadas durante um longo período de tempo, é vital que cada etapa seja realizada cuidadosamente e de acordo com as instruções especificadas. Os vários substratos (superfícies a pintar) utilizados podem, em alguns casos, conduzir a diferentes formas de pré-tratamento num só veículo [50].

Importa, antes de mais, frisar, que antes do processo de pintura propriamente dito, há todo um processo de preparação, onde, em primeiro lugar, é necessário encontrar um local adequado para a execução da pintura do automóvel. O local escolhido deve ter uma boa ventilação, uma boa iluminação, o mínimo de poeiras e ser espaçoso, de modo a permitir trabalhar “à vontade” em volta do veículo [50]. De seguida, deve-se reunir, de forma organizada, todos os materiais necessários no espaço onde vai ocorrer a pintura do automóvel, por forma a simplificar todo o processo [49].

Ainda anteriormente ao processo de pintura, começa-se por se efetuar uma preparação para a pintura, sendo esta iniciada por uma limpeza inicial, por forma a limpar, desengordurar e remover quaisquer resíduos de desmoldantes. Seguidamente, deve-se fazer um pré-tratamento mecânico, com o intuito de remover quaisquer focos de corrosão, como por exemplo, ferrugens ou óxidos de alumínio e zinco. Por fim, deve-se proceder a uma limpeza final, que visa remover quaisquer focos de contaminação resultantes do pré-tratamento mecânico e do manuseamento [50].

De seguida, deve ser aplicado o primário, que tem como função conferir ao substrato resistência anti-corrossão, anti-gravilha e aos raios ultravioleta, bem como servir de base à aplicação da cor, promovendo, assim, o aumento da capacidade de aderência [51].

Em relação ao processo de pintura, um dos fatores que mais influencia o acabamento final da pintura do veículo é o sistema de aplicação, o qual pode ser classificado em monocamada, em bicamada ou em camada tripla, ou seja, de acordo com o número de camadas de cor e de

verniz que são aplicadas [52]. Assim, de seguida, vai-se proceder à descrição dos três sistemas de aplicação anteriormente referidos:

- Sistema de aplicação em monocamada – Este sistema consiste na aplicação da pintura numa única fase, isto é, com um único produto consegue-se obter a cor e o brilho no revestimento, já que o produto de pintura é composto por resinas e pigmentos [52];
- Sistema de aplicação em bicamada – No presente sistema, a pintura é realizada em duas fases, uma vez que em primeiro lugar é aplicada a cor, que pode ser metálica ou nacarada, e em seguida é aplicado o verniz, que tem como função proteger e dar brilho [52];
- Sistema de aplicação em camada tripla – Já neste sistema de aplicação, a pintura é, como o próprio nome indica, efetuada em três etapas, sendo na primeira fase fornecida uma cor de base plana, na segunda etapa é gerado um perolado, e na terceira fase é aplicado o verniz, responsável pela proteção e pelo brilho [52].

O sistema de aplicação em monocamada, apesar de ainda ser utilizado, está cada vez mais em desuso, uma vez que, hoje em dia, os veículos têm que ter uma aparência perfeita e um grande nível de proteção da pintura [52], o que poderá ser comprometido com este sistema de aplicação. Já o sistema de aplicação em camada tripla, apesar da sua boa aparência estética, não é, assim, tão comum a sua aplicação, pois os custos de aplicação de pintura são mais elevados [52]. Perante tudo isto, faz com que o sistema de aplicação em bicamada seja o mais utilizado na pintura dos veículos [52].

Outro fator que também depende do sistema de aplicação é a resistência mecânica e química da pintura, já que se a pintura depender de um único componente, como o caso de pinturas aplicadas com o sistema de aplicação em monocamada, vai ter muito menor resistência, tanto a nível mecânico como a nível químico, do que se a pintura depender de vários componentes, como no caso de pinturas aplicadas com sistemas de aplicação em bicamada ou em camada tripla. Isto vai afetar diretamente a durabilidade da pintura, uma vez que se uma pintura não tiver grande resistência mecânica e química, vai ter muita menor durabilidade, do que quando comparada com uma pintura com boa resistência química e mecânica.

Por fim, importa referir, que para a execução de uma pintura de um automóvel é muito importante a utilização de equipamentos de proteção individual, tais como, máscara para vapores tóxicos com carvão ativado (para preparação da pintura), máscara para vapores tóxicos com filtro em carvão ativado (para execução da pintura), luvas impermeáveis, óculos de proteção e fato de proteção individual [53].

4.1.4.1. Aplicabilidade da Pintura Automóvel no FSIPLeiria

No presente subcapítulo, pretende-se analisar quais as características que melhor se adequam para a pintura não só do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria, mas também das carenagens a montar nesse veículo, já que estas são adquiridas sem pintura.

Assim, verifica-se que tanto para o chassis como para as carenagens do veículo de competição do FSIPLeiria, o melhor sistema para aplicação da pintura será em bicamada, uma vez que, no caso do chassis, apesar de grande parte deste não se encontrar exposto ao meio ambiente, este poderá entrar em contacto com lubrificantes do motor ou de outros grupos funcionais do veículo, o que poderá afetar negativamente, sobretudo, a resistência química da pintura do chassis, tendo, por isso, optado pela aplicação de um verniz de proteção da pintura. Já no caso das carenagens, como se encontram totalmente expostas ao meio ambiente e estão sujeitas a serem aplicados, nelas, autocolantes de patrocinadores do FSIPLeiria, a pintura destas está sujeita a um maior desgaste por resistência mecânica, tendo-se, assim, optado pela aplicação de um verniz, por forma a conferir à pintura um maior nível de resistência e de proteção.

Como neste caso de estudo, o chassis e as carenagens são pintados pela primeira vez, não será necessário fazer grandes tratamentos antes da pintura. Desta forma, em seguida, vai-se descrever todo o processo de pintura do chassis e das carenagens, assumindo que, para isso, serão utilizados materiais de pintura da marca *Spies Hecker* e grãos de lixa da marca *3M*, os trabalhos de pintura ocorrem à temperatura ambiente entre os 20°C e os 25°C, e a secagem será feita ao ar:

- Pintura do chassis – Como a maior parte da pintura do chassis não é visível, nem está exposta ao meio ambiente, opta-se por dar um acabamento fosco à pintura

deste elemento. Para isso é utilizado o verniz *Permacron® Matt Clear Coat 8085*, o qual, para ser aplicado, tem que ser misturado numa proporção de 3 para 1 em volume com *Permasolid® Endurecedor HS 3310*, e à mistura, deve, ainda, ser adicionado 25% em volume de *Permacron® Diluente 3380* [54]. Importa referir, que antes da aplicação do verniz, as superfícies têm que ser lixadas e desengorduradas [54]. Mas antes da utilização do verniz, tem que ser aplicada a base de tinta, sendo que, para isso, seleccionou-se o produto *Permacron® Base Bicamada 293* [54], que deve ser diluído em *Permacron® Diluente Supercryl 3054* [55]. Deste modo, refere-se ainda, que antes da aplicação da base de tinta, o substrato deve ser limpo com o auxílio de *Permaloid® Desengordurante 7799* [55]. Ainda anteriormente à colocação da base da tinta, deve-se proceder à aplicação do primário *Priomat® Wash Primer 1K 4085*, ao qual se deve adicionar 50% de *Permacron® Diluente 3380* [56]. Fez-se a escolha por este primário, por ser um primário com uma boa proteção contra a corrosão e de ser fácil de utilizar, já que este produto só possui um componente [56]. Também, se refere, que para a aplicação deste primário, tem que se proceder anteriormente a uma lixagem intermédia com os grãos de lixa P800 e P1000 [56]. Mas ainda antes da aplicação do primário, o processo de pintura do chassis inicia-se por se efetuar uma ligeira lixagem por toda a superfície a pintar, com o grão de lixa P600, sendo, de seguida, essa superfície desengordurada, com *Permaloid® Desengordurante 7799*;

- Pintura das carenagens – As carenagens, como estão totalmente expostas ao meio ambiente e visíveis, opta-se por dar um acabamento brilhante à pintura destas. Assim, neste caso, é aplicado o verniz *Permasolid® HS Clear Coat 8035*, ao qual se deve misturar *Permasolid® Endurecedor HS 3310* numa proporção de 2 para 1 em volume [57]. Importa mencionar, que antes da aplicação do verniz, as superfícies têm que ser novamente lixadas e desengorduradas [57]. Mas ainda anteriormente à utilização do verniz, tem que ser aplicada a base de tinta, sendo que, para isso, escolheu-se o produto *Permahyd® Base Bicamada 280* [57], ao qual se deve adicionar 10% de *Permahyd® Água Desmineralizada 6000* [58]. Importa realçar, que antes da aplicação da base da cor, o substrato deve ser limpo com *Permahyd® Desengordurante 7080* ou, se existir uma forte contaminação, limpa-se, em primeiro lugar, com *Permaloid® Desengordurante 7010* [58]. Já as fases anteriores de aplicação do primário, de lixar e de desengordurar, são em tudo

semelhantes às realizadas para a pintura do chassis, sendo, também, utilizados os mesmos produtos.

Refere-se ainda, que no CD entregue juntamente com este relatório, se encontram as fichas técnicas e as fichas de dados de segurança dos produtos da *Spies Hecker* anteriormente descritos.

4.2. Número de Recursos Necessários para o Fabrico do Chassis do FSIPLEiria

Neste subcapítulo, pretende-se analisar o número de recursos necessários para cada uma das tecnologias de fabrico anteriormente selecionadas para a obtenção do chassis do veículo de competição do FSIPLEiria, nomeadamente, corte a laser, dobragem de tubo, soldadura e pintura automóvel.

Assim, para este estudo foram assumidas velocidades estimadas tendo por base parâmetros processuais para cada uma das operações, tendo sido obtido, deste modo, um tempo de operação para a tecnologia de corte a laser, para o processo de dobragem de tubo e para a tecnologia de soldadura. Já para contabilizar os tempos de pintura, recorreu-se ao *Guia de Pintura do Eurotax* [59], onde tendo por base as áreas a pintar do chassis e das carenagens do veículo de competição do FSIPLEiria, fez-se uma analogia com o tempo de pintura de um dado componente para um determinado modelo de veículo, de modo a poder assumir um tempo para a pintura do chassis e das carenagens.

Desta forma, apresentam-se, no anexo 11 os cálculos detalhados dos tempos de operação, bem como do número de recursos (máquinas) necessários para cada um dos processos produtivos empregues. Desta forma, para este último cálculo é utilizada a seguinte fórmula:

$$N_m = \frac{\sum \text{Tempos das Tarefas}}{\text{Tempo de Ciclo}} \quad (4.1)$$

Sabendo que o tempo de ciclo é de 39 horas (2340 minutos), expõem-se, na tabela 4.3, os resultados referentes aos tempos de operação e ao número de recursos necessários para cada uma das tecnologias anteriormente selecionadas:

Tabela 4.3 – Tempo de Operação e Número de Recursos Necessários para o Fabrico do Chassis do FSIPLeiria

Processo de Fabrico	Tempo de Operação [min]	Número de Recursos Necessários
Corte a Laser	145,01	0,062
Dobragem de Tubo	15,29	0,0065
Soldadura	1418,15	0,606
Pintura Automóvel	687,60	0,294

Dos resultados da tabela anterior, verifica-se que como para os processos de fabrico seleccionados o número de recursos necessários é inferior a 1, já que para nenhum dos processos o tempo de operação ultrapassa o tempo de ciclo (2340 minutos), o que faz com que só seja necessário um recurso/máquina para cada uma das tecnologias de fabrico necessárias para a produção do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria.

Importa ainda referir, que para o cálculo dos tempos de produção, foram assumidos vários fatores, por forma a simplificar os cálculos. Assim, no caso da tecnologia de corte a laser, assume-se um fator corretivo de 1,5 devido ao facto de que, na realidade, nem todos os tubos que compõem o chassis são cortados com a mesma secção de corte, pois alguns destes são cortados com um determinado ângulo. Também foi assumido que, por cada chassis fabricado, existe um tempo de 10 min, para a tecnologia de corte a laser, e de 15 min para o processo de dobragem de tubo, com o intuito de considerar o tempo de preparação da máquina e da matéria-prima para efetuar o respetivo processo de fabrico, o tempo entre cortes ou dobragens, o tempo para movimentação das cabeças de corte e o tempo para movimentação da matéria-prima. Já no que toca à tecnologia de soldadura, foi considerado que a eficiência deste processo de soldadura é de 30%. Também para a soldadura, foi assumido um tempo médio de 8 minutos para preparação de cada um dos tubos a soldar no chassis do veículo de competição do FSIPLeiria (como por exemplo, efetuar a limpeza da oxidação provocada nas extremidades dos tubos pela operação de corte a laser), bem como para movimentação da máquina de soldadura e do operador entre cada um dos pontos de soldadura, pois alguns dos pontos de soldadura do chassis são de difícil acesso, fazendo com que nesses pontos, se possa demorar um maior tempo para fazer o correto posicionamento da máquina e do operador de soldadura, e até a própria operação de soldadura.

No que toca à pintura, foi assumido um tempo para pintura do chassis de 3,06 horas, tendo

por base, informações fornecidas pela equipa do FSIPLeiria no que diz respeito ao tempo real de execução da pintura do chassis, e, também, de forma, a que este tempo pudesse ser ainda incluído no tempo de ciclo calculado para o fabrico do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria. Por outro lado, no que diz respeito à pintura das carenagens, sabendo que a área superficial da carenagem superior é de 7,38 m² e das carenagens laterais é de 1,86 m² (valores retirados nos ficheiros das modelações 3D destes componentes no *SolidWorks*), foi assumido um tempo de pintura para cada uma das carenagens acima mencionadas, tendo por base, tempos de pintura retirados do *Guia de Pintura do Eurotax* [59]. Assim, o tempo de pintura da carenagem superior, teve por base o tempo de pintura de uma porta traseira de um veículo Mercedes Sprinter (90#) Furgão – Teto Alto (2,3 horas [59]), já que se verificou que a área da carenagem superior seria cerca do dobro da área de uma porta traseira, tendo-se, assim, assumido que o tempo de pintura da carenagem superior seria o dobro do tempo de pintura de uma porta traseira, ou seja, 4,6 horas. Por outro lado, para o tempo de pintura das carenagens laterais, foi assumido o tempo de pintura do capô do veículo anteriormente selecionado (1,9 horas [59]), pois verificou-se que as áreas de cada uma das carenagens laterais e do capô do veículo referido seriam semelhantes.

Já na Tabela 4.3, é exposto o diagrama de fluxo de operação para o processo produtivo do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria, em que é contabilizado todo o tempo necessário para a obtenção de um chassis. Para isso, foi assumido um tempo de movimentação do operador de 2 segundos por cada metro percorrido, um tempo total de 10 minutos para controlo sobre as soldaduras efetuadas no chassis e sobre a pintura realizada no chassis e nas carenagens (5 minutos em cada etapa), e um tempo de 60 minutos que visa a organização de todos os produtos e equipamentos necessários para a pintura do chassis e das carenagens, bem como, a tarefa de desgordurar o chassis e as carenagens, antes de ocorrer a tarefa de pintura propriamente dita. Importa, ainda, referir, que o tempo associado à secagem da pintura do chassis e das carenagens, contemplado no diagrama, não é contabilizado no tempo de ciclo, pois a secagem da pintura ocorre durante a noite, isto é, num horário não laboral. Mais se menciona, que as distâncias indicadas no diagrama seguinte foram obtidas através de medições efetuadas no ficheiro da modelação 3D do chão de fábrica, em *SolidWorks*.

Tabela 4.4 – Diagrama de Fluxo de Operação para o Processo Produtivo do Chassis do Veículo do FSIPLeiria

Conjunto Veículo de Competição do FSIPLeiria		Posto de Trabalho: Zona de Fabrico Fase: Fabrico Artigo: Chassis Lote (unidades): 1		Estudo Industrialização FSIPLeiria Projecto Automóvel 2º Ano MEAU					
nº	<input type="checkbox"/> Operação <input type="checkbox"/> Transporte <input type="checkbox"/> Controle <input type="checkbox"/> Espera <input type="checkbox"/> Armazém	Descrição	Tempo (min)					Distância (m)	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
1		Levar a Matéria-Prima para o Local de Armazenagem					1	30	
2		Transporte da Matéria-Prima até Máquina de Corte a Laser	0,8					24	
3		Execução da Operação de Corte a Laser	145,0156						
4		Colocação dos Tubos Já Cortados em Estante de Armazenagem				0,53		16	
5		Transporte dos Tubos a Dobrar	0,067					2	
6		Execução da Operação de Dobragem de Tubo	15,2913						
7		Colocação dos Tubos Já Dobrados em Estante de Armazenagem				0,07		2	
8		Transporte dos Tubos Cortados e Dobrados para Soldadura	0,233					7	
9		Execução da Operação de Soldadura (Construção do Chassis)	1418,1510						
10		Controlo Sobre as Soldaduras Efetuadas		5					
11		Transporte do Chassis para Cabine de Pintura	0,6					18	
12		Preparação dos Trabalhos de Pintura			60				
13		Execução da Pintura do Chassis	183,6						
14		Secagem da Pintura do Chassis			770				
15		Execução da Pintura das Carenagens	504						
16		Secagem da Pintura das Carenagens			765				
17		Controlo Sobre a Pintura do Chassis e das Carenagens		5					
18		Entrega do Chassis ao Posto de Montagem				0,27		8	
19		Entrega das Carenagens ao Posto de Montagem				0,5		15	
19	5 4 2 3 5	Operação do PT (min.)	2276,0579	2266,0579	1,7	10	1595	2,37	122
		Operação Total (min.)	3875,1248						
		Operação Homem (min.)	2179,8177						
		Principal (min.)	2115,7510						
		Auxiliar (min.)	64,0667						
		Operação Máquina (min.)	160,3069						
		Tempo de Execução por Peça (min.)	2276,0579						
		Tempo de Imputação por Peça (min.)	3875,1248						

4.3. Análise de Custos dos Processos de Fabrico do Chassis do FSIPLeiria

O principal objetivo deste subcapítulo é fazer uma análise de custos dos processos de fabrico envolvidos na produção do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria.

Assim, a análise de custos para as tecnologias de corte a laser, de dobragem de tubo e de soldura (TIG e MIG) será efetuada conforme o método do artigo “Modelação de Custos de Corte e Soldadura de Aço em Reparação Naval” [60], o qual será descrito no subcapítulo 4.3.1. Já no caso da análise de custos para a pintura automóvel, esta será feita só tendo em conta os custos com mão-de-obra e os custos com os materiais utilizados.

4.3.1. Método Usado na Análise de Custos dos Processos de Corte a Laser, de Dobragem de Tubo e de Soldadura

Como já referido anteriormente, a análise de custos aos processos de corte a laser, de dobragem de tubo e de soldadura será feita com base no artigo “Modelação de Custos de Corte e Soldadura de Aço em Reparação Naval” [60], que tem por objetivo modelar os custos de corte e de soldadura, realçando a importância de variáveis técnicas para comparar diferentes tecnologias de corte e de soldadura [60]. Desta forma, subdividiu-se os custos em custos com equipamento (manutenção e depreciação), custos com mão-de-obra, custos com energia e custos com materiais consumíveis [60]. Assim, os custos de uma operação de corte e de soldadura, resumem-se a [60]:

$$\begin{aligned} C_{Total} &= \text{Custos Fixos} + \text{Custos Variáveis} (=) \\ (=) C_{Total} &= [\text{Custos com Equipamento} + \text{Custos com Energia}]_{Fixos} + \\ &+ [\text{Custos com Mão – de – Obra} + \text{Custos com Consumíveis}]_{Variáveis} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Analisando cada uma das parcelas de custos indicadas anteriormente, começa-se por referir, que os custos com equipamento incluem o custo de depreciação e o custo com manutenção [60]. Desta forma, refere-se que o custo de depreciação ($c_{deq.}$) reflete a perda de valor comercial do equipamento devido ao seu desgaste por utilização, assumindo que essa utilização do equipamento está intrinsecamente ligada ao volume de produção [60]. Este custo de depreciação, pode ser expresso pela seguinte equação [60]:

$$c_{deq.} = \left(\frac{A_{eq.}}{D_{eq.} \times V_{prod.}} \right) \times t \quad (4.3)$$

sendo que, $A_{eq.}$ designa o custo de aquisição do equipamento, em euros (€), $D_{eq.}$ designa a durabilidade do equipamento (entendida como o tempo de vida útil do equipamento), em anos, $V_{prod.}$ designa o volume de produção anual, em h/ano, e, t designa o tempo de corte/soldadura do equipamento, em h/m [60].

Para se calcular o volume de produção anual ($V_{prod.}$), referenciado na equação 4.3, é utilizada a seguinte expressão matemática [60]:

$$V_{prod.} = V_i \times \eta_{eq. disponivel} \times \eta_{eq. alocado \grave{a} obra} \quad (4.4)$$

onde V_i traduz o volume anual ideal, em h/ano, que é expresso pela seguinte equação [60]:

$$V_i = s \times d \times h \quad (4.5)$$

sendo que, s designa o número anual de semanas úteis de trabalho, d designa o número semanal de dias úteis de trabalho e h designa o número diário de horas úteis de trabalho [60]. Voltando à equação 4.4, importa referir, que $\eta_{eq. disponivel}$ ($0 < \eta_{eq. disponivel} < 1$) designa a fração de V_i em que o equipamento está disponível, isto é [60]:

$$\eta_{eq. disponivel} = 1 - \eta_{eq. em manuten\c{c}ao} \quad (4.6)$$

Voltando, de novo, à equação 4.4, refere-se ainda, que $\eta_{eq. alocado \grave{a} obra}$ ($0 < \eta_{eq. alocado \grave{a} obra} < 1$) designa a fração de V_i em que o equipamento está efetivamente alocado a uma obra [60].

Já em relação ao cálculo do tempo de corte/soldadura do equipamento (t), também referenciado na equação 4.3, pode-se dizer, que esta variável é determinada através da seguinte fórmula matemática [60]:

$$t = \frac{1}{v} \quad (4.7)$$

onde, v traduz a velocidade de processamento corrigida, em h/m [60], sendo esta calculada através da seguinte equação [60]:

$$v = v_i \times \eta_r \quad (4.8)$$

em que, v_i representa a velocidade ideal de processamento, em h/m, e, η_r representa um fator corretivo, empírico, de cadência para compensar desvios como a destreza do trabalhador, etc. [60].

No que diz respeito à outra parcela referente aos custos com equipamento, isto é, o custo de manutenção ($c_{meq.}$), que é o custo que reflete a manutenção anual do equipamento como consequência, por exemplo, do desgaste de utilização [60], importa referir, que este custo é determinado através da seguinte expressão matemática [60]:

$$c_{meq.} = \left(\frac{M_{eq.}}{V_{prod.}} \right) \times t \quad (4.9)$$

onde, $M_{eq.}$ designa o custo anual de manutenção do equipamento, em euros (€), e as restantes variáveis assumem o significado já anteriormente definido [60].

Outro dos custos associados a uma operação de corte ou de soldadura são os custos com mão-de-obra (c_{mdo}), que podem ser calculados a partir da seguinte fórmula [60]:

$$c_{mdo} = p_{mdo} \times t \times n_t \quad (4.10)$$

sendo que, p_{mdo} significa o preço unitário de compra de mão-de-obra, em €/h, t significa o tempo de utilização de mão-de-obra, onde se assume que é igual ao tempo de utilização do equipamento, e, n_t significa o número de trabalhadores envolvidos na operação do equipamento [60]. Mais se refere, que neste caso, é feita uma simplificação no cálculo da variável t , pois, na prática, são necessárias atividades de pré e pós corte/soldadura que deveriam ser afetas às próprias atividades de corte e de soldadura [60].

Para a correta determinação do custo de uma operação de corte ou de soldadura, outro custo importante, tal como verificado anteriormente, é o custo com a energia (c_e), sendo que este pode ser calculado através da seguinte equação [60]:

$$c_e = \left[\frac{1}{1000} \times \left(\frac{I \times V}{\varphi} \right) \right] \times t \times p_e \quad (4.11)$$

em que, I designa a intensidade de corrente, em Ampere (A), V designa a tensão, em Volts (V), φ designa a eficiência do equipamento devido a perdas por efeito de Joule ou outro tipo de perdas, t designa o significado já anteriormente definido, e, p_e designa o preço unitário de compra da energia elétrica, em €/kWh [60].

Por fim, importa referir, que os custos com consumíveis também são outra parcela importante para a determinação do custo total de uma operação de corte e de soldadura. Desta forma, um dos custos incluídos nesta parcela é o custo com gases de corte e de proteção (c_g), o qual pode ser determinado através da seguinte fórmula matemática [60]:

$$c_g = \left(\frac{G}{\rho_g} \right) \times p_g \times n_{cos} \quad (4.12)$$

onde, G significa a taxa de consumo do gás, em kg/m, ρ_g significa a densidade do gás, em kg/m³, p_g significa o preço unitário de compra do gás, em €/m³, e, n_{cos} significa o número de cabeças de corte/soldadura em operação simultânea [60].

Outra parcela inserida nos custos com consumíveis é o custo com o consumo de eletrodos (c_f), o qual pode ser expresso analiticamente pela seguinte expressão matemática [60]:

$$c_f = F \times p_f \times n_{cos} \quad (4.13)$$

em que, F representa o consumo corrigido de eletrodo, em kg/m, p_f representa o preço unitário de compra do eletrodo, em €/kg [60], e, n_{cos} tem o significado já anteriormente referido. Por sua vez, o consumo corrigido de eletrodo é determinado através da seguinte fórmula matemática [60]:

$$F = F' \times \eta_f \quad (4.14)$$

sendo que, F' designa a taxa de consumo ideal (igual à taxa de deposição) de eletrodo, em kg/m, e, η_f designa um fator corretivo empírico, que depende do tipo de tecnologia utilizada [60]. Importa ainda referir, que o custo com o consumo de eletrodos (c_f) é apenas válido para operações de soldadura.

Após a descrição de todos os custos necessários, pode-se verificar, substituindo na equação 4.2, que o custo para uma operação de corte ou de soldadura, em €/m, pode ser expresso pela seguinte equação [60]:

$$C_{Total} = (c_{deq.} + c_{meq.}) + c_{mdo} + c_e + (c_g + c_f) \quad (4.15)$$

De seguida, irá se proceder à análise de custos dos processos de fabrico utilizados na construção do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria.

4.3.2. Análise de Custos dos Processos de Fabrico na Produção do Chassis do FSIPLeiria

No presente subcapítulo, pretende-se efetuar a análise de custos às tecnologias de fabrico associadas à construção do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria. Assim, como a metodologia de análise de custos a usar para a pintura automóvel é distinta da metodologia a utilizar para os restantes processos, então, vai-se proceder, em primeiro lugar, à realização da análise de custos para os processos de fabrico de corte a laser, de dobragem de tubo e de soldadura, e só, em seguida, é que vai ser efetuada a análise de custos para a tecnologia de pintura automóvel.

Desta forma, começando pelas tecnologias de fabrico de corte a laser, de dobragem de tubo e de soldadura, importa, antes de mais, referir, que a análise de custos dos processos de fabrico de corte a laser e de dobragem de tubo será feita em conjunto, uma vez que tal como se verificou anteriormente, no subcapítulo 4.1.1.2., será utilizada a mesma máquina para realizar estes dois processos. Já no caso da soldadura, vai se fazer a análise de custos para as tecnologias de soldadura TIG e MIG, uma vez que qualquer um destes processos poderá ser aplicado na soldadura do chassis do veículo de competição FSIPLeiria.

Assim, na seguinte tabela, mostram-se todos dados necessários para se poder realizar a análise de custos dos processos de fabrico de corte a laser e dobragem de tubo, de soldadura TIG e de soldadura MIG, aplicada ao fabrico do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria.

Tabela 4.5 – Dados Necessários para Realizar a Análise de Custos dos Processos de Fabrico Envolvidos no Fabrico do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLLeiria

Parâmetro	Corte a Laser e Dobragem de Tubo	Soldadura TIG	Soldadura MIG
Custo de Aquisição do Equipamento [€]	20.257,70 [61]	851,84 [12]	1.034,43 [62]
Tempo de Vida Útil do Equipamento [Anos]	7 [13]	5 [13]	
Velocidade Ideal de Processamento [m/h]	10,002	15 [37]	
Fator Corretivo (η_r)	0,5	0,3	
Tempo de Corte/Soldadura [h/m]	0,2136	0,2222	
Preço Mensal de Compra de Mão-de-Obra [€/mês]	717,10 [11]		
Número de Trabalhadores Envolvidos na Operação	1		
Intensidade de Corrente [A]	52,63 [61]	170 [12]	170 [62]
Tensão [V]	380 [61]	230 [12]	230 [62]
Eficiência do Equipamento Devido a Perdas	0,65 [60]	0,8 [60]	
Preço Unitário de Compra da Energia Elétrica [€/kWh]	0,00212 [14]		
Taxa de Consumo do Gás de Corte/Proteção [kg/m]	0,2545 [63]	0,1459 [37]	0,2911 [47]
Densidade do Gás [kg/m ³]	1,185 [64]	1,784 [65]	
Preço Unitário de Compra do Gás [€/m ³]	1,65 [66]	51,577 [67]	
Consumo Ideal de Eléctrodo [kg/m]		0,09 [68]	
Fator Corretivo (η_f)		0,95 [60]	
Preço Unitário de Compra do Eléctrodo [€/kg]		5,70 [69]	28,10 [70]

Para além dos dados indicados na anterior tabela, assumiu-se, para as três tecnologias de fabrico em estudo, que custo anual de manutenção do equipamento corresponderia a 5% do custo de aquisição do equipamento. Já para o cálculo do volume de produção anual foram assumidos os valores dos fatores de $\eta_{eq. \text{ alocado à obra}}$, onde se atribuiu o valor de 0,80 devido ao facto de se ter uma eficiência de produção de 80%, e de $\eta_{eq. \text{ em manutenção}}$, em que se atribuiu o valor de 0,938. Sabendo que o volume anual ideal de produção é de 2080 horas, estes dois fatores foram assumidos por forma a que o volume de produção anual correspondesse a cerca de 1560 horas de trabalho anual, já que se possui uma cadência anual de produção de 40 veículos com um tempo de ciclo de fabrico de 39 horas.

No que toca a consumíveis, importa mencionar, que para o corte a laser é utilizado o azoto como gás de corte e para as soldaduras TIG e MIG é usado o argon como gás de proteção. Também se refere, que tanto no corte a laser como nas duas tecnologias de soldadura em estudo é apenas utilizada uma cabeça de corte/soldadura em operação simultânea.

Assim, após conhecer todos os dados necessários, efetuou-se a análise de custos dos processos de fabrico de corte a laser e dobragem de tubo, de soldadura TIG e de soldadura MIG, para o caso em estudo, tendo-se chegado aos resultados apresentados na tabela seguinte. Mais se indica, que se remete para o anexo 12 os cálculos referentes a esta análise de custos:

Tabela 4.6 – Análise de Custos dos Processos de Fabrico de Corte a Laser e Dobragem de Tubo, de Soldadura TIG e de Soldura MIG, Aplicados à Produção do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeiria

Custo	Corte a Laser e Dobragem de Tubo	Soldadura TIG	Soldadura MIG
Custos com Equipamento [€/m]	0,5346	0,0303	0,0368
Custos com Mão-de-Obra [€/m]	0,8836	0,9193	0,9193
Custos com Energia [€/m]	0,0139	0,0230	0,0230
Custos com Consumíveis [€/m]	0,3544	4,7054	10,8185
Custo Total [€/m]	1,7865	5,6781	11,7976
Distância a Cortar/Soldar por Chassis [m]	22,5026	15,1613	15,1613
Custo Total do Processo de Fabrico [€]	40,20	86,09	178,87

Passando à análise de custos do processo de pintura automóvel, importa mencionar, que a referida análise vai ser efetuada não só para a operação de pintura do chassis, mas também para a operação de pintura das carenagens, já que as carenagens também são pintadas na unidade industrial do FSIPLeia. Realça-se, ainda, que para a realização da análise de custos desta tecnologia apenas serão contabilizados os custos inerentes à mão-de-obra e ao material utilizado durante a operação de pintura.

Deste modo, assumiu-se, que para a operação de pintura do chassis e das carenagens só seria necessário um operador, e que o preço unitário de compra de mão-de-obra é de 30€/hora, tendo em conta os valores praticados nas oficinas de reparação automóvel. Já para se poder calcular um custo associado aos materiais utilizados na pintura do chassis e das carenagens, foi necessário saber as quantidades por embalagem e os preços unitários desses materiais, tendo, para isso, sido contactada a empresa Sodikor, S. A. (Leiria), que forneceu essa informação, com base a tabela de preços da *Spies Hecker* de 2017. Assim, na seguinte tabela, expõem-se as quantidades por embalagem e os preços unitários dos materiais usados na pintura do chassis e das carenagens, bem como, as suas densidades:

Tabela 4.7 – Densidade, Quantidade por Embalagem e Preço Unitário dos Materiais Utilizados para a Pintura do Chassis e das Carenagens do Veículo de Competição do FSIPLeia

Material	Densidade [g/cm³]	Quantidade por Embalagem [L]	Preço Unitário [€]
<i>Permaloid® Desengordurante 7799</i>	0,73 [71]	5	77,39 €
<i>Priomat® Wash Primer 1K 4085</i>	1,07 [72]	1	40,07 €
<i>Permacron® Base Bicamada 293</i>	0,93 [73]	1	103,07 €
<i>Permacron® Diluente Supercryl 3054</i>	0,85 [74]	1	27,56 €
<i>Permacron® Matt Clear Coat 8085</i>	1,03 [75]	1	63,63 €
<i>Permasolid® Endurecedor HS 3310</i>	1,00 [76]	1	70,32 €
<i>Permacron® Diluente 3380</i>	0,83 [77]	1	22,91 €
<i>Permahyd® Base Bicamada 280</i>	1,05 [78]	1	90,08 €
<i>Permahyd® Água Desmineralizada 6000</i>	1,00 [79]	5	21,53 €
<i>Permahyd® Desengordurante 7080</i>	0,95 [80]	5	152,13 €
<i>Permasolid® HS Clear Coat 8035</i>	0,98 [81]	5	217,13 €
Grão de Lixa P600 / P800 / P1000			1,18 € [82]

Já com todos os parâmetros necessários conhecidos, realizou-se a análise de custos para as operações de pintura do chassis e das carenagens (carenagem superior e dois *sidepods*), a qual se mostra na tabela seguinte. Refere-se ainda, que se remete para o anexo 12 a metodologia de cálculo da presente análise de custos:

Tabela 4.8 – Análise de Custos dos Processos de Pintura do Chassis e das Carenagens do Veículo do FSIPLeia

Custo	Pintura do Chassis	Pintura da Carenagem Superior	Pintura dos Sidepods
Custos com Mão-de-Obra [€]	91,80	138,00	114,00
Custos com Material [€]	41,03	89,72	51,38
Custo Total [€]	132,83	227,72	165,38

Com todos os custos associados aos processos de fabrico utilizados para a produção do chassis apurados, foi-se calcular um custo final para o chassis do veículo de competição do FSIPLeia. Importa referir, que para isso, ainda se teve que entrar em linha de conta com o custo de matéria-prima, o qual foi obtido através de um pedido de informação à empresa Ferrus, S. A. (Leiria), que apesar não ter no seu *stock* tubos com dimensões exatamente iguais aos dos tubos usados no chassis do veículo de competição do FSIPLeia, forneceu um custo de 1,87 €/m, referente a um tubo com características semelhantes aos dos utilizados. Com base nesse custo, e sabendo que para a construção de um chassis são necessários cerca de 35,84 metros de tubo, foi obtido um custo total para a matéria-prima de 67,03 €. Assim, já com todos os custos necessários conhecidos, foi apurado um custo total para o chassis do veículo de competição do FSIPLeia, utilizando soldadura TIG e utilizando soldadura MIG. Desta forma, na seguinte tabela, podem ser verificados o custo total do chassis, aquando da utilização de cada uma das tecnologias de soldadura em estudo.

Tabela 4.9 – Custo Total do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeiria, Utilizando Soldadura TIG e Utilizando Soldadura MIG

Designação	Utilizando Soldadura TIG	Utilizando Soldadura MIG
Matéria-Prima [€]	67,03	67,03
Corte a Laser e Dobragem de Tubo [€]	40,20	40,20
Soldadura [€]	86,09	178,87
Pintura [€]	132,83	132,83
Custo Total [€]	326,15	418,93

Dos resultados da tabela anterior, pode-se dizer que a utilização da soldadura MIG fica mais dispendiosa do que a utilização da soldadura TIG, já que usando a soldadura TIG, o custo total de cada chassis é de 326,15 euros, enquanto que usando a soldadura MIG, o custo por chassis aumenta para os 418,93 euros. Isto vem reforçar o que já se verificou anteriormente, no subcapítulo 4.1.3.3., em que se tinha referido que a soldadura TIG parecia ser a opção mais exequível, para o caso em estudo, uma vez que com o uso da soldadura TIG havia uma economia dos recursos necessários para uma operação de soldadura. Assim, conclui-se que, entre as tecnologias de soldadura em análise, a opção mais viável para o fabrico do chassis do veículo de competição do FSIPLeiria é a soldadura TIG, já que, para além da economia dos recursos necessários para a operação de soldadura, existe também uma poupança significativa nos custos de operação.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

5. *Layout* Final da Unidade Industrial

Na elaboração do *layout* da unidade industrial utilizada para a construção do veículo de competição do FSIPLeiria, foi necessário planejar, cuidadosamente, a localização das diferentes áreas que compõem a unidade industrial, tendo em conta a interação e a distância entre elas.

Para isso, foi usado o método de Planeamento de *Layout* Sistemático (SLP – *Systematic Layout Planning*), que se baseia nos dados qualitativos da relação de importância entre as várias áreas da unidade industrial, sendo um dos principais objetivos deste método a redução de custos através de um aumento da eficiência e produtividade, otimizando e reduzindo movimentações de pessoas e cargas [83].

Assim, para a configuração do *layout* final da unidade industrial em estudo, consideram-se as áreas de fabrico, de montagem, de armazenamento de produto final e as áreas administrativas e sociais (que incluem, por exemplo, gabinetes administrativos, WC's, refeitório e sala de reuniões).

Desta forma, para a elaboração do *layout* segundo o método de Planeamento de *Layout* Sistemático, foi tida em conta a informação presente na tabela motivo (Tabela 5.1) e na tabela de importância de proximidade (Tabela 5.2).

Tabela 5.1 – Tabela Motivo

Código	Motivo
1	Transmissão de Materiais
2	Facilidade de Supervisão
3	Necessidade de Contacto
4	Partilha de Recursos Humanos
5	Partilha do Mesmo Espaço

Tabela 5.2 – Importância de Proximidade [83]

Valor	Proximidade	Ponderação
A	Absolutamente Necessário	16
E	Especialmente Importante	8
I	Importante	4
O	Proximidade Normal	2
U	Sem Importância	0
X	Indesejável	80

Com base nas informações presentes nas tabelas anteriores, é construída a tabela de relações das diferentes áreas da unidade industrial, a qual se expõe em seguida:

Tabela 5.3 – Tabela de Relações das Diferentes Áreas da Unidade Industrial

De		Para			
		1	2	3	4
		Fabrico	Montagem	Armazém de Produto Final	Áreas Administrativas e Sociais
1	Fabrico		E	I	O
			1, 2, 3	2, 3	3
2	Montagem			E	O
				1, 2, 3	3
3	Armazém de Produto Final				O
					3
4	Áreas Administrativas e Sociais				

De seguida, e de acordo com as relações de proximidade estabelecidas na tabela anterior, verificou-se que a disposição mais funcional das diferentes áreas na unidade industrial em estudo, seria a que se representa na figura seguinte:

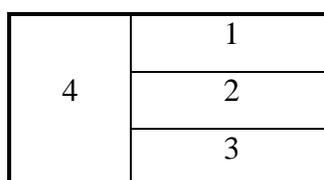


Figura 5.1 – Disposição Final das Diferentes Áreas na Unidade Industrial

Nas seguintes figuras, exibem-se o *layout* do posto de fabril e do armazém de produto final, bem como, o *layout* final da unidade industrial utilizada para a construção do veículo de competição do FSIPLeitura. Salienta-se que o *layout* detalhado do posto de montagem já foi ilustrado no subcapítulo 3.2.

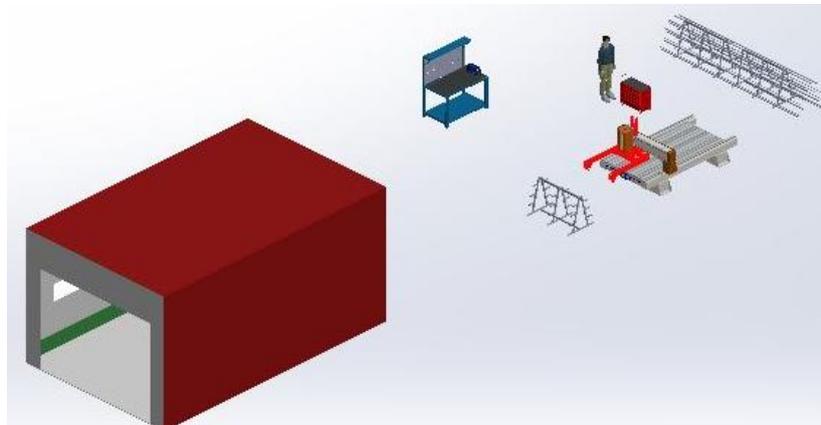


Figura 5.2 – *Layout* do Posto de Fabrico da Unidade Industrial do FSIPLeitura

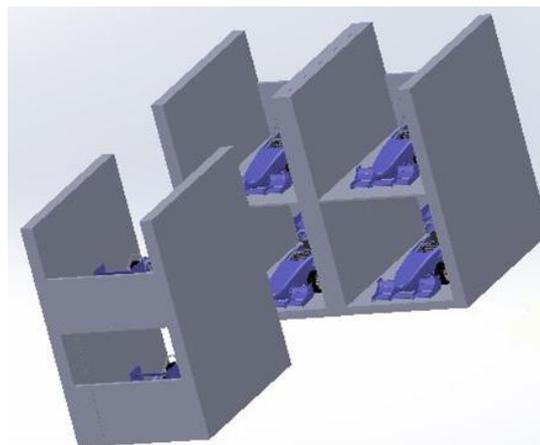


Figura 5.3 – *Layout* do Armazém de Produto Final da Unidade Industrial do FSIPLeitura

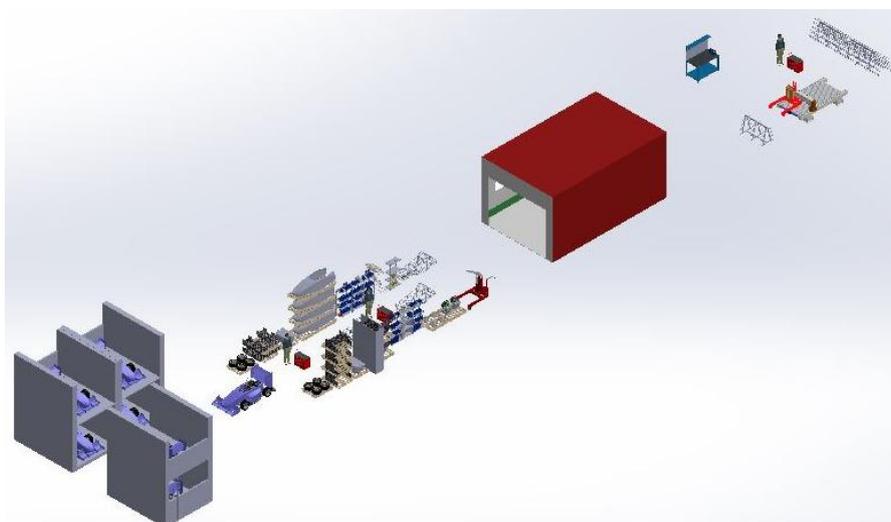


Figura 5.4 – *Layout* Final da Unidade Industrial do FSIPLeitura

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

6. Conclusão

Após a realização deste projeto, conclui-se, que para realizar um estudo de industrialização de um dado produto, deve-se, inicialmente, conhecer as principais funções e características do produto a industrializar, bem como, os componentes a ele associados e a cadência anual de produção. De seguida, e já com base nessa informação, analisa-se como se deve efetuar o processo de montagem e o processo de fabrico (caso hajam componentes que necessitem de serem produzidos) do produto, sendo, para isso, estudados vários fatores inerentes a cada um dos processos, tais como, tecnologias de fabrico, tempos e custos inerentes a cada um dos processos. Outro objeto de análise num estudo de industrialização é a planificação de uma unidade industrial que possa servir a produção do produto alvo do estudo.

Quanto ao estudo de industrialização do veículo de competição do *Formula Student* do Instituto Politécnico de Leiria (FSIPLeia), pode-se concluir que, como a cadência de produção anual é relativamente baixa (40 veículos/ano), não é necessária a utilização de um grande número de recursos, tanto humanos como físicos, para se conseguir assegurar o fabrico em série do veículo, de acordo com a quantidade de produção anual estabelecida, já que para o processo de fabrico do chassis do veículo em estudo, só é necessário um operador, uma máquina de corte a laser/dobragem de tubo, uma máquina de soldadura TIG e uma cabine de pintura, e, para o processo de montagem do referido veículo são necessários dois operadores, uma máquina de soldadura TIG e uma grua (diferencial) para auxiliar na movimentação de motores.

Conclui-se, ainda, que para a produção do veículo de competição do FSIPLeia é necessário um total de 78 horas, sendo que, tal como verificado anteriormente, são utilizadas 39 horas no fabrico do chassis do veículo em análise, e outras 39 horas na montagem do referido veículo. No que respeita a custos, menciona-se, que o custo total com o fabrico do chassis do veículo de competição do FSIPLeia é de 326,15 euros, e que o custo de montagem do veículo em estudo é de 8.702,12 euros, o que perfaz um custo total de 9.028,27 euros por cada veículo de competição do FSIPLeia produzido. Importa ainda referir, que no custo total do veículo em estudo não estão incluídos os custos dos materiais, da amortização das máquinas, das instalações, dos ordenados e dos custos fixos. Se este caso de estudo, se tornasse real, verificava-se que dificilmente se conseguiria rentabilizar todo o investimento

necessário para a produção do veículo do FSIPLeiria, pois só para compensar o investimento com a aquisição de todas as máquinas necessárias, o valor de produção do referido veículo não é suficiente.

Por último, importa frisar, que a planificação unidade industrial para a produção do veículo de competição do FSIPLeiria, torna-se, num assunto de extrema importância neste projeto, pois permite perceber como deve ser o modo de funcionamento e a relação entre as diferentes áreas que compõem a unidade industrial do FSIPLeiria.

Bibliografia

- [1] FSIPLeiria – Portugal; “*Formula Student*”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://www.fsipleiria.com/competicao/> [Acedido em 3 de Março de 2017].
- [2] *SAE International*; “2016 Formula SAE® Rules”, pp. 25-49, 57-60, 128, 131, 142, 144, 159, 162-163, 166, 168-169; 2015.
- [3] Meyers, F.; Stephens, M.; “*Manufacturing Facilities Design and Material Handling*”, *Prentice Hall*, 2005.
- [4] FSIPLeiria – Portugal; “*2015 Polytechnic Institute of Leiria Engineering Design Report*”, pp. 1-6, 8; 2015.
- [5] Acetatos das Aulas de Organização e Gestão Automóvel, “*Gestão de Stocks*”, pp. 19-20, 24; Mestrado em Engenharia Automóvel, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Leiria, 2014.
- [6] *Autodata*; “Tempos de Reparação – *Polaris Ranger 1204276/760 RZR 800*”, tendo sido feita a consulta no *site* <https://workshop.autodata-group.com/motorcycle/rt/POL06346/56921> [Acedido em 20 de Outubro de 2016].
- [7] *Autodata*; “Tempos de Reparação – *Suzuki LT /246 LT-F250F Quad Runner 4x4*”, tendo sido feita a consulta no *site* <https://workshop.autodata-group.com/motorcycle/rt/SZK03391/32438> [Acedido em 19 de Outubro de 2016].
- [8] *Autodata*; “Tempos de Reparação – *Yamaha YFM /660 660F Grizzly*”, tendo sido feita a consulta no *site* <https://workshop.autodata-group.com/motorcycle/rt/YAM03704/32418> [Acedido em 20 de Outubro de 2016].

[9] *Autodata*; “Tempos de Reparação – *Honda TRX /649 650 FA 4x4*”, tendo sido feita a consulta no *site* <https://workshop.autodata-group.com/motorcycle/rt/HDA03314/31487> [Acedido em 20 de Outubro de 2016].

[10] “Enunciado N° 6 – Custeio do Processo”, pp. 1-2; *Concepção e Licenciamento de Unidades Industriais; Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial*, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Leiria.

[11] Conselho Económico e Social; “Boletim do Trabalho e Emprego N° 1/2015, de 8 de Janeiro”, Tabela Salarial – 2015, Nível 6, p. 49; tendo sido feita a consulta no *site* http://bte.gep.msess.gov.pt/completos/2015/bte1_2015.pdf [Acedido em 14 de Julho de 2016].

[12] *Ferramenta.pt* – *Site* Dedicado a Soldadura; “Aparelho de Soldar *Great Tool Spitfire TIG DC 1700 HF*”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://soldadura.pt/shop/aparelho-de-soldar-great-tool-spitfire-tig-dc-1700-hf.html> [Acedido em 6 de Junho de 2016].

[13] AT – Autoridade Tributária e Aduaneira; “Regime das Depreciações e Amortizações (Decreto Regulamentar N° 25/2009, de 14 de Setembro – Atualizado pelo Decreto Regulamentar N° 4/2015, de 22 de Abril)”, Tabela I, Divisão III, Grupo 11, Alínea d), p. 22; tendo sido feita a consulta no *site* https://info.portaldasfinancas.gov.pt/NR/rdonlyres/837A0763-5211-459B-B2D3-5A4CF90CC04A/0/Dec_Regulamentar25_2009.pdf [Acedido em 14 de Julho de 2016].

[14] EDP – Serviço Universal; “Tarifa de Média Tensão”, 2016, tendo sido feita a consulta no *site* <https://www.edpsu.pt/pt/particulares/tarifasehorarios/Pages/TarifaMT.aspx> [Acedido em 7 de Junho de 2016].

[15] *Tecnologia Mecânica*; “Corte por Arrombamento”, p. 2, tendo sido feita a consulta no *site* <http://in3.dem.ist.utl.pt/mscdesign/01tecmecc/notas2.pdf> [Acedido em 4 de Agosto de 2016].

[16] Ferreira, A. D. B. L.; “Apontamentos de Processos de Fabrico I”, p. 24; 2015, tendo sido feita a consulta no *site* http://estudomec.info/files/PF1_Resumo.pdf [Acedido em 4 de Agosto de 2016].

[17] Kellens, K.; Rodrigues, G. C.; Dewulf, W.; Duflou, J. R.; “Energy and Resource Efficiency of Laser Cutting Processes”, p. 855; *Physics Procedia* 56, 2014.

[18] Pavlica, M.; Petru, J.; Čep, R.; “Selection of the Optimal Parameters for Laser Cutting”, p. 74; *Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering, Fascicule 1, Tome VIII*, 2015.

[19] Acetatos das Aulas de Tecnologias Avançadas em Produção de Veículos, “Tecnologias Laser”, pp. 8-9, 27; Mestrado em Engenharia Automóvel, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Leiria, 2015.

[20] Rossi, W.; Berretta, J. R.; Almeida, I. A.; Júnior, N. D. V.; Morato, S. P.; “Aspectos do Corte com Laser de Nd:YAG Pulsado”, p. 3, tendo sido feita a consulta no *site* <http://repositorio.ipen.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/15404/09954.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Acedido em 27 de Maio de 2016].

[21] Berkmanns, J.; Faerber, M.; “Laser Cutting – LASERLINE® Technical.”, pp. 5-11; 2008, tendo sido feita a consulta no *site* http://www.boconline.co.uk/internet.lg.lg.gbr/en/images/laser-cutting410_39553.pdf?v=2.0 [Acedido em 4 de Agosto de 2016].

[22] Figueiredo, D.; Nunes, N.; Marques, R.; “Concepção de Alguns Componentes de um Kart”, pp. 19, 41-42, 45; Processos Industriais de Produção II; Licenciatura em Engenharia e Gestão Industrial, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Leiria, 2005.

[23] ESAB Knowledge Center, “What Is The Best Value – Plasma, Laser, or Waterjet?”, 2013, tendo sido feita a consulta no *site* <http://www.esabna.com/us/en/education/blog/what-is-the-best-value-plasma-laser-or-waterjet.cfm> [Acedido em 5 de Agosto de 2016].

- [24] *FABShop – Magazine Direct*; “*Laser vs. Waterjet*”, 2014, tendo sido feita a consulta no *site* <http://www.fsmdirect.com/cutting/86-laser-vs-waterjet> [Acedido em 5 de Agosto de 2016].
- [25] *BLM Group*; “*Máquinas de Corte a Laser de CO2 – LT8*”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://www.blmgroup.com/pt/produtos/corte-laser/co2/lt8.aspx> [Acedido em 5 de Agosto de 2016].
- [26] *Direct Industry*; “*Máquina de Corte Laser / Laser 3D / de Tubo / CNC – LT8*”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://www.directindustry.com/pt/prod/blm-group/product-6136-465917.html> [Acedido em 5 de Agosto de 2016].
- [27] *Bell Laser LLC*; “*Bristol Series – Metal Cutters*”, tendo sido feita a consulta no *site* http://www.2laser.com/bristol_series_-_metal_cutters [Acedido em 6 de Agosto de 2016].
- [28] Rodrigues, J.; Martins, P.; “*Tecnologia Mecânica – Tecnologia da Deformação Plástica*”, pp. 601, 606, 608-610; Volume II – *Aplicações Industriais*; Escolar Editora; ISBN: 972-592-185-2.
- [29] Moro, N.; Auras, A. P.; “*Processos de Fabricação*”, p. 25; 2006, tendo sido feita a consulta no *site* http://norbertocefetsc.pro.br/downloads/pfb_conformacaoii.pdf [Acedido em 11 de Março de 2016].
- [30] Lei, G.; Xiaona, L.; “*Study on The Process of Thin-walled Titanium Alloy Tube Bending*”, p. 1472; *Procedia Engineering* 99, 2015.
- [31] FSIPLeiria – Portugal; “*2015 Cost Report*”, pp. 40-41, 2015.
- [32] *Tracto-Technik – System Technology*; “*Tecnologia em Máquinas & Soluções para a Perfeita Fabricação de Tubos*”, p. 1, 2009, tendo sido feita a consulta no *site* <http://www.jotaflex.com.br/publicas/arquivos/download.php?file=fcf644da4007e1a013fba6e87d5db05d1maquinas%20para%20curvar%20tubos%20-%20Tracto-Technik%20-%20Jotaflex.pdf> [Acedido em 6 de Agosto de 2016].

[33] Borges, M.; “*Soldagem*”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://mmborges.com/processos/Uniao/uniao%20termica%20-%20soldagem.htm> [Acedido em 6 de Agosto de 2016].

[34] Tathgir, S.; Bhattacharya, A.; “*Activated-TIG Welding of Different Steels: Influence of Various Flux and Shielding Gas*”, p. 335; *Materials and Manufacturing Processes*, 31, Taylor & Francis Group, 2016.

[35] Tathgir, S.; Bhattacharya, A.; Bera, T. K.; “*Influence of Current and Shielding Gas in TiO₂ Flux Activated TIG Welding on Different Graded Steels*”, p. 1115; *Materials and Manufacturing Processes*, 30, Taylor & Francis Group, 2015.

[36] Acetatos das Aulas de Tecnologias e Processos de Fabrico, “*Processos de Ligação – Soldadura por Arco Elétrico*”, pp. 14-27, 29-30; Licenciatura em Engenharia Automóvel, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Leiria, 2011.

[37] Santos, J. F. O.; Quintino, L.; “*Processos de Soldadura*”, pp. 92, 95-96, 106-107, 124-125, 146, 185; Volume I; Edições Técnicas do Instituto de Soldadura e Qualidade; ISBN: 972-9228-17-5.

[38] “*Processo de Soldadura TIG – 141*”, pp. 20-21, tendo sido feita a consulta no *site* http://in3.dem.ist.utl.pt/mscdesign/01tecmec/notas4_a.pdf [Acedido em 22 de Março de 2016].

[39] DBC *Oxigênio – Guias & Tutoriais*; “*Vantagens e Limitações do Processo de Soldagem TIG*”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://guias.oxigenio.com/vantagens-e-limitacoes-do-processo-de-soldagem-tig> [Acedido em 22 de Março de 2016].

[40] DBC *Oxigênio – Guias & Tutoriais*; “*Segurança X Soldagem TIG*”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://guias.oxigenio.com/seguranca-x-soldagem-tig> [Acedido em 22 de Março de 2016].

[41] ESAB BR; “*Apostila de Soldagem MIG/MAG*”, pp. 3-8, 15, 17, 23-28; 2005; tendo sido feita a consulta no *site* http://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/1901104rev0_apostilasoldagemmigmag_low.pdf [Acedido em 20 de Maio de 2016].

[42] Silva, F.; “Soldadura Robotizada com Tecnologia CMT”, pp. 15, 22; Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Instituto Politécnico de Setúbal, 2015, tendo sido feita a consulta no *site* <http://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/8151/1/MEP%20-%20PFII%20-%20Soldadura%20Robotizada%20com%20Tecnologia%20CMT.pdf> [Acedido em 21 de Maio de 2016].

[43] Franco, V.; “3. Processos de Soldadura e Corte Térmico”, pp. 28, 55; Tecnologia Mecânica; Licenciatura em Engenharia de Máquinas Marítimas, Escola Superior Náutica Infante D. Henrique, 2010, tendo sido feita a consulta no *site* http://www.enautica.pt/publico/professores/vfranco/introducao-processos-soldadura_2010.pdf [Acedido em 17 de Maio de 2016].

[44] “Processo MIG/MAG – 131/135”, pp. 9, 21; tendo sido feita a consulta no *site* http://in3.dem.ist.utl.pt/mscdesign/01tecmecc/notas4_b.pdf [Acedido em 22 de Maio de 2016].

[45] DBC Oxigênio – Guias & Tutoriais; “Segurança X *Soldagem* MIG/MAG”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://guias.oxigenio.com/seguranca-x-soldagem-migmag> [Acedido em 22 de Maio de 2016].

[46] *Modenesi*; “Técnica Operatória da *Soldagem* TIG”, p. 4; tendo sido feita a consulta no *site* http://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/pratica_gtaw.pdf [Acedido em 23 de Maio de 2016].

[47] *Infosolda* 4.0; “Processo MIG/MAG – Parâmetros de *Soldagem*”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://www.infosolda.com.br/biblioteca-digital/livros-senai/processos/174-processo-mig-mag-parametros-desoldagem.html> [Acedido em 15 de Julho de 2016].

[48] *Modenesi*; “Técnica Operatória da *Soldagem* GMAW”, p. 4; tendo sido feita a consulta no *site* http://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/pratica_gmaw.pdf [Acedido em 24 de Maio de 2016].

[49] Andrade, B.; “A Arte da Pintura Automóvel”, 2016, tendo sido feita a consulta no *site* <http://www.vilauto.com/a-arte-da-pintura-automovel/#.WDWHkmB77IU> [Acedido em 23 de Novembro de 2016].

[50] *Spies Hecker*; “Substratos – Preparação para Pintura”, pp. 1, 4; CV Ficha Técnica nº PT/110.2/01; 2015, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_2/DOC/DATA/TDS/PT/PT%20SYS_110_2N.pdf [Acedido em 21 de Novembro de 2016].

[51] Mangualde – *PSA Peugeot Citroën*; “Pintura”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://www.mangualde.psa-peugeot-citroen.com/index.php?id=762> [Acedido em 24 de Novembro de 2016].

[52] *Velez, A. G.*; “Veículos: Um Acabamento para Cada Ocasão”, p. 2; 2011, tendo sido feita a consulta no *site* <http://pt.inpralatina.com/201105242111/articulos/acabados-de-pinturas/automoviles-un-acabado-para-cada-ocasion/all-pages.html> [Acedido em 24 de Novembro de 2016].

[53] Feliciano, E.; “Proteção Individual na Oficina”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://clubedasoficinas.com.br/2012/01/protecao-individual-na-oficina/> [Acedido em 24 de Novembro de 2016].

[54] *Spies Hecker*; “*Permacron® Matt Clear Coat 8085*”, pp. 3-5; RA Ficha Técnica nº PT/8085A.1; 2016, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_2/DOC/DATA/TDS/PT/PT%208085A.pdf [Acedido em 5 de Dezembro de 2016].

[55] *Spies Hecker*; “*Permacron® Base Bicamada 293*”, pp. 2-4; RA Ficha Técnica nº PT/0293/00; 2015, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_2/DOC/DATA/TDS/PT/PT%200293A.pdf [Acedido em 5 de Dezembro de 2016].

[56] *Spies Hecker*; “*Priomat® Wash Primer 1K 4085.*”, pp. 1-4; RA Ficha Técnica nº PT/4085/01; 2015, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_2/DOC/DATA/TDS/PT/PT%204085A.pdf [Acedido em 21 de Novembro de 2016].

[57] *Spies Hecker*; “*Permasolid® HS Clear Coat 8035*”, pp. 3-5; RA Ficha Técnica nº PT/8035A.1; 2016, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_2/DOC/DATA/TDS/PT/PT%208035A.pdf [Acedido em 21 de Novembro de 2016].

[58] *Spies Hecker*; “*Permahyd® Base Bicamada 280.*”, pp. 2-6; RA Ficha Técnica nº PT/0280/03; 2015, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_2/DOC/DATA/TDS/PT/PT%200280A.pdf [Acedido em 21 de Novembro de 2016].

[59] *Eurotax (International) AG*; “*Pintura*”, pp. 428-429; 2001

[60] Gordo, J. M.; Carvalho, I. S.; Lima, J. L. de; Soares, C. G.; “*Modelação de Custos de Corte e Soldadura de Aço em Reparação Naval*”, pp. 2-9; tendo sido feita a consulta no *site* http://www.mar.ist.utl.pt/jgordo/Artigos/X%20Jornadas%20EN%20-%20Modelacao_Custos_act.pdf [Acedido em 18 de Maio de 2016].

[61] *Alibaba.com – Global Trade Starts Here*; “*500W 1000W 2000W Stainless Steel Carbon Steel Iron Metal CNC Fiber Laser Cutting Machine Price for Sale*”, tendo sido feita a consulta no *site* https://www.alibaba.com/product-detail/500W-1000W-2000W-Stainless-steel-carbon_60327209528.html?spm=a2700.7724857.0.0.Ya9r94 [Acedido em 16 de Julho de 2016].

[62] *Ferramenta.pt – Site Dedicado a Soldadura*; “*Máquina de Soldar Great Tool Raptor 1700 Multi MIG/MAG*”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://soldadura.pt/shop/maquina-de-soldar-great-tool-raptor-1700-multi-mig-mag.html> [Acedido em 7 de Junho de 2016].

[63] *Tesko Laser Division*; “*Standard Metal Cutting Processes: Laser Cutting vs. Plasma Cutting*”, tendo sido feita a consulta no *site* http://www.teskolaser.com/laser_cutting2.html [Acedido em 20 de Julho de 2016].

[64] *Air Liquide*; “*Nitrogênio*”, p. 2.7; tendo sido feita a consulta no *site* http://alphagaz.airliquide.com/EuropeanCatalog/Products_Commercial/BR/LPT/PRODC_BR_LPT_Nitrogen.pdf [Acedido em 20 de Julho de 2016].

[65] P., Marcel; “Árgon”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://www.prof2000.pt/users/fabdi/argon.htm> [Acedido em 8 de Junho de 2016].

[66] Universidade da Madeira; “Preços”, tendo sido feita a consulta no *site* http://uei.uma.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=58&lang=pt [Acedido em 20 de Julho de 2016].

[67] Ferramenta Vitalícia – Máquinas e Equipamentos para Indústria; “Botija de Gás *Argon* para *Soltar* a TIG”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://www.ferramentavitalicia.com/contents/pt/p6332.html> [Acedido em 9 de Junho de 2016].

[68] *Modenesi*, P. J.; “Estimativa de Custos em *Soldagem*”, p. 6; 2001, tendo sido feita a consulta no *site* http://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/custo_em_soldagem.pdf [Acedido em 15 de Julho de 2016].

[69] Ferramenta.pt – *Site* Dedicado a Eléctrodos; “*Vandal – 2.5 x 350*”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://eletrodo.pt/shop/index.php/vandal-2-5-x-350.html> [Acedido em 9 de Junho de 2016].

[70] Ferramenta.pt – *Site* Dedicado a Eléctrodos; “*Omnia – 1.6 x 250*”, tendo sido feita a consulta no *site* <http://eletrodo.pt/shop/index.php/electrodos-revestidos/acos-leves-e-baixa-liga/omnia-54/omnia-1-6-x-250.html> [Acedido em 9 de Junho de 2016].

[71] *Spies Hecker*; “Ficha de Dados de Segurança – *Permaloid Silikon Entferner 7799*”, p. 7; Versão 4.0, 2017, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_1/DOC/DATA/SDS/PT/pt/PT_pt_4025331232049_SHC.pdf [Acedido em 31 de Janeiro de 2017].

[72] *Spies Hecker*; “Ficha de Dados de Segurança – *Priomat 1K Wash Primer 4085 Hellgrau / Light Grey*”, p. 8; Versão 4.2, 2017, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_1/DOC/DATA/SDS/PT/pt/PT_pt_4025331235224_SHC.pdf [Acedido em 31 de Janeiro de 2017].

[73] *Spies Hecker*; “Ficha de Dados de Segurança – *Permacron Base Coat 293 Deep Black Ca.Ral 9005*”, p. 8; Versão 5.0, 2017, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_1/DOC/DATA/SDS/PT/pt/PT_pt_4025331204343_SHC.pdf [Acedido em 31 de Janeiro de 2017].

[74] *Spies Hecker*; “Ficha de Dados de Segurança – *Permacron Supercryl Verduennung 3054*”, p. 8; Versão 4.0, 2017, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_1/DOC/DATA/SDS/PT/pt/PT_pt_4025331228202_SHC.pdf [Acedido em 31 de Janeiro de 2017].

[75] *Spies Hecker*; “Ficha de Dados de Segurança – *Permacron Matt Klarlack 8085*”, p. 9; Versão 5.0, 2017, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_1/DOC/DATA/SDS/PT/pt/PT_pt_4025331224136_SHC.pdf [Acedido em 31 de Janeiro de 2017].

[76] *Spies Hecker*; “Ficha de Dados de Segurança – *Permasolid HS Haerter 3310*”, p. 8; Versão 5.0, 2017, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_1/DOC/DATA/SDS/PT/pt/PT_pt_4025331226406_SHC.pdf [Acedido em 31 de Janeiro de 2017].

[77] *Spies Hecker*; “Ficha de Dados de Segurança – *Permacron Verdiinnung 3380*”, p. 7; Versão 4.0, 2017, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_1/DOC/DATA/SDS/PT/pt/PT_pt_4025331236849_SHC.pdf [Acedido em 31 de Janeiro de 2017].

[78] *Spies Hecker*; “Ficha de Dados de Segurança – *Permahyd Basecoat Series 280 (Excl)*”, p. 7; Versão 6.0, 2017, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_1/DOC/DATA/SDS/PT/pt/PT_pt_4025331903130_SHC.pdf [Acedido em 1 de Fevereiro de 2017].

[79] *Spies Hecker*; “Ficha de Dados de Segurança – *Permahyd Demineralised Water 6000*”, p. 5; Versão 2.4, 2017, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_1/DOC/DATA/SDS/PT/pt/PT_pt_4025331465836_SHC.pdf [Acedido em 1 de Fevereiro de 2017].

[80] *Spies Hecker*; “Ficha de Dados de Segurança – *Permahyd Silikon Entferner 7080*”, p. 7; Versão 4.0, 2017, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_1/DOC/DATA/SDS/PT/pt/PT_pt_4025331462378_SHC.pdf [Acedido em 1 de Fevereiro de 2017].

[81] *Spies Hecker*; “Ficha de Dados de Segurança – *37580351 C5LT PS HS Clearcoat 8035*”, p. 8; Versão 5.0, 2017, tendo sido feita a consulta no *site* http://sdstds.shcolor.info/Resources/ds_1/DOC/DATA/SDS/PT/pt/PT_pt_4025331236313_SHC.pdf [Acedido em 1 de Fevereiro de 2017].

[82] *3M*; “Tabela de Preços 2017”, p. 1; 2017, tendo sido feita a consulta no *site* http://www.asborrego.pt/uploads/3M%20Tabela%20Preços%202017%20Portugal_.pdf [Acedido em 1 de Fevereiro de 2017].

[83] Fernandes, A. E.; Silva, P. C. C.; “Equipamento de Lavagem por Ultrassons”, p. 61-62; Projeto Final da UC de Conceção e Licenciamento de Unidades Industriais; Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Leiria, 2015.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexos

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexo 1 – Lista de Peças e de Materiais

Tabela A.1 – Lista de Peças e de Materiais do FSIPLeia

QTD.	Designação em Português	Designação em Inglês	Nº Norma /Desenho	Material	Nº Ref.	Massa Unitária	Obs.
1	Chassis_V22_DC&MS	<i>Chassis_V22_DC&MS</i>	FSG-15-080-FR-A3002-AA	Fibra de Carbono	A3002	40303,04 g	Produzir
1	Motor	<i>Engine</i>	FSG-15-080-EN-20101-AA		20101	58655,79 g	Comprado
1	Diferencial	<i>Differential</i>	FSG-15-080-EN-A2007-AA		A2007	11236,05 g	Comprado
6	Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	<i>Head Screw with Hexagonal Cylindrical Internal M8x35</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		2,669 g	Comprado
4	Porca Hexagonal de Binário Prevalente - Estilo 1-2	<i>Prevailing Torque Hexagonal Nut - Style 1-2</i>	DIN EN ISO 7040	Aço Inoxidável		18,29 g	Comprado
1	Sistema de Escape	<i>Exhaust System</i>	FSG-15-080-EN-A2003-AA		A2003	4297,07 g	Comprado
8	Parafuso de Cabeça Hexagonal M8	<i>Hexagonal Head Screw M8</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		1,3221 g	Comprado
1	Depósito de Combustível	<i>Fuel Tank</i>	FSG-15-080-EN-20504-AA	Alumínio	20504	1892,06 g	Comprado
4	Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	<i>Head Screw with Hexagonal Cylindrical Internal M8x35</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		2,669 g	Comprado

1	Linha de Combustível - Entrada e Retorno	<i>Fuel Line - Input and Return (Fuel Lines)</i>	FSG-15-080-EN-20506-AA		20506		Comprado
1	Bateria de Lítio Aliant X2	<i>Lithium Battery Aliant X2</i>	FSG-15-080-EL-40101-AA		40101	832,74 g	Comprado
1	Corpo da Caixa de Direção	<i>Steering Gearbox Body</i>	FSG-15-080-ST-60102-AA	Alumínio	60102	184,71 g	Comprado
1	Casquilho Central da Caixa de Direção	<i>Central Bushing Steering Gearbox</i>	FSG-15-080-ST-60121-AA	Aço Inoxidável	60121	2,43 g	Comprado
2	Casquilho INA/FAG EGB2025-E40	<i>Bush INA/FAG EGB2025-E40</i>	FSG-15-080-ST-60122-AA	Aço Inoxidável	60122	19,29 g	Comprado
1	Direção de Pinhão e Cremalheira 125mm	<i>Steering Rack and Pinion 125mm</i>	FSG-15-080-ST-60101-AA	Alumínio	60101	172,534 g	Comprado
1	Parafuso de Apoio, Bola, sem Cabeça, com Porca Hexagonal	<i>Support Screw, Ball, Without Head, Hexagonal Socket</i>	FSG-15-080-ST-60123-AA	Aço Inoxidável	60123	0,11 g	Comprado
1	Porca Hexagonal de Binário Prevalente Inserção Fina M6	<i>Prevailing Torque Hexagonal Nut Thin Insert M6</i>	DIN EN ISO 10511	Aço Inoxidável		0,345 g	Comprado
1	Pinhão de 24 Dentes	<i>Pinion 24 Teeth</i>	FSG-15-080-ST-60124-AA	Alumínio	60124	83,613 g	Comprado
1	Casquilho INA/FAG EGB1610-E40 – 01	<i>Bush INA/FAG EGB1610-E40 – 01</i>	FSG-15-080-ST-60125-AA	Aço Inoxidável	60125	4,00 g	Comprado
1	Tampa da Caixa de Direção	<i>Cover Steering Gearbox</i>	FSG-15-080-ST-60126-AA	Alumínio	60126	30,23 g	Comprado
2	Casquilho INA/FAG EGB1610-E40	<i>Bush INA/FAG EGB1610-E40</i>	FSG-15-080-ST-60127-AA	Aço Inoxidável	60127	4,00 g	Comprado

4	Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno	<i>Head Screw with Hexagonal Cylindrical Internal</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		0,285 g	Comprado
2	Chumaceira Inferior	<i>Lower Bearing</i>	FSG-15-080-ST-60128-AA	Alumínio (Anodizado)	60128	28,09 g	Comprado
2	Chumaceira Superior	<i>Upper Bearing</i>	FSG-15-080-ST-60129-AA	Alumínio (Anodizado)	60129	17,41 g	Comprado
4	Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	<i>Head Screw with Hexagonal Cylindrical Internal M8x35</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		2,669 g	Comprado
2	Batente Inferior da Suspensão Frontal	<i>Lower Stop Front Suspension</i>	FSG-15-080-ST-60111-AA	Alumínio	60111	14,01 g	Comprado
2	Rótula da Caixa de Direção	<i>Ball Socket Steering Gearbox</i>	FSG-15-080-ST-60112-AA	Aço	60112	16,46 g	Comprado
2	Porca Hexagonal de Binário Prevalente de Inserção-Estilo 1	<i>Prevailing Torque Hexagonal Nut Insert - Style 1</i>	DIN EN ISO 7040	Aço Inoxidável		0,95 g / 23,36 g	Comprado
4	Porca Hexagonal de Binário Prevalente - Estilo 1-2 M8	<i>Prevailing Torque Hexagonal Nut - Style 1-2 M8</i>	DIN EN ISO 7040	Aço Inoxidável		18,29 g	Comprado
1	Veio da Coluna de Direção	<i>Steering Column Spindle</i>	FSG-15-080-ST-60131-AA		60131	9,57 g	Comprado
1	Coluna de Direção e Eixo	<i>Steering Column and Shaft</i>	FSG-15-080-ST-60103-AA		60103	24,03 g	Comprado
1	Junta Cardan	<i>Board Cardan</i>	FSG-15-080-ST-60132-AA	Aço	60132	6,14 g	Comprado
1	Adaptador para Cubo	<i>Adapter for Hub</i>	FSG-15-080-ST-60133-AA	Alumínio (Anodizado)	60133	73,54 g	Comprado

1	Suporte em U	<i>U-Bracket</i>	FSG-15-080-ST-60134-AA	Aço	60134	85,96 g	Comprado
1	Rolamento de Esferas INA/FAG 4203-B-TVH	<i>Deep Groove Ball Bearing INA/FAG 4203-B-TVH</i>	DIN 625-3	Aço		90 g	Comprado
1	Anel de Retenção Externo Invertido	<i>Inverted External Retaining Ring</i>	FSG-15-080-ST-60135-AA	Aço	60135	0,090 g	Comprado
4	Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	<i>Head Screw with Hexagonal Cylindrical Internal M8x35</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		2,669 g	Comprado
4	Porca Hexagonal de Binário Prevalente - Estilo 1-2	<i>Prevailing Torque Hexagonal Nut - Style 1-2</i>	DIN EN ISO 7040	Aço Inoxidável		18,29 g	Comprado
1	Volante	<i>Steering Wheel</i>	FSG-15-080-ST-60103-AA	Fibra de Carbono Epoxy / Cortiça	60103	283,35 g	Comprado
1	Base da Pedaleira	<i>Pedal Box Base</i>	FSG-15-080-FR-30104-AA	Aço	30104	948,37 g	Comprado
2	Bomba Principal	<i>Master Cylinder</i>	FSG-15-080-FR-30105-AA	Alumínio	30105	158,70 g	Comprado
4	Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	<i>Head Screw with Hexagonal Cylindrical Internal M8x35</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		2,669 g	Comprado
4	Porca Hexagonal de Binário Prevalente - Estilo 1-2	<i>Prevailing Torque Hexagonal Nut - Style 1-2</i>	DIN EN ISO 7040	Aço Inoxidável		18,29 g	Comprado
1	Pedal de Embraiagem	<i>Clutch Pedal</i>	FSG-15-080-FR-30103-AA	Alumínio	30103	183,92 g	Comprado

1	Capa do Pedal de Embraiagem	<i>Clutch Pedal Cover</i>	FSG-15-080-FR-30106-AA	Alumínio	30106	79,58 g	Comprado
1	Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	<i>Head Screw with Hexagonal Cylindrical Internal M8x35</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		2,669 g	Comprado
1	Porca Hexagonal de Binário Prevalente - Estilo 1-2	<i>Prevailing Torque Hexagonal Nut - Style 1-2</i>	DIN EN ISO 7040	Aço Inoxidável		18,29 g	Comprado
1	Pedal de Travão	<i>Brake Pedal</i>	FSG-15-080-FR-30102-AA	Alumínio	30102	211,04 g	Comprado
1	Capa do Pedal de Travão	<i>Brake Pedal Cover</i>	FSG-15-080-FR-30107-AA	Alumínio	30107	79,58 g	Comprado
1	Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	<i>Head Screw with Hexagonal Cylindrical Internal M8x35</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		2,669 g	Comprado
1	Porca Hexagonal de Binário Prevalente - Estilo 1-2	<i>Prevailing Torque Hexagonal Nut - Style 1-2</i>	DIN EN ISO 7040	Aço Inoxidável		18,29 g	Comprado
1	Pedal de Acelerador	<i>Gas Pedal</i>	FSG-15-080-FR-30101-AA	Alumínio	30101	206,63 g	Comprado
1	Capa do Pedal de Acelerador	<i>Gas Pedal Cover</i>	FSG-15-080-FR-30108-AA	Alumínio	30108	79,58 g	Comprado
1	Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	<i>Head Screw with Hexagonal Cylindrical Internal M8x35</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		2,669 g	Comprado
1	Porca Hexagonal de Binário Prevalente - Estilo 1-2	<i>Prevailing Torque Hexagonal Nut - Style 1-2</i>	DIN EN ISO 7040	Aço Inoxidável		18,29 g	Comprado
1	Atenuador de Impacto	<i>Impact Attenuator</i>	FSG-15-080-FR-A3004-AA	Alumínio	A3004	597,76 g	Comprado
4	<i>Rocker</i>	<i>Rocker (Bell Crank)</i>	FSG-15-080-SU-70101-AA	Alumínio	70101	100,42 g	Comprado
8	Parafuso de Cabeça Cilíndrica	<i>Head Screw with Hexagonal</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		2,669 g	Comprado

	com Sextavado Interno M8x35	<i>Cylindrical Internal M8x35</i>					
8	Porca Hexagonal de Binário Prevalente - Estilo 1-2	<i>Prevailing Torque Hexagonal Nut - Style 1-2</i>	DIN EN ISO 7040	Aço Inoxidável		18,29 g	Comprado
8	Rolamento Axial de Agulhas e Esferas INA/FAG NX10-Z	<i>Needle Roller/Axial Ball Bearing INA/FAG NX10-Z</i>	FSG-15-080-SU-70103-AA	Aço	70103	2,60 g	Comprado
16	Espaçador Rocker 8.4	<i>Rocker Spacer 8.4 (Pullrod/Rocker Spacer)</i>	FSG-15-080-SU-70102-AA	Alumínio	70102	1,55 g	Comprado
4	Amortecedor	<i>Damper</i>	FSG-15-080-SU-70602-AA		70602	843,03 g	Comprado
4	Mola de Amortecedor	<i>Spring Damper</i>	FSG-15-080-SU-70603-AA	Alumínio (Anodizado)	70603	13,42 g	Comprado
8	Tubo de Braço de Suspensão – Superior	<i>Suspension Arm Tube - Upper (Carbon Fiber Tube)</i>	FSG-15-080-SU-70206-AA	Fibra de Carbono Epoxy	70206	33,84 g	Comprado
4	Suporte Rótula do Braço de Suspensão Superior	<i>Ball Socket Support Upper Suspension Arm (Upper A)</i>	FSG-15-080-SU-70201-AA	Alumínio	70201	79,63 g	Comprado
4	Rótula Radial INA/FAG GE10-DO	<i>Radial Spherical Plain Bearing INA/FAG GE10-DO (A-arm / Upright Spacers)</i>	FSG-15-080-SU-70205-AA	Aço	70205	1,46 g	Comprado
8	Inserção Inferior do Tubo de Braço de Suspensão	<i>Lower Insertion Tube Suspension Arm (A-arm Inserts)</i>	FSG-15-080-SU-70204-AA	Alumínio	70204	1,93 g	Comprado

8	Cabeça Articulada INA/FAG GAR8-DO	<i>Rod End INA/FAG GAR8-DO</i>	DIN ISO 12 240-4	Aço		4,23 g	Comprado
8	Porca Hexagonal de Binário Prevalente	<i>Prevailing Torque Hexagonal Nut</i>	DIN EN ISO 7040	Aço Inoxidável		0,61 g	Comprado
4	Tubo de Braço de Suspensão – Intermédio	<i>Suspension Arm Tube - Medium (Carbon Fiber Tube)</i>	FSG-15-080-SU-70206-AA	Fibra de Carbono Epoxy	70206	27,35 g	Comprado
8	Inserção do Tubo de Braço de Suspensão Intermédio	<i>Insertion Tube Suspension Arm - Medium (Pullrod/Trackrod Insert)</i>	FSG-15-080-SU-70401-AA	Alumínio	70401	9,70 g	Comprado
8	Cabeça Articulada INA/FAG GIL8-DO	<i>Rod End INA/FAG GIL8-DO</i>	DIN ISO 12 240-4	Aço		5,08 g	Comprado
8	Porca Hexagonal Fina de Grau Chanfrado M8	<i>Hexagonal Thin Nut Chamfered Gradeab M8</i>	ISO 4035	Aço Inoxidável		0,43 g	Comprado
2	Tubo de Braço de Suspensão – Lateral	<i>Suspension Arm Tube - Side (Carbon Fiber Tube)</i>	FSG-15-080-SU-70206-AA	Fibra de Carbono Epoxy	70206	24,19 g	Comprado
4	Inserção do Tubo de Braço de Suspensão Lateral	<i>Insertion Tube Suspension Arm - Side (Pullrod/Trackrod Insert)</i>	FSG-15-080-SU-70401-AA	Alumínio	70401	9,70 g	Comprado
4	Cabeça Articulada INA/FAG	<i>Rod End INA/FAG GIL8-DO</i>	DIN ISO 12 240-4	Aço		5,08 g	Comprado

	GIL8-DO						
4	Porca Hexagonal Fina de Grau Chanfrado	<i>Hexagonal Thin Nut Chamfered Gradeab</i>	ISO 4035	Aço Inoxidável		19,33 g	Comprado
8	Tubo de Braço de Suspensão – Inferior	<i>Suspension Arm Tube - Lower (Carbon Fiber Tube)</i>	FSG-15-080-SU-70206-AA	Fibra de Carbono Epoxy	70206	44,64 g / 45,63 g	Comprado
4	Suporte Rótula do Braço de Suspensão Inferior	<i>Ball Socket Support Lower Suspension Arm (Lower A)</i>	FSG-15-080-SU-70301-AA	Alumínio	70301	9,09 g	Comprado
4	Rótula Radial INA/FAG GE10-DO	<i>Radial Spherical Plain Bearing INA/FAG GE10-DO (A-arm / Upright Spacers)</i>	FSG-15-080-SU-70205-AA	Aço	70205	1,46 g	Comprado
8	Inserção Inferior do Tubo de Braço de Suspensão	<i>Lower Insertion Tube Suspension Arm (A-arm Inserts)</i>	FSG-15-080-SU-70204-AA	Alumínio	70204	1,93 g	Comprado
8	Cabeça Articulada INA/FAG GAR8-DO	<i>Rod End INA/FAG GAR8-DO</i>	DIN ISO 12 240-4	Aço		4,23 g	Comprado
8	Porca Hexagonal de Binário Prevalente	<i>Prevailing Torque Hexagonal Nut</i>	DIN EN ISO 7040	Aço Inoxidável		0,61 g	Comprado
4	Manga de Eixo	<i>Axle Sleeve (Upright)</i>	FSG-15-080-SU-70801-AA	Ferro	70801	1106,44 g	Comprado
4	Rolamento de Esferas INA/FAG 6010-2RSR	<i>Deep Groove Ball Bearing INA/FAG 6010-2RSR</i>	FSG-15-080-WT-80202-AA	Aço	80202	39,10 g	Comprado

4	Rolamento de Esferas INA/FAG S6009-2RSR	<i>Deep Groove Ball Bearing INA/FAG S6009-2RSR</i>	FSG-15-080-WT-80202-AA	Aço	80202	30,84 g	Comprado
4	Apoio Rótula Superior	<i>Upper Ball Socket Support (Upper Support)</i>	FSG-15-080-SU-70802-AA	Plástico	70802	28,23 g	Comprado
4	Calço Estático	<i>Shim Static</i>	FSG-15-080-SU-70805-AA	Plástico	70805	7,73 g	Comprado
8	Parafuso de Cabeça Hexagonal M6	<i>Hexagonal Head Screw M6</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		1,3221 g	Comprado
8	Espaçador 7.9	<i>Spacer 7.9</i>	FSG-15-080-SU-70806-AA	Alumínio (Anodizado)	70806	2,84 g	Comprado
12	Parafuso de Cabeça Hexagonal	<i>Hexagonal Head Screw</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		1,3221 g	Comprado
4	Apoio Track	<i>Track Support (Trackrod Support)</i>	FSG-15-080-SU-70804-AA	Plástico	70804	25,14 g	Comprado
8	Espaçador 7.8 - Interior Suporte Caixa de Direção	<i>Spacer 7.8 - Interior Support Steering Gear</i>	FSG-15-080-SU-70807-AA	Alumínio (Anodizado)	70807	1,79 g	Comprado
12	Parafuso de Cabeça Hexagonal	<i>Hexagonal Head Screw</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		1,3221 g	Comprado
4	Porca Hexagonal de Binário Prevalente - Estilo 1-2	<i>Prevailing Torque Hexagonal Nut - Style 1-2</i>	DIN EN ISO 7040	Aço Inoxidável		18,29 g	Comprado
8	Espaçador 7.9	<i>Spacer 7.9</i>	FSG-15-080-SU-70806-AA	Alumínio (Anodizado)	70806	2,84 g	Comprado
4	Parafuso de Cabeça Hexagonal	<i>Hexagonal Head Screw</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		1,3221 g	Comprado

4	Cubo de Roda	<i>Wheel Hub (Hubs)</i>	FSG-15-080-WT-80203-AA		80203	1014,84 g	Comprado
4	Kit de Cones de Jante	<i>Kit Wheel Cones (Hubs Studs)</i>	FSG-15-080-WT-80204-AA	Plástico	80204	5,00 g	Comprado
4	Disco de Travão	<i>Brake Disc</i>	FSG-15-080-BR-10101-AA	Aço	10101	1202,23 g	Comprado
16	Apoio Disco de Travão	<i>Brake Disc Support</i>	FSG-15-080-BR-10108-AA	Cobre	10108	0,59 g	Comprado
16	Parafuso de Cabeça Hexagonal	<i>Hexagonal Head Screw</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		56,31 g	Comprado
4	Porca Central de Segurança	<i>Center Lock Nut</i>	FSG-15-080-WT-80201-AA	Aço	80201	478,03 g	Comprado
4	Anilha de Segurança do Cubo de Roda	<i>Wheel Hub Lock Washer</i>	FSG-15-080-WT-80206-AA	Aço	80206	1,87 g	Comprado
4	Porca de Segurança do Cubo de Roda	<i>Wheel Hub Lock Nut</i>	FSG-15-080-WT-80205-AA	Aço	80205	16,66 g	Comprado
4	Suporte da Pinça de Travão	<i>Caliper Support</i>	FSUK-15-080-SU-70803-AA	Metal	70803	29,80 g	Comprado
8	Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno	<i>Head Screw with Hexagonal Cylindrical Internal</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		1,32 g	Comprado
4	Pinça de Travão	<i>Caliper Brake</i>	FSG-15-080-BR-10106-AA	Plástico / Alumínio	10106	115,82 g	Comprado
8	Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno	<i>Head Screw with Hexagonal Cylindrical Internal</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		2,669 g	Comprado
1	Banco	<i>Seat</i>	FSG-15-080-MS-50101-AA	Fibra de Carbono	50101	8534,70 g	Comprado
1	Encosto de Cabeça	<i>Head Restraint</i>	FSG-15-080-MS-50104-AA	Borracha	50104	1155,48 g	Comprado

2	Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	<i>Head Screw with Hexagonal Cylindrical Internal M8x35</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		2,669 g	Comprado
2	Porca Hexagonal de Binário Prevalente - Estilo 1-2	<i>Prevailing Torque Hexagonal Nut - Style 1-2</i>	DIN EN ISO 7040	Aço Inoxidável		18,29 g	Comprado
1	Difusor	<i>Diffuser</i>	FSG-15-080-FR-A3007-AA	Fibra de Carbono Epoxy	A3007	7963,46 g	Comprado
1	Carenagem	<i>Careen</i>	FSG-15-080-FR-A3003-AA		A3003	18755,89 g	Comprado
1	Carenagem Lateral Esquerda	<i>Left Sidepod</i>	FSG-15-080-FR-30307-AA		30307	9055,27 g	Comprado
1	Carenagem Lateral Direita	<i>Right Sidepod</i>	FSG-15-080-FR-30308-AA		30308	9055,27 g	Comprado
1	Asa Frontal	<i>Front Wing</i>	FSG-15-080-FR-A3005-AA	Fibra de Carbono Epoxy	A3005	12710 g	Comprado
1	Asa Traseira	<i>Rear Wing</i>	FSG-15-080-FR-A3006-AA	Fibra de Carbono Epoxy	A3006	40989,03 g	Comprado
4	Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	<i>Head Screw with Hexagonal Cylindrical Internal M8x35</i>	DIN 912 / ISO 4762	Aço 8.8		2,669 g	Comprado
4	Porca Hexagonal de Binário Prevalente - Estilo 1-2	<i>Prevailing Torque Hexagonal Nut - Style 1-2</i>	DIN EN ISO 7040	Aço Inoxidável		18,29 g	Comprado

4	Roda CAMAC	<i>Wheel CAMAC (Wheels Assembly)</i>	FSG-15-080-WT-A8001-AA	Borracha / Magnésio	A8001	6798,66 g	Comprado
---	------------	--------------------------------------	------------------------	---------------------	-------	-----------	----------

Anexo 2 – Análise ABC

Tabela A.2 – Análise ABC do FSIPLeia

Designação	Nº Norma / Desenho	QTD.	Custos em Dólares		Custos em Euros		Percentagem	Percentagem Acumulada	Tipo
			Unitário	Total	Unitário	Total			
Motor	FSG-15-080-EN-20101-AA	1	\$1.500,00	\$1.500,00	1.417,95 €	1.417,95 €	16,940%	16,940%	A
Amortecedor	FSG-15-080-SU-70602-AA	4	\$300,00	\$1.200,00	283,59 €	1.134,36 €	13,552%	30,492%	A
Roda CAMAC	FSG-15-080-WT-A8001-AA	4	\$224,76	\$899,04	212,47 €	849,86 €	10,153%	40,646%	A
Rolamento de Esferas INA/FAG S6009-2RSR	FSG-15-080-WT-80202-AA	4	\$223,88	\$895,52	211,63 €	846,54 €	10,114%	50,759%	A
Cubo de Roda	FSG-15-080-WT-80203-AA	4	\$128,06	\$512,24	121,06 €	484,22 €	5,785%	56,544%	A
Manga de Eixo	FSG-15-080-SU-70801-AA	4	\$65,17	\$260,68	61,61 €	246,42 €	2,944%	59,488%	A
Banco	FSG-15-080-MS-50101-AA	1	\$220,67	\$220,67	208,60 €	208,60 €	2,492%	61,980%	A
Pinça de Travão	FSG-15-080-BR-10106-AA	4	\$51,45	\$205,80	48,64 €	194,54 €	2,324%	64,305%	A
Diferencial	FSG-15-080-EN-A2007-AA	1	\$176,31	\$176,31	166,67 €	166,67 €	1,991%	66,296%	A
Carenagem Lateral Esquerda	FSG-15-080-FR-30307-AA	1	\$162,71	\$162,71	153,81 €	153,81 €	1,838%	68,133%	A
Carenagem Lateral Direita	FSG-15-080-FR-30308-AA	1	\$162,71	\$162,71	153,81 €	153,81 €	1,838%	69,971%	A
Volante	FSG-15-080-ST-60103-AA	1	\$143,59	\$143,59	135,74 €	135,74 €	1,622%	71,593%	A
Bomba Principal	FSG-15-080-FR-30105-AA	2	\$65,00	\$130,00	61,44 €	122,89 €	1,468%	73,061%	A

Linha de Combustível - Entrada e Retorno	FSG-15-080-EN-20506-AA	1	\$123,05	\$123,05	116,32 €	116,32 €	1,390%	74,450%	A
Bateria de Lítio Aliant X2	FSG-15-080-EL-40101-AA	1	\$107,50	\$107,50	101,62 €	101,62 €	1,214%	75,664%	A
Tubo de Braço de Suspensão - Superior	FSG-15-080-SU-70206-AA	8	\$12,97	\$103,76	12,26 €	98,08 €	1,172%	76,836%	A
Tubo de Braço de Suspensão - Inferior	FSG-15-080-SU-70206-AA	8	\$12,97	\$103,76	12,26 €	98,08 €	1,172%	78,008%	A
Mola de Amortecedor	FSG-15-080-SU-70603-AA	4	\$25,00	\$100,00	23,63 €	94,53 €	1,129%	79,137%	A
Depósito de Combustível	FSG-15-080-EN-20504-AA	1	\$98,19	\$98,19	92,82 €	92,82 €	1,109%	80,246%	B
Rolamento de Esferas INA/FAG 6010-2RSR	FSG-15-080-WT-80202-AA	4	\$24,12	\$96,48	22,80 €	91,20 €	1,090%	81,336%	B
Disco de Travão	FSG-15-080-BR-10101-AA	4	\$20,00	\$80,00	18,91 €	75,62 €	0,903%	82,239%	B
Coluna de Direção e Eixo	FSG-15-080-ST-60103-AA	1	\$72,47	\$72,47	68,51 €	68,51 €	0,818%	83,058%	B
Base da Pedaleira	FSG-15-080-FR-30104-AA	1	\$69,68	\$69,68	65,87 €	65,87 €	0,787%	83,845%	B
Rocker	FSG-15-080-SU-70101-AA	4	\$16,89	\$67,58	15,97 €	63,88 €	0,763%	84,608%	B
Atenuador de Impacto	FSG-15-080-FR-A3004-AA	1	\$67,46	\$67,46	63,77 €	63,77 €	0,762%	85,370%	B
Carenagem	FSG-15-080-FR-A3003-AA	1	\$66,79	\$66,79	63,14 €	63,14 €	0,754%	86,124%	B
Apoio Disco de Travão	FSG-15-080-BR-10108-AA	16	\$4,07	\$65,19	3,85 €	61,62 €	0,736%	86,860%	B
Porca Central de Segurança	FSG-15-080-WT-80201-AA	4	\$15,80	\$63,20	14,94 €	59,74 €	0,714%	87,574%	B
Suporte da Pinça de Travão	FSUK-15-080-SU-70803-AA	4	\$15,45	\$61,80	14,60 €	58,42 €	0,698%	88,272%	B

Cabeça Articulada INA/FAG GAR8-DO	DIN ISO 12 240-4	8	\$7,00	\$56,00	6,62 €	52,94 €	0,632%	88,904%	B
Cabeça Articulada INA/FAG GIL8-DO	DIN ISO 12 240-4	8	\$7,00	\$56,00	6,62 €	52,94 €	0,632%	89,537%	B
Cabeça Articulada INA/FAG GAR8-DO	DIN ISO 12 240-4	8	\$7,00	\$56,00	6,62 €	52,94 €	0,632%	90,169%	B
Direção de Pinhão e Cremalheira 125mm	FSG-15-080-ST-60101-AA	1	\$52,83	\$52,83	49,94 €	49,94 €	0,597%	90,766%	B
Tubo de Braço de Suspensão - Intermédio	FSG-15-080-SU-70206-AA	4	\$12,97	\$51,88	12,26 €	49,04 €	0,586%	91,352%	B
Suporte em U	FSG-15-080-ST-60134-AA	1	\$51,84	\$51,84	49,00 €	49,00 €	0,585%	91,937%	B
Rolamento Axial de Agulhas e Esferas INA/FAG NX10-Z	FSG-15-080-SU-70103-AA	8	\$5,14	\$41,12	4,86 €	38,87 €	0,464%	92,402%	B
Suporte Rótula do Braço de Suspensão Superior	FSG-15-080-SU-70201-AA	4	\$9,99	\$39,97	9,45 €	37,78 €	0,451%	92,853%	B
Chumaceira Inferior	FSG-15-080-ST-60128-AA	2	\$18,51	\$37,03	17,50 €	35,00 €	0,418%	93,271%	B
Chumaceira Superior	FSG-15-080-ST-60129-AA	2	\$18,51	\$37,03	17,50 €	35,00 €	0,418%	93,689%	B
Apoio Track	FSG-15-080-SU-70804-AA	4	\$9,02	\$36,08	8,53 €	34,11 €	0,407%	94,097%	B
Pedal de Acelerador	FSG-15-080-FR-30101-AA	1	\$33,57	\$33,57	31,74 €	31,74 €	0,379%	94,476%	B

Cabeça Articulada INA/FAG GIL8-DO	DIN ISO 12 240-4	4	\$7,00	\$28,00	6,62 €	26,47 €	0,316%	94,792%	B
Pedal de Travão	FSG-15-080-FR-30102-AA	1	\$27,78	\$27,78	26,26 €	26,26 €	0,314%	95,106%	C
Inserção do Tubo de Braço de Suspensão Intermédio	FSG-15-080-SU-70401-AA	8	\$3,39	\$27,10	3,20 €	25,62 €	0,306%	95,412%	C
Suporte Rótula do Braço de Suspensão Inferior	FSG-15-080-SU-70301-AA	4	\$6,77	\$27,07	6,40 €	25,59 €	0,306%	95,718%	C
Tubo de Braço de Suspensão - Lateral	FSG-15-080-SU-70206-AA	2	\$12,97	\$25,94	12,26 €	24,52 €	0,293%	96,011%	C
Apoio Rótula Superior	FSG-15-080-SU-70802-AA	4	\$6,29	\$25,16	5,95 €	23,78 €	0,284%	96,295%	C
Espaçador Rocker 8.4	FSG-15-080-SU-70102-AA	16	\$1,46	\$23,36	1,38 €	22,08 €	0,264%	96,559%	C
Pedal de Embraiagem	FSG-15-080-FR-30103-AA	1	\$21,43	\$21,43	20,26 €	20,26 €	0,242%	96,801%	C
Porca de Segurança do Cubo de Roda	FSG-15-080-WT-80205-AA	4	\$5,31	\$21,24	5,02 €	20,08 €	0,240%	97,040%	C
Encosto de Cabeça	FSG-15-080-MS-50104-AA	1	\$20,60	\$20,60	19,47 €	19,47 €	0,233%	97,273%	C
Inserção Inferior do Tubo de Braço de Suspensão	FSG-15-080-SU-70204-AA	8	\$2,51	\$20,10	2,37 €	19,00 €	0,227%	97,500%	C
Inserção Inferior do Tubo de Braço de Suspensão	FSG-15-080-SU-70204-AA	8	\$2,51	\$20,10	2,37 €	19,00 €	0,227%	97,727%	C

Junta Cardan	FSG-15-080-ST-60132-AA	1	\$20,00	\$20,00	18,91 €	18,91 €	0,226%	97,953%	C
Veio da Coluna de Direção	FSG-15-080-ST-60131-AA	1	\$18,00	\$18,00	17,02 €	17,02 €	0,203%	98,156%	C
Difusor	FSG-15-080-FR-A3007-AA	1	\$16,95	\$16,95	16,02 €	16,02 €	0,191%	98,348%	C
Rolamento de Esferas INA/FAG 4203-B-TVH	DIN 625-3	1	\$16,00	\$16,00	15,12 €	15,12 €	0,181%	98,528%	C
Inserção do Tubo de Braço de Suspensão Lateral	FSG-15-080-SU-70401-AA	4	\$3,39	\$13,55	3,20 €	12,81 €	0,153%	98,681%	C
Asa Traseira	FSG-15-080-FR-A3006-AA	1	\$13,44	\$13,44	12,70 €	12,70 €	0,152%	98,833%	C
Rótula da Caixa de Direção	FSG-15-080-ST-60112-AA	2	\$5,61	\$11,21	5,30 €	10,60 €	0,127%	98,960%	C
Kit de Cones de Jante	FSG-15-080-WT-80204-AA	4	\$2,12	\$8,48	2,00 €	8,02 €	0,096%	99,056%	C
Pinhão de 24 Dentes	FSG-15-080-ST-60124-AA	1	\$6,25	\$6,25	5,91 €	5,91 €	0,071%	99,126%	C
Corpo da Caixa de Direção	FSG-15-080-ST-60102-AA	1	\$5,98	\$5,98	5,65 €	5,65 €	0,068%	99,194%	C
Rótula Radial INA/FAG GE10- DO	FSG-15-080-SU-70205-AA	4	\$1,48	\$5,91	1,40 €	5,59 €	0,067%	99,260%	C
Rótula Radial INA/FAG GE10- DO	FSG-15-080-SU-70205-AA	4	\$1,48	\$5,91	1,40 €	5,59 €	0,067%	99,327%	C
Batente Inferior da Suspensão Frontal	FSG-15-080-ST-60111-AA	2	\$2,48	\$4,96	2,35 €	4,69 €	0,056%	99,383%	C
Tampa da Caixa de Direção	FSG-15-080-ST-60126-AA	1	\$4,37	\$4,37	4,13 €	4,13 €	0,049%	99,433%	C
Capa do Pedal de Embraiagem	FSG-15-080-FR-30106-AA	1	\$4,21	\$4,21	3,98 €	3,98 €	0,048%	99,480%	C

Capa do Pedal de Travão	FSG-15-080-FR-30107-AA	1	\$4,21	\$4,21	3,98 €	3,98 €	0,048%	99,528%	C
Capa do Pedal de Acelerador	FSG-15-080-FR-30108-AA	1	\$4,21	\$4,21	3,98 €	3,98 €	0,048%	99,575%	C
Asa Frontal	FSG-15-080-FR-A3005-AA	1	\$3,48	\$3,48	3,29 €	3,29 €	0,039%	99,614%	C
Espaçador 7.9	FSG-15-080-SU-70806-AA	8	\$0,38	\$3,00	0,35 €	2,84 €	0,034%	99,648%	C
Espaçador 7.8 - Interior Suporte Caixa de Direção	FSG-15-080-SU-70807-AA	8	\$0,38	\$3,00	0,35 €	2,84 €	0,034%	99,682%	C
Espaçador 7.9	FSG-15-080-SU-70806-AA	8	\$0,38	\$3,00	0,35 €	2,84 €	0,034%	99,716%	C
Adaptador para Cubo	FSG-15-080-ST-60133-AA	1	\$2,83	\$2,83	2,68 €	2,68 €	0,032%	99,748%	C
Casquilho Central da Caixa de Direção	FSG-15-080-ST-60121-AA	1	\$1,94	\$1,94	1,83 €	1,83 €	0,022%	99,770%	C
Calço Estático	FSG-15-080-SU-70805-AA	4	\$0,48	\$1,90	0,45 €	1,80 €	0,021%	99,791%	C
Parafuso de Cabeça Hexagonal M6	DIN 912 / ISO 4762	8	\$0,20	\$1,60	0,19 €	1,51 €	0,018%	99,809%	C
Parafuso de Cabeça Hexagonal	DIN 912 / ISO 4762	16	\$0,10	\$1,60	0,09 €	1,51 €	0,018%	99,828%	C
Parafuso de Cabeça Hexagonal	DIN 912 / ISO 4762	12	\$0,10	\$1,20	0,09 €	1,13 €	0,014%	99,841%	C
Parafuso de Cabeça Hexagonal	DIN 912 / ISO 4762	12	\$0,10	\$1,20	0,09 €	1,13 €	0,014%	99,855%	C
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	8	\$0,14	\$1,12	0,13 €	1,06 €	0,013%	99,867%	C
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	6	\$0,14	\$0,84	0,13 €	0,79 €	0,009%	99,877%	C

Parafuso de Cabeça Hexagonal M8	DIN 912 / ISO 4762	8	\$0,10	\$0,80	0,09 €	0,76 €	0,009%	99,886%	C
Parafuso de Apoio, Bola, sem Cabeça, com Porca Hexagonal	FSG-15-080-ST-60123-AA	1	\$0,71	\$0,71	0,67 €	0,67 €	0,008%	99,894%	C
Sistema de Escape	FSG-15-080-EN-A2003-AA	1	\$0,63	\$0,63	0,60 €	0,60 €	0,007%	99,901%	C
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	4	\$0,14	\$0,56	0,13 €	0,53 €	0,006%	99,907%	C
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	4	\$0,14	\$0,56	0,13 €	0,53 €	0,006%	99,914%	C
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	4	\$0,14	\$0,56	0,13 €	0,53 €	0,006%	99,920%	C
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	4	\$0,14	\$0,56	0,13 €	0,53 €	0,006%	99,926%	C
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	4	\$0,14	\$0,56	0,13 €	0,53 €	0,006%	99,933%	C
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno	DIN 912 / ISO 4762	8	\$0,07	\$0,56	0,07 €	0,53 €	0,006%	99,939%	C
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno	DIN 912 / ISO 4762	8	\$0,07	\$0,56	0,07 €	0,53 €	0,006%	99,945%	C

Parafuso de Cabeça Hexagonal	DIN 912 / ISO 4762	4	\$0,10	\$0,40	0,09 €	0,38 €	0,005%	99,950%	C
Porca Hexagonal de Binário Prevalente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	8	\$0,04	\$0,32	0,04 €	0,30 €	0,004%	99,953%	C
Porca Hexagonal de Binário Prevalente	DIN EN ISO 7040	8	\$0,04	\$0,32	0,04 €	0,30 €	0,004%	99,957%	C
Porca Hexagonal Fina de Grau Chanfrado M8	ISO 4035	8	\$0,04	\$0,32	0,04 €	0,30 €	0,004%	99,961%	C
Porca Hexagonal de Binário Prevalente	DIN EN ISO 7040	8	\$0,04	\$0,32	0,04 €	0,30 €	0,004%	99,964%	C
Casquilho INA/FAG EGB2025-E40	FSG-15-080-ST-60122-AA	2	\$0,14	\$0,29	0,14 €	0,27 €	0,003%	99,967%	C
Casquilho INA/FAG EGB1610-E40	FSG-15-080-ST-60127-AA	2	\$0,14	\$0,29	0,14 €	0,27 €	0,003%	99,971%	C
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	2	\$0,14	\$0,28	0,13 €	0,26 €	0,003%	99,974%	C
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno	DIN 912 / ISO 4762	4	\$0,07	\$0,28	0,07 €	0,26 €	0,003%	99,977%	C
Porca Hexagonal de Binário Prevalente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	4	\$0,04	\$0,16	0,04 €	0,15 €	0,002%	99,979%	C

Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2 M8	DIN EN ISO 7040	4	\$0,04	\$0,16	0,04 €	0,15 €	0,002%	99,981%	C
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	4	\$0,04	\$0,16	0,04 €	0,15 €	0,002%	99,982%	C
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	4	\$0,04	\$0,16	0,04 €	0,15 €	0,002%	99,984%	C
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	4	\$0,04	\$0,16	0,04 €	0,15 €	0,002%	99,986%	C
Porca Hexagonal Fina de Grau Chanfrado	ISO 4035	4	\$0,04	\$0,16	0,04 €	0,15 €	0,002%	99,988%	C
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	4	\$0,04	\$0,16	0,04 €	0,15 €	0,002%	99,990%	C
Casquilho INA/FAG EGB1610-E40 - 01	FSG-15-080-ST-60125-AA	1	\$0,14	\$0,14	0,14 €	0,14 €	0,002%	99,991%	C
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	1	\$0,14	\$0,14	0,13 €	0,13 €	0,002%	99,993%	C
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	1	\$0,14	\$0,14	0,13 €	0,13 €	0,002%	99,994%	C
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	1	\$0,14	\$0,14	0,13 €	0,13 €	0,002%	99,996%	C

Porca Hexagonal de Binário Prevalecente de Inserção - Estilo 1	DIN EN ISO 7040	2	\$0,04	\$0,08	0,04 €	0,08 €	0,001%	99,997%	C	
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	2	\$0,04	\$0,08	0,04 €	0,08 €	0,001%	99,998%	C	
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	1	\$0,04	\$0,04	0,04 €	0,04 €	0,000%	99,998%	C	
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	1	\$0,04	\$0,04	0,04 €	0,04 €	0,000%	99,999%	C	
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	1	\$0,04	\$0,04	0,04 €	0,04 €	0,000%	99,999%	C	
Anilha de Segurança do Cubo de Roda	FSG-15-080-WT-80206-AA	4	\$0,01	\$0,04	0,01 €	0,04 €	0,000%	100,000%	C	
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente de Inserção Fina M6	DIN EN ISO 10511	1	\$0,03	\$0,03	0,03 €	0,03 €	0,000%	100,000%	C	
Anel de Retenção Externo Invertido	FSG-15-080-ST-60135-AA	1	\$0,01	\$0,01	0,01 €	0,01 €	0,000%	100,000%	C	
					\$8.854,66	8.370,31 €				

Anexo 3 – Diagramas de Montagem Referentes às Operações de Montagem do Veículo de Competição do FSIPLEiria

Anexo 3.1 – Diagrama de Montagem do Motor e do Diferencial

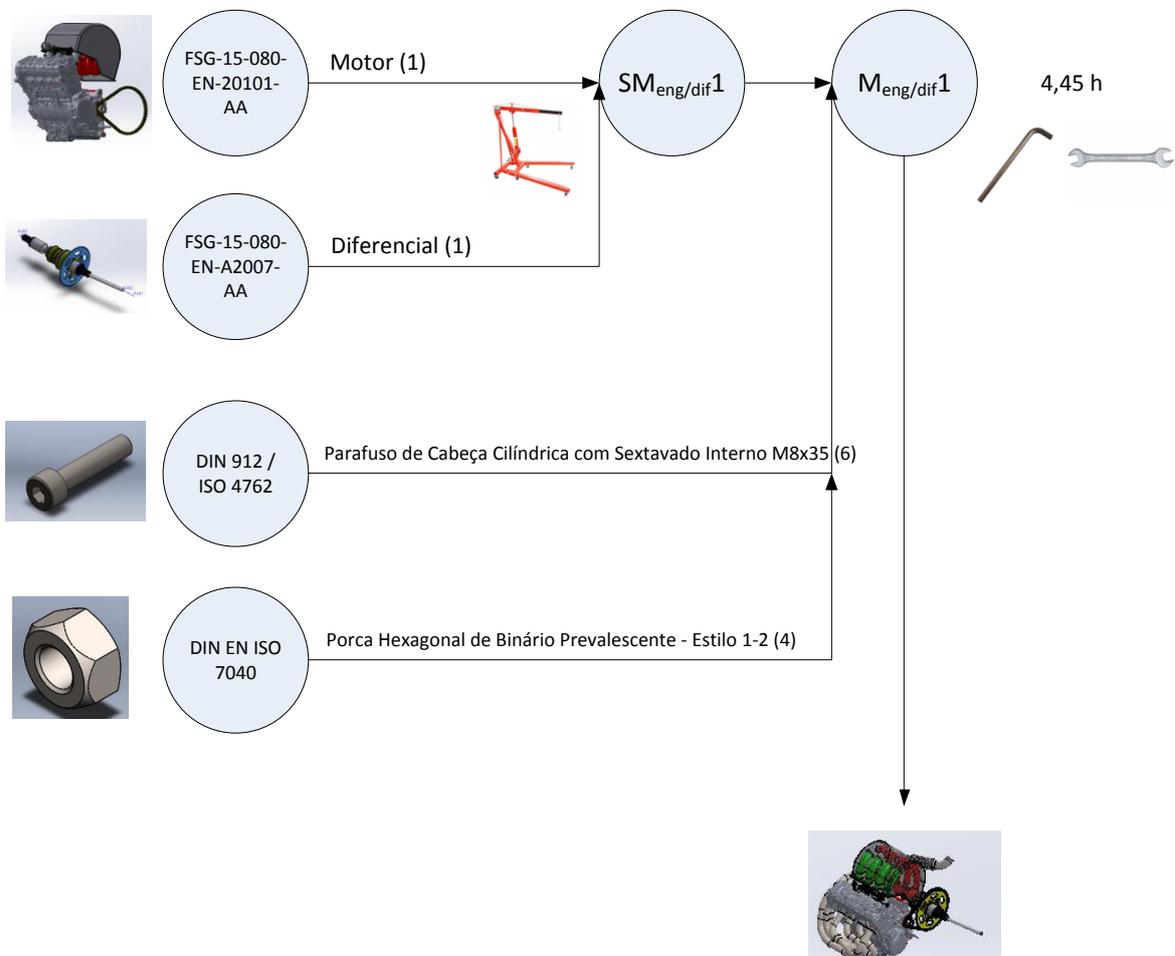


Figura A.1 – Diagrama de Montagem do Motor e do Diferencial

Anexo 3.2 – Diagrama de Montagem do Sistema de Escape

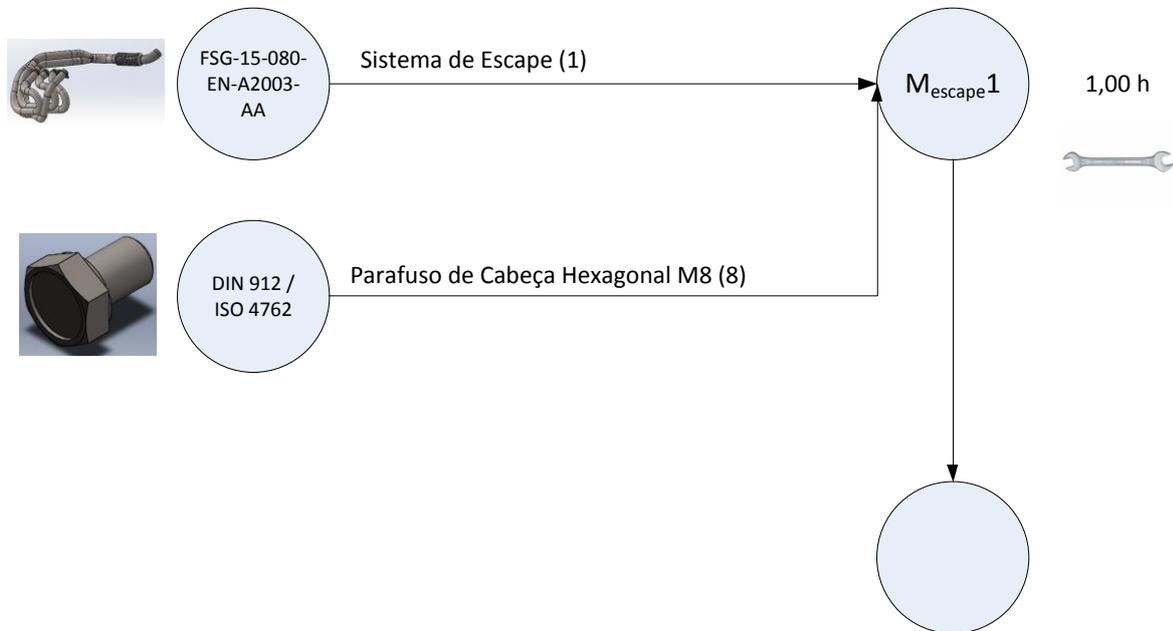


Figura A.2 – Diagrama de Montagem do Sistema de Escape

Anexo 3.3 – Diagrama de Montagem do Depósito de Combustível

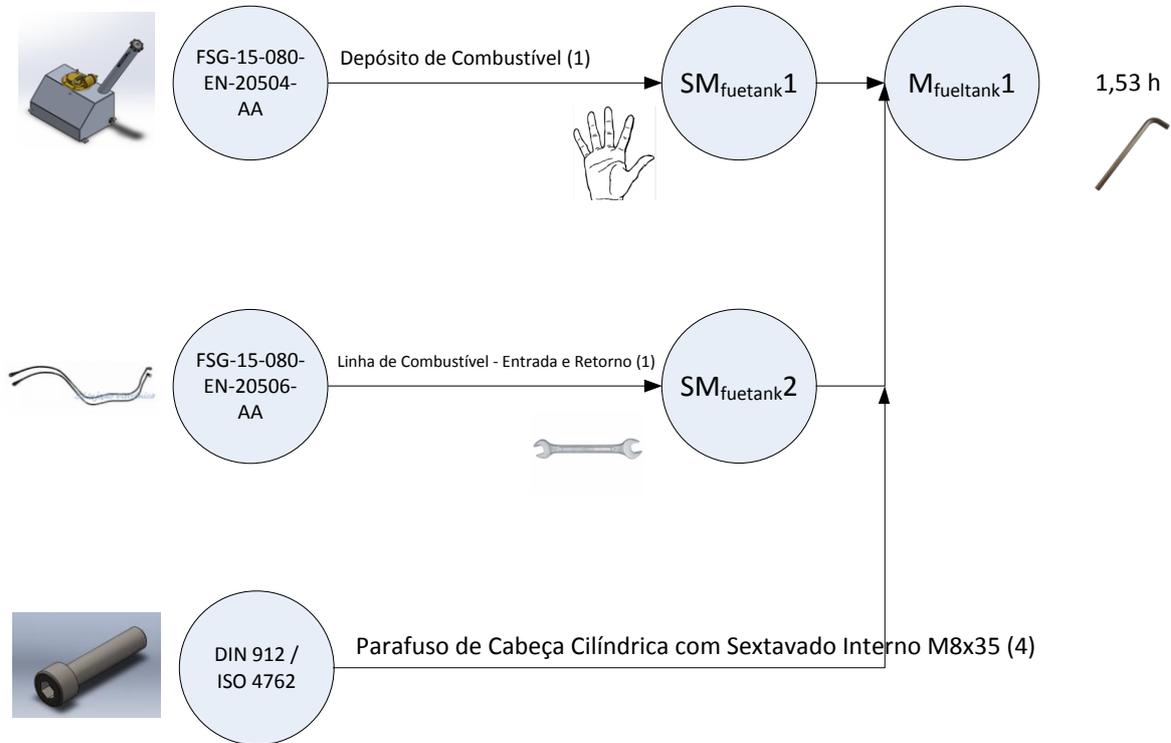


Figura A.3 – Diagrama de Montagem do Depósito de Combustível

Anexo 3.4 – Diagrama de Montagem da Bateria

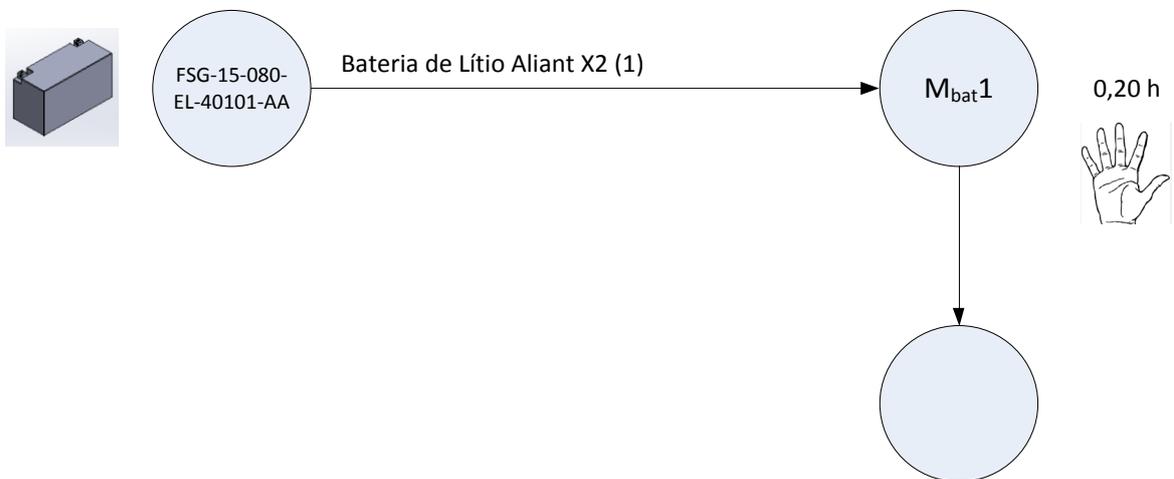
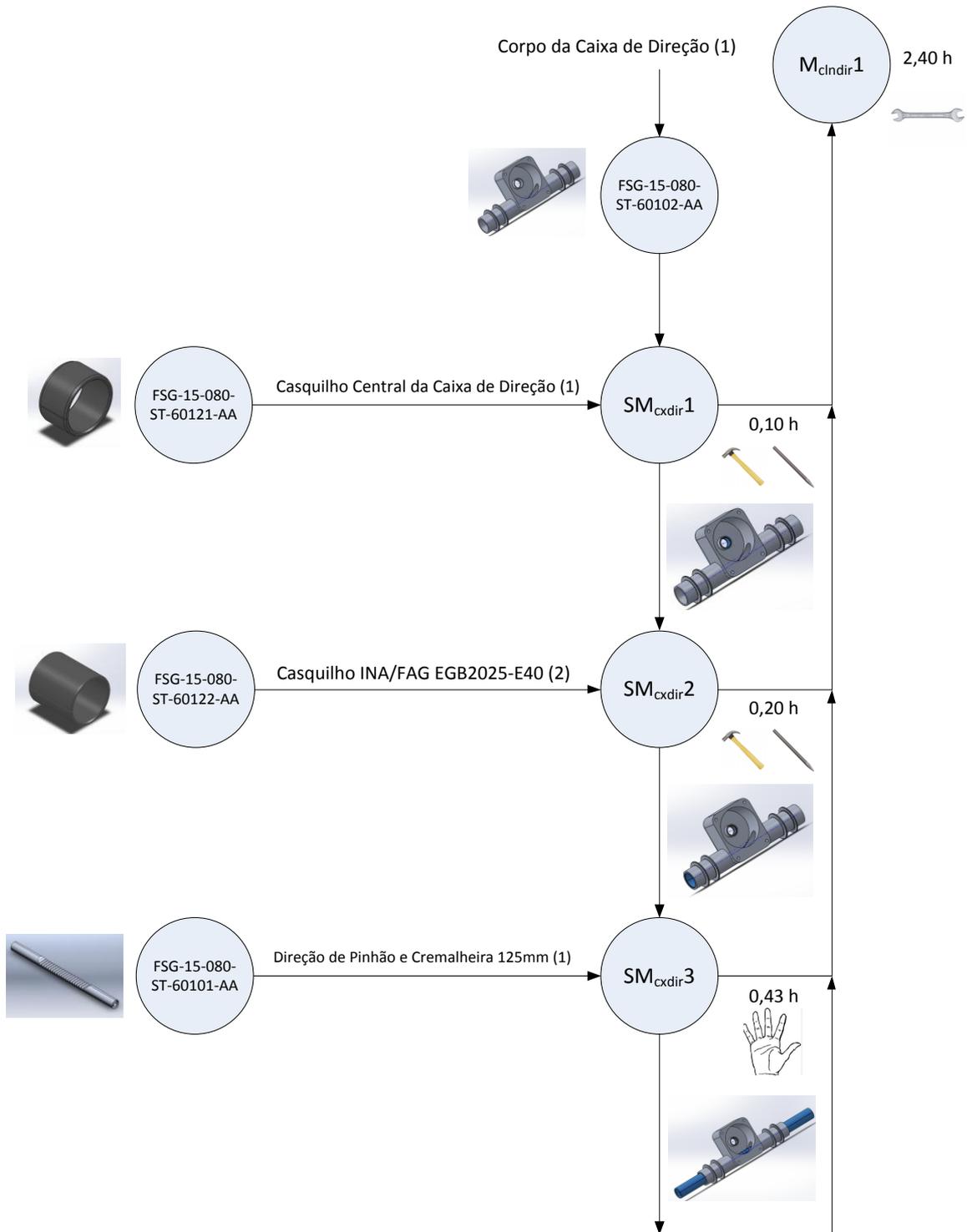
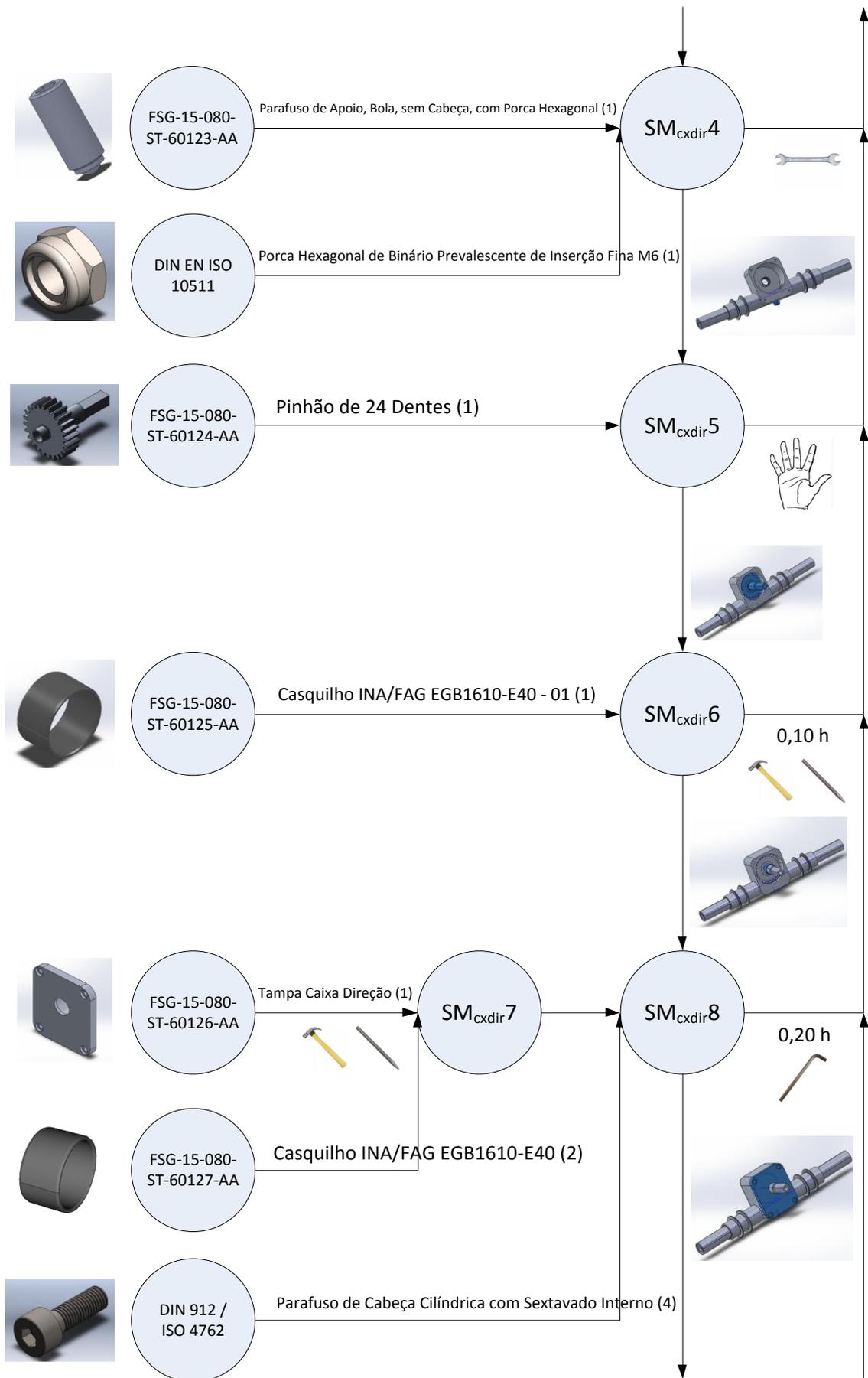


Figura A.4 – Diagrama de Montagem da Bateria

Anexo 3.5 – Diagrama de Montagem da Caixa de Direção





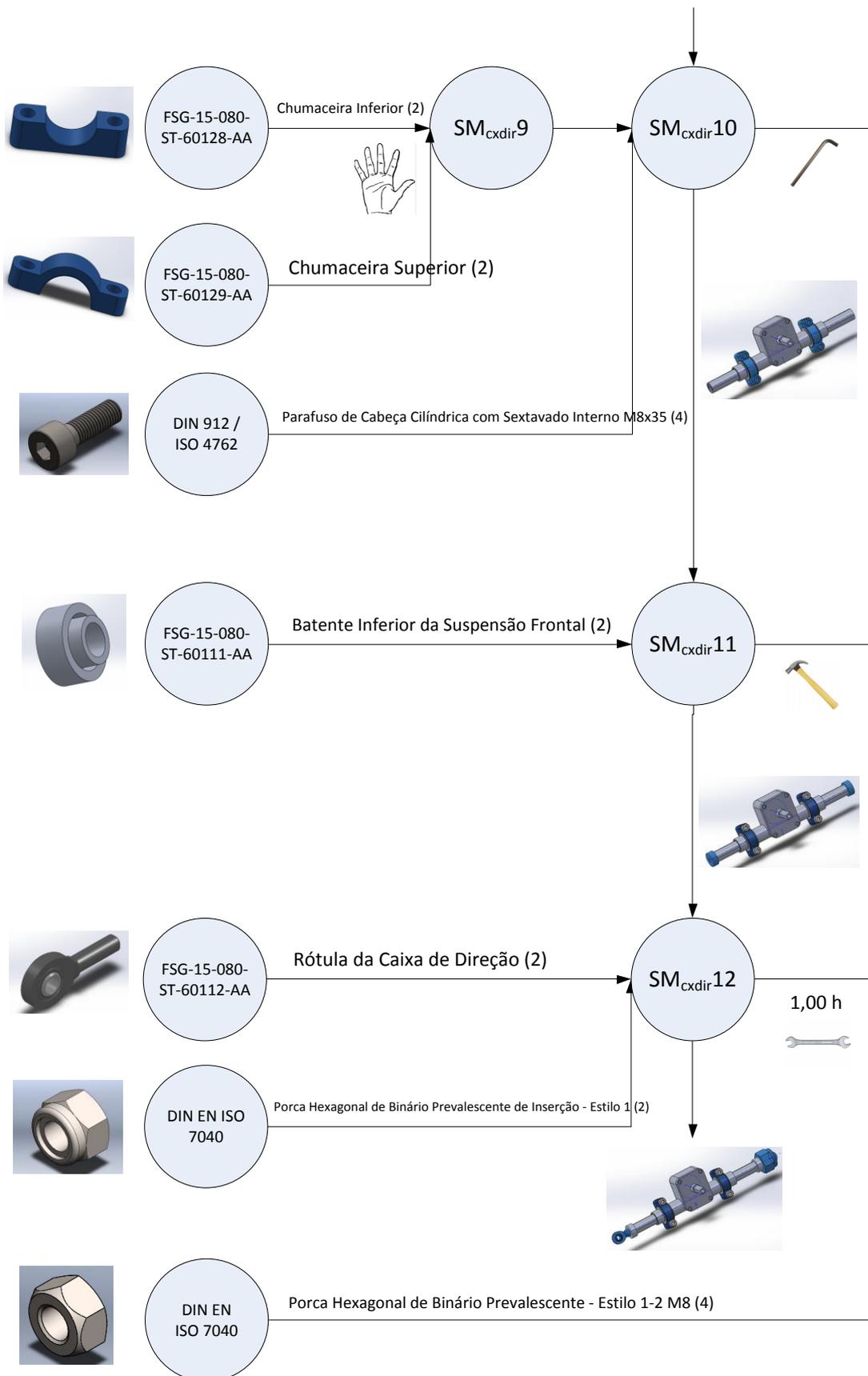


Figura A.5 – Diagrama de Montagem da Caixa de Direção

Anexo 3.6 – Diagrama de Montagem da Coluna de Direção

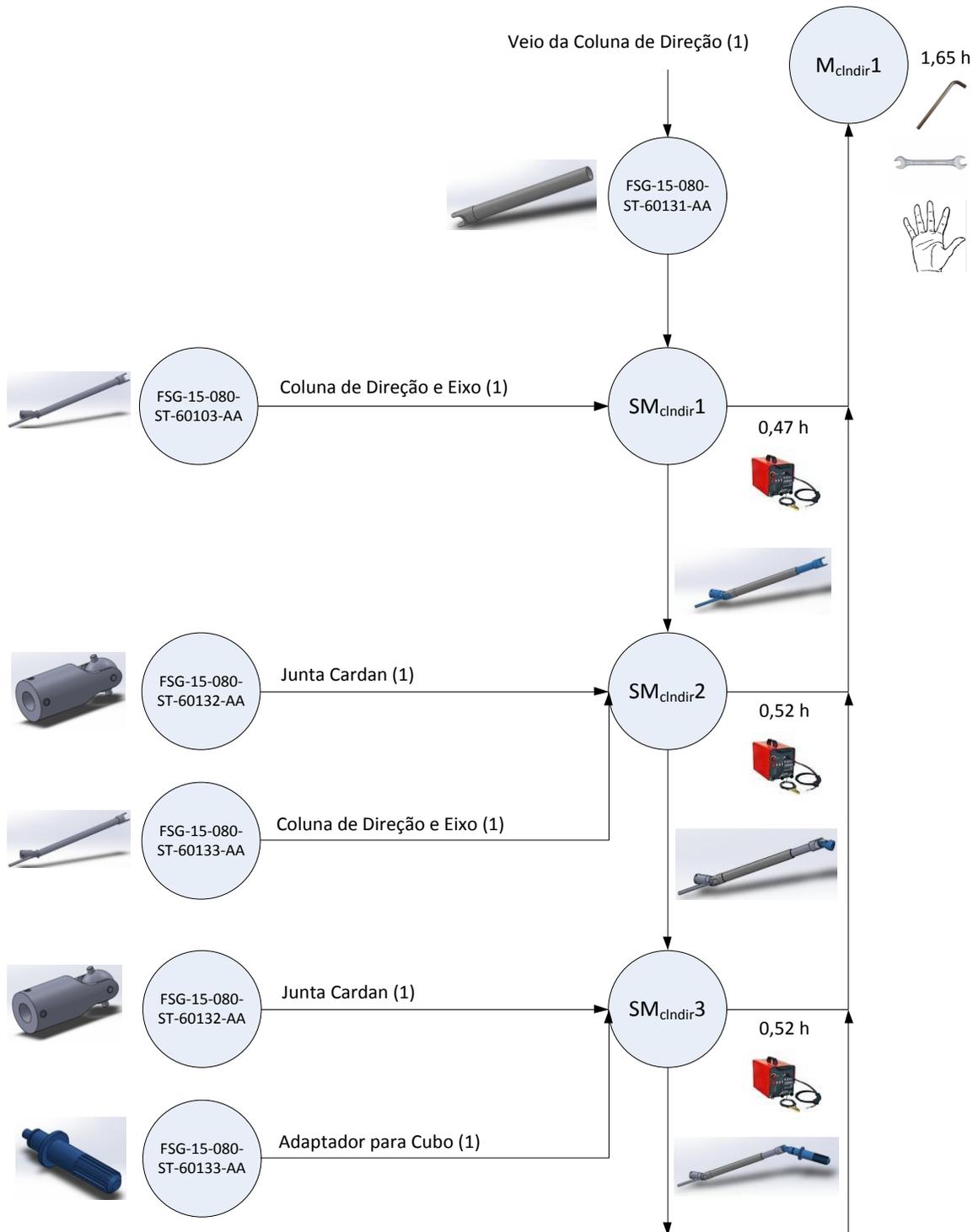




Figura A.6 – Diagrama de Montagem da Coluna de Direção

Anexo 3.7 – Diagrama de Montagem do Volante

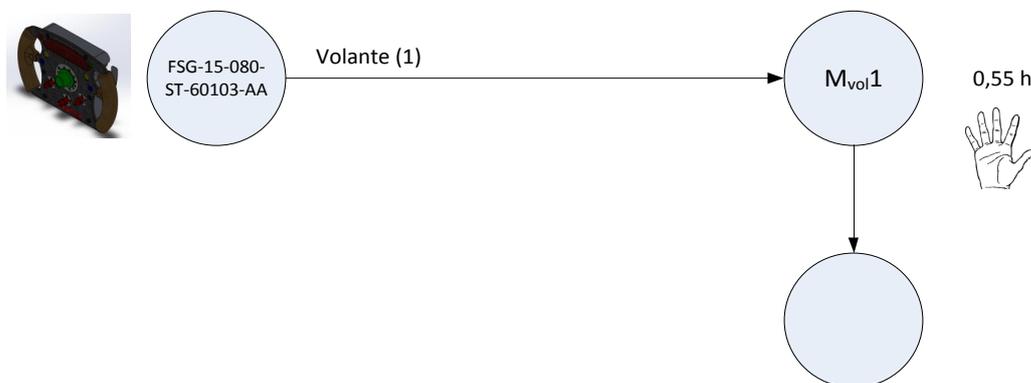
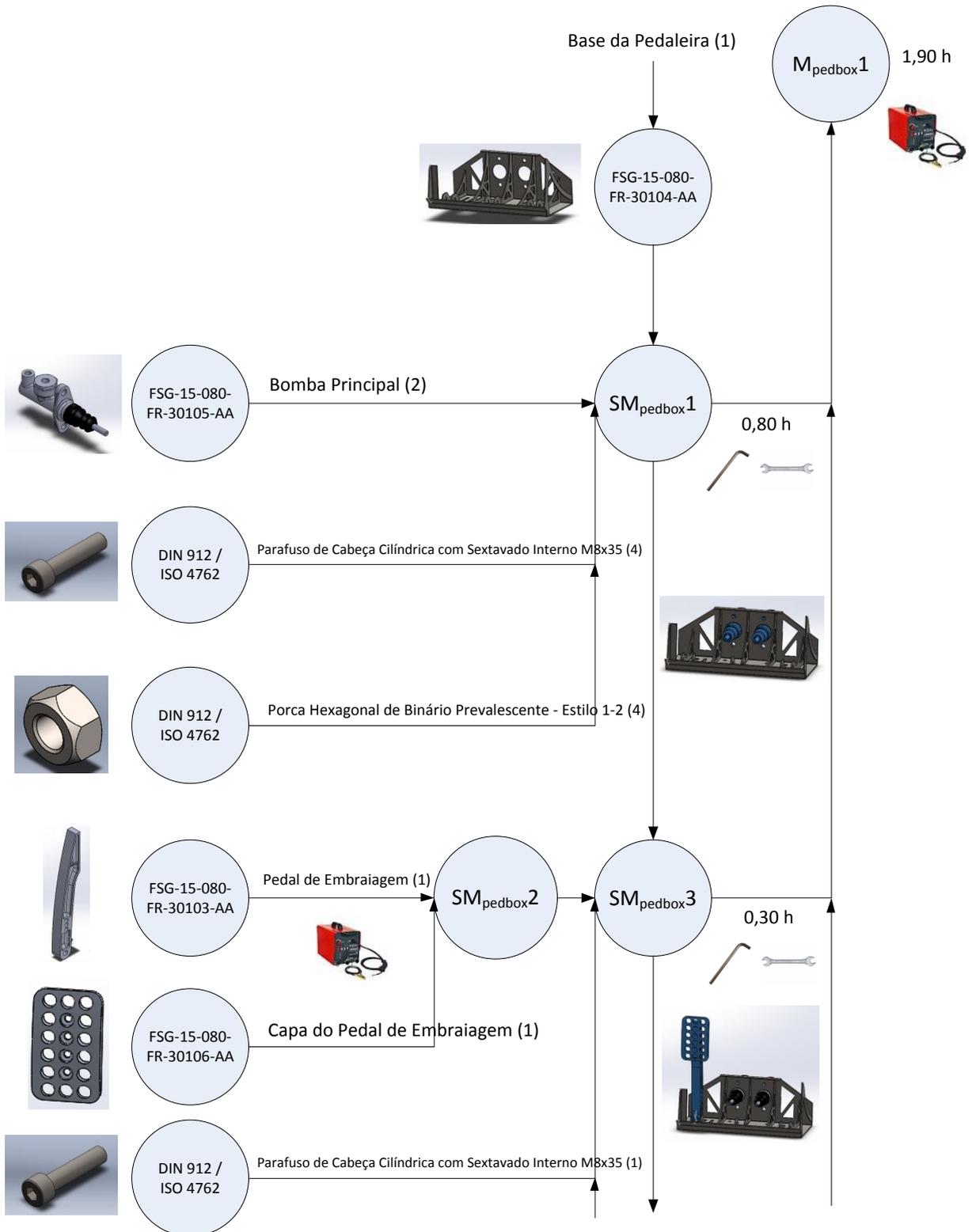
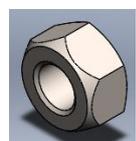


Figura A.7 – Diagrama de Montagem do Volante

Anexo 3.8 – Diagrama de Montagem da Pedaleira





DIN 912 / ISO 4762

Porca Hexagonal de Binário Prevalente - Estilo 1-2 (1)



FSG-15-080-FR-30102-AA

Pedal de Travão (1)



SM_{pedbox4}

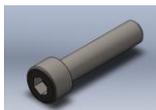
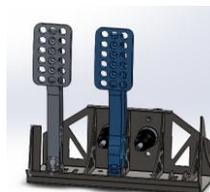
SM_{pedbox5}

0,30 h



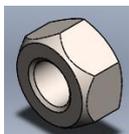
FSG-15-080-FR-30107-AA

Capa do Pedal de Travão (1)



DIN 912 / ISO 4762

Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35 (1)



DIN 912 / ISO 4762

Porca Hexagonal de Binário Prevalente - Estilo 1-2 (1)



FSG-15-080-FR-30101-AA

Pedal de Acelerador (1)



SM_{pedbox6}

SM_{pedbox7}

0,30 h



FSG-15-080-FR-30108-AA

Capa do Pedal de Acelerador (1)



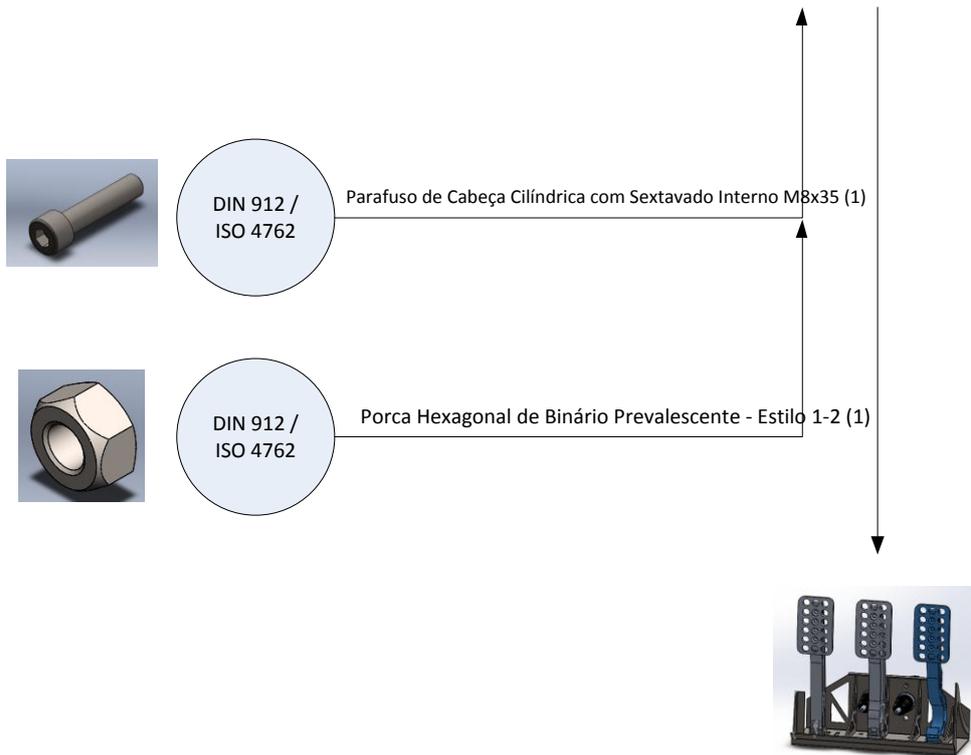


Figura A.8 – Diagrama de Montagem da Pedaleira

Anexo 3.9 – Diagrama de Montagem do Atenuador de Impacto

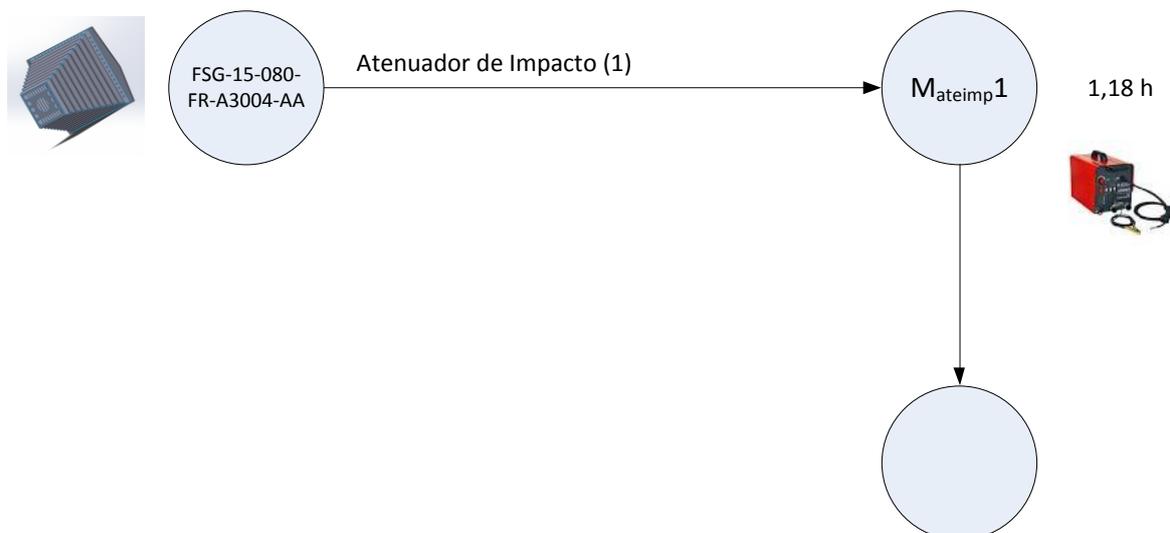
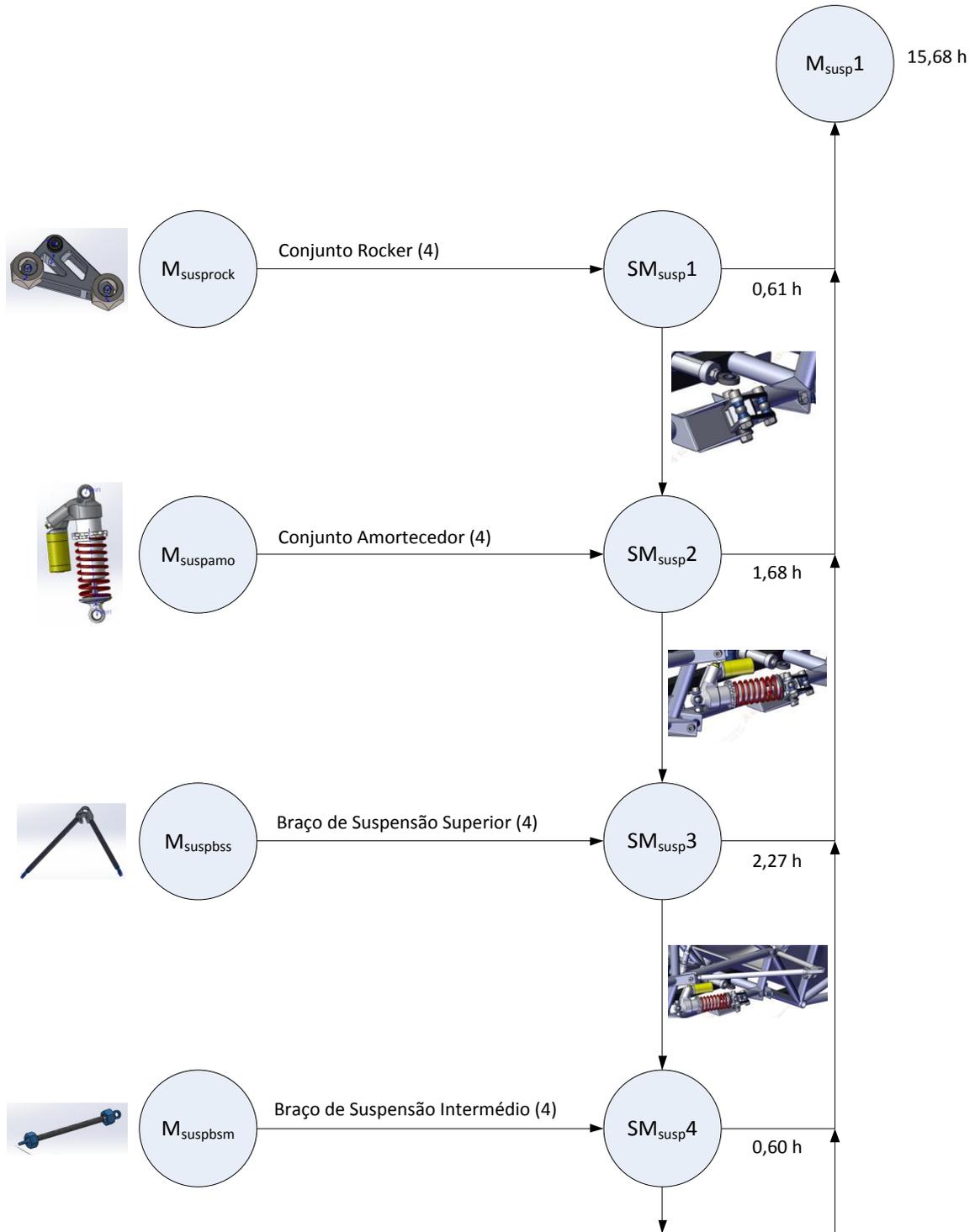


Figura A.9 – Diagrama de Montagem do Atenuador de Impacto

Anexo 3.10 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Diagrama Global



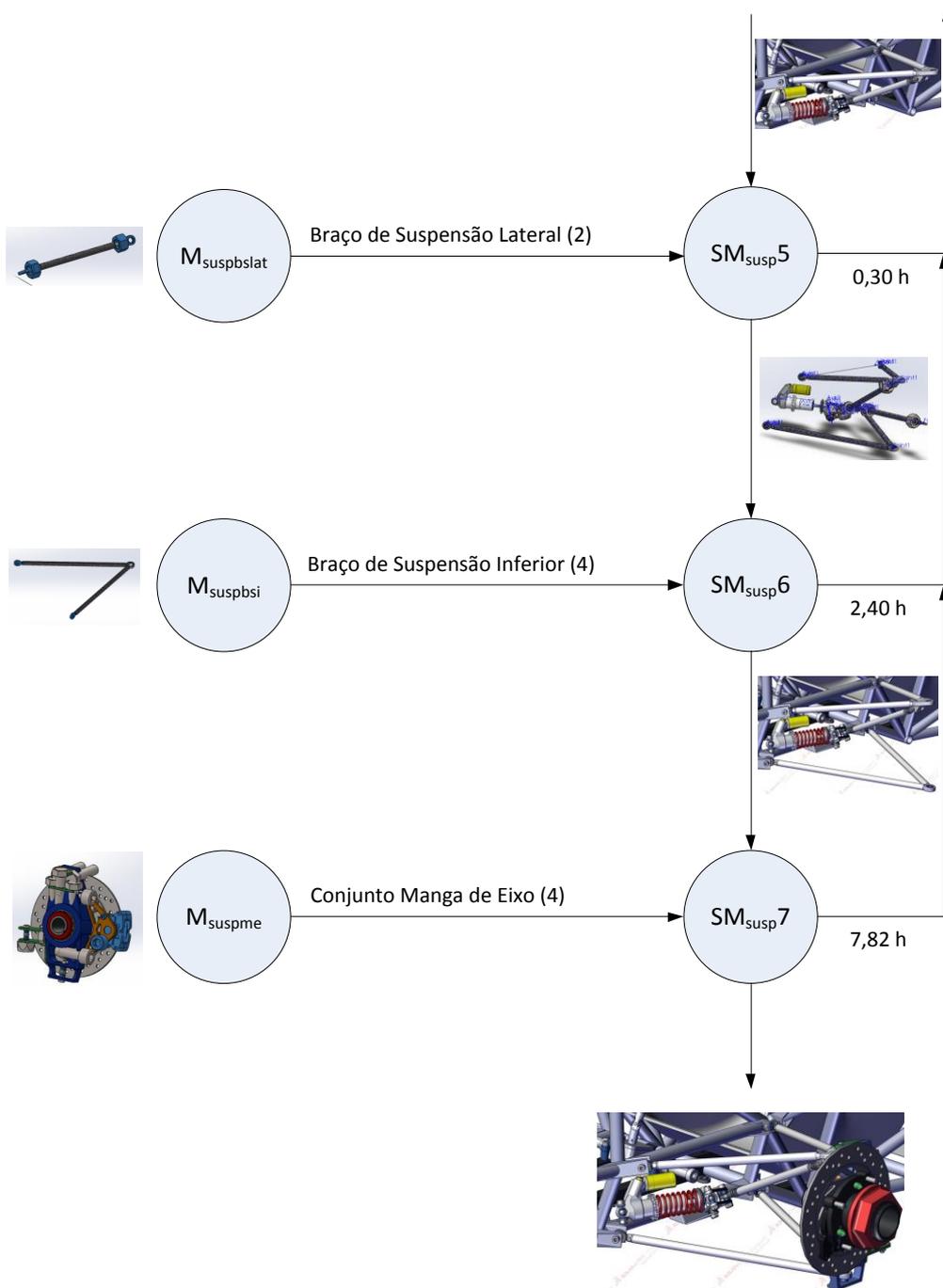
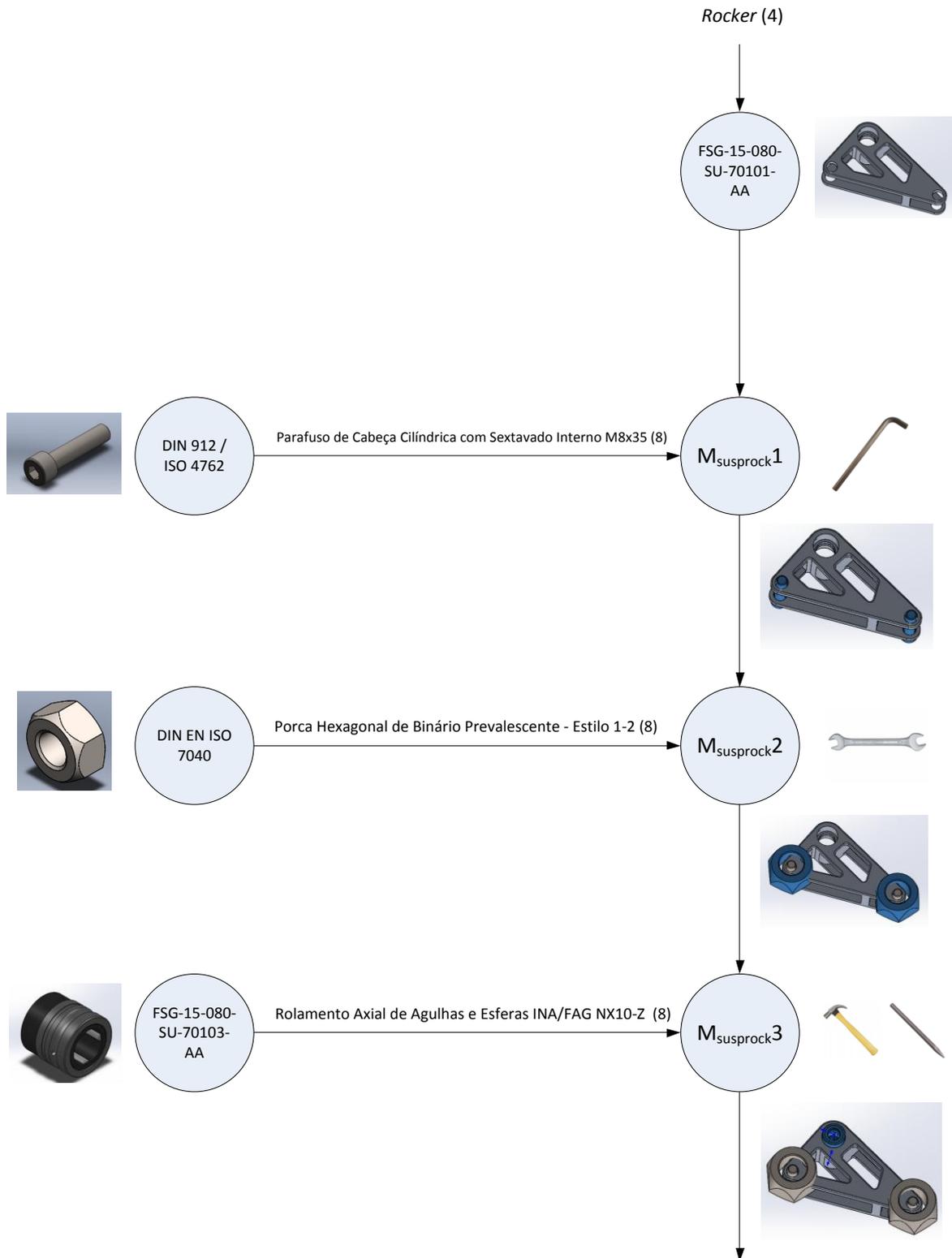


Figura A.10 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Diagrama Global

Anexo 3.10.1 – Diagrama de Montagem da Suspensão – *Rocker*



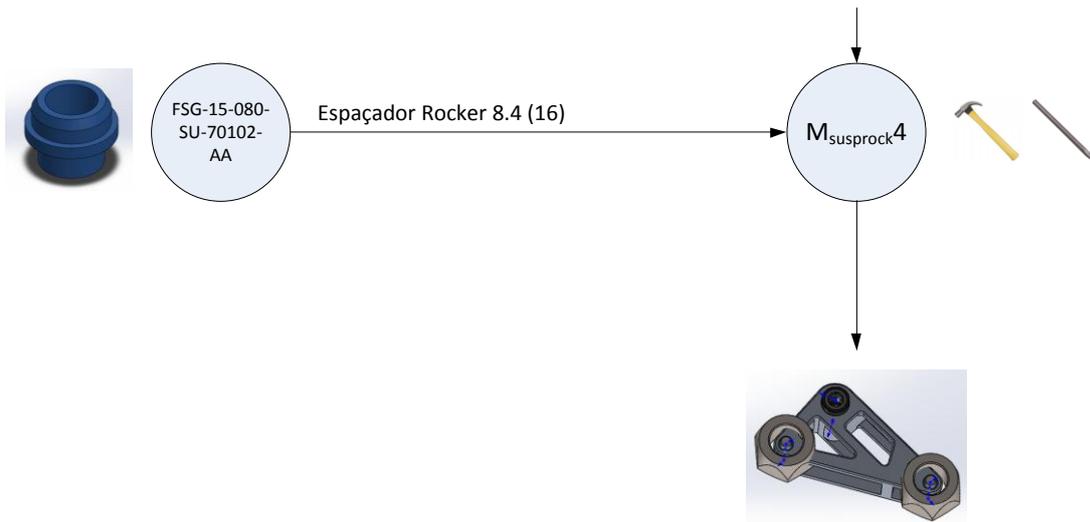


Figura A.11 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Rocker

Anexo 3.10.2 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Amortecedor

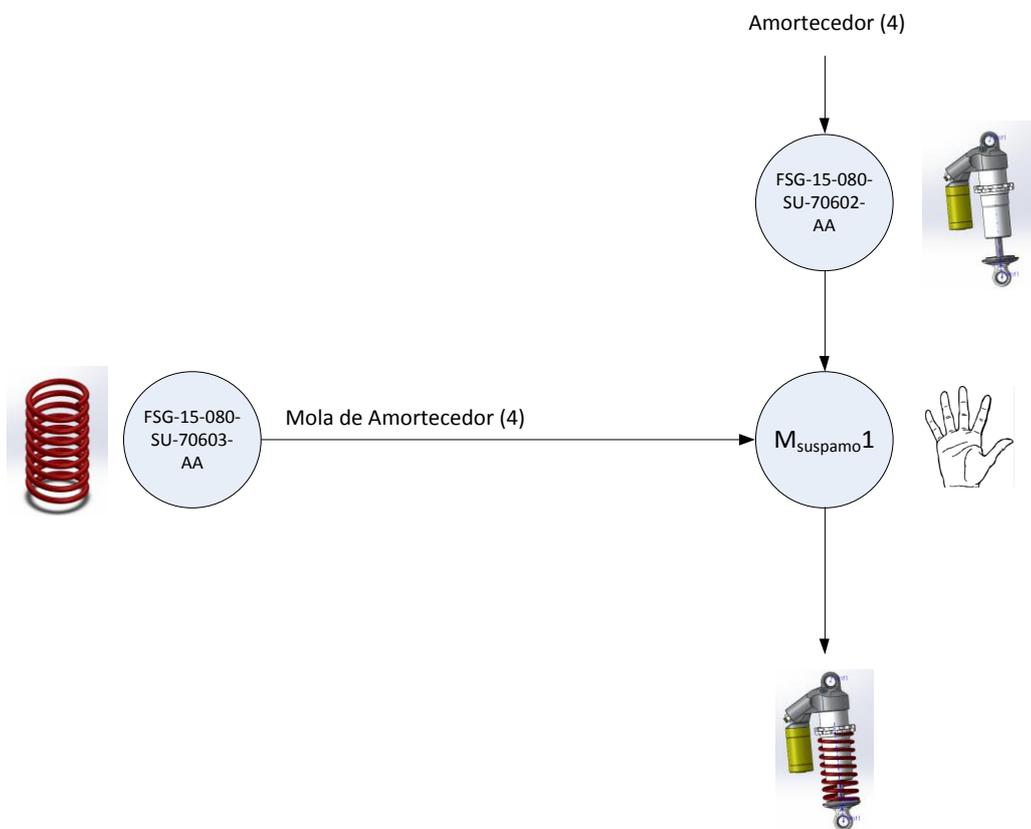


Figura A.12 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Amortecedor

Anexo 3.10.3 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Braço de Suspensão Superior

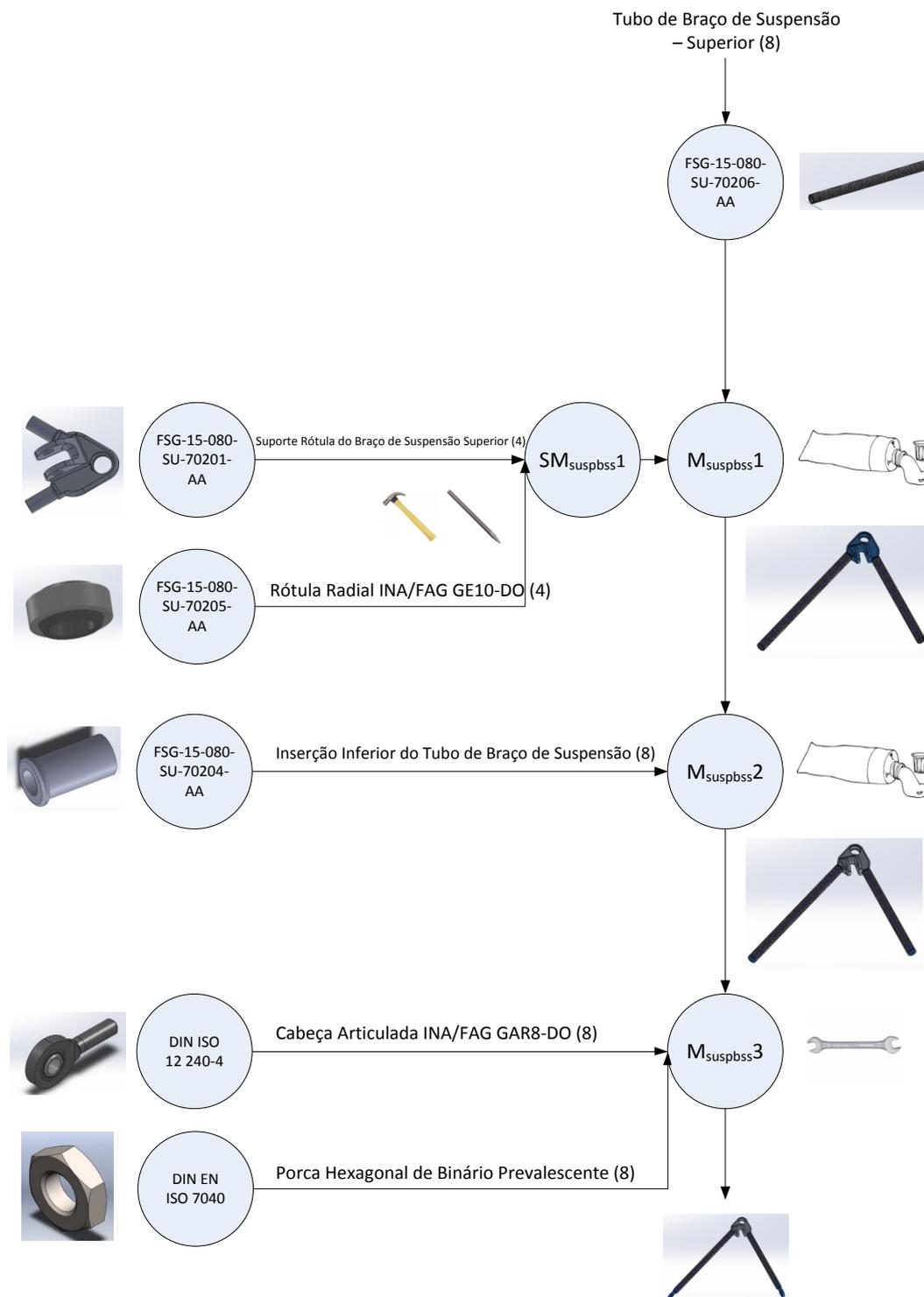
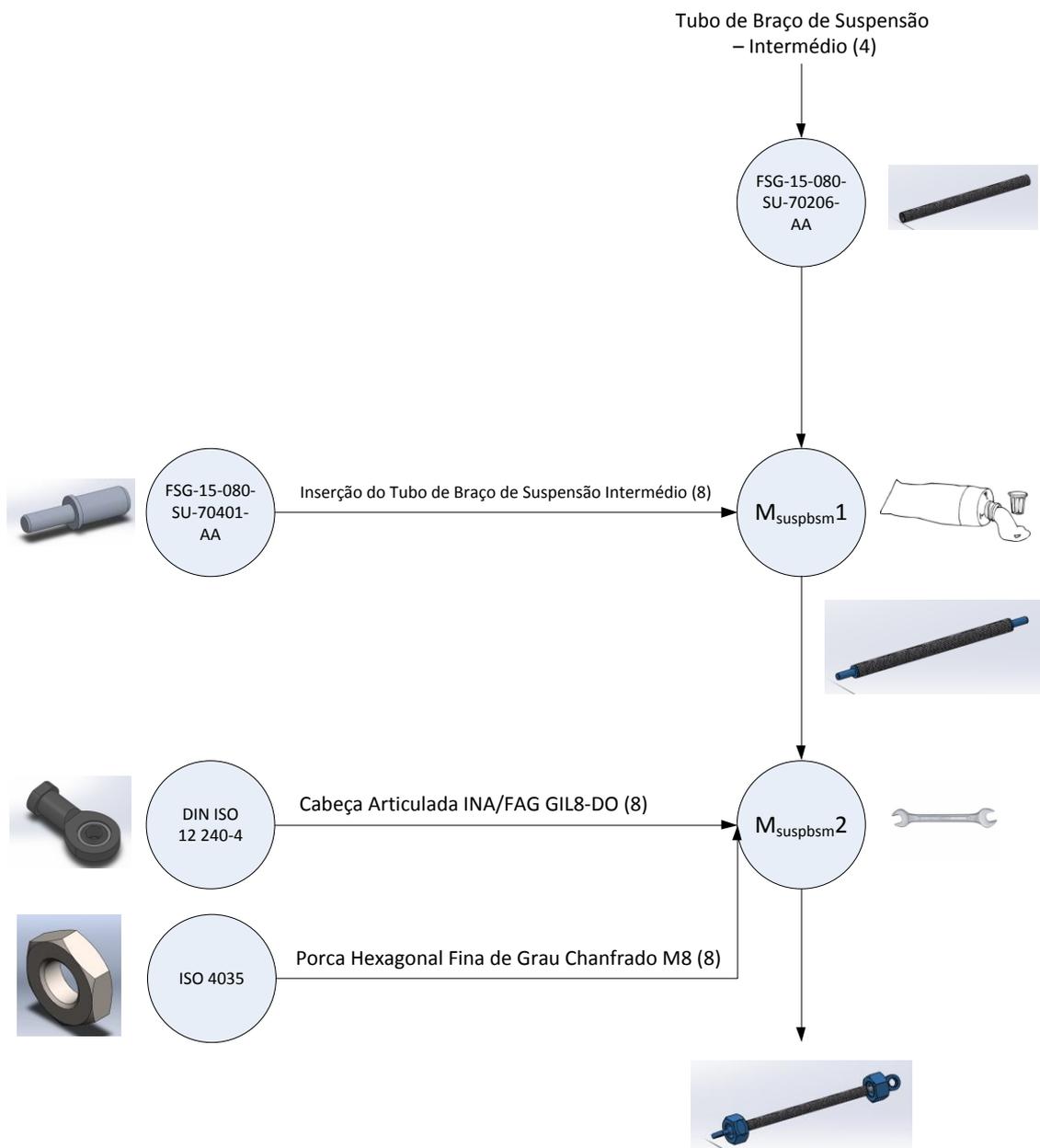


Figura A.13 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Braço de Suspensão Superior

Anexo 3.10.4 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Braço de Suspensão Intermédio



Anexo 3.10.5 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Braço de Suspensão Lateral

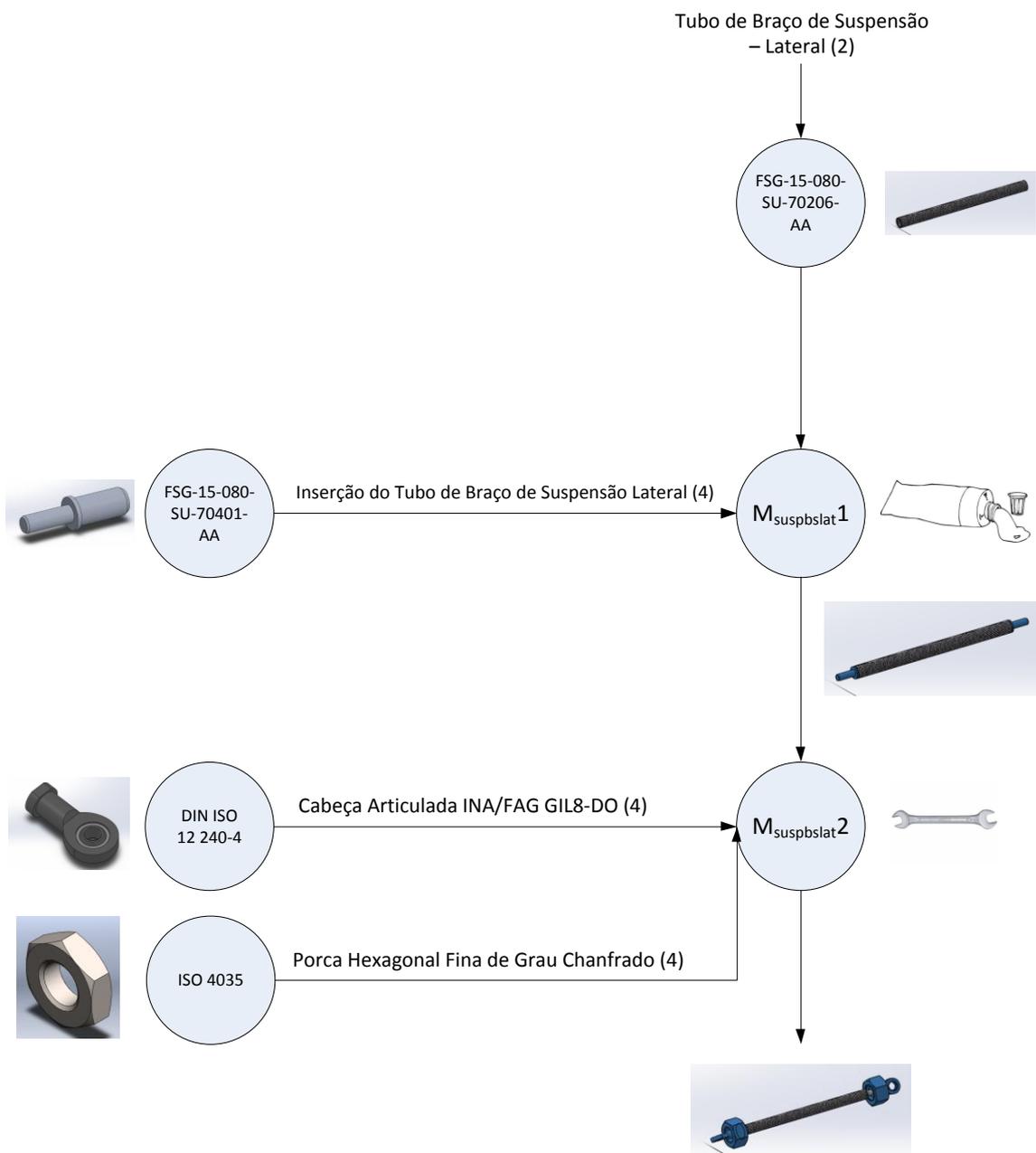


Figura A.15 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Braço de Suspensão Lateral

Anexo 3.10.6 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Braço de Suspensão Inferior

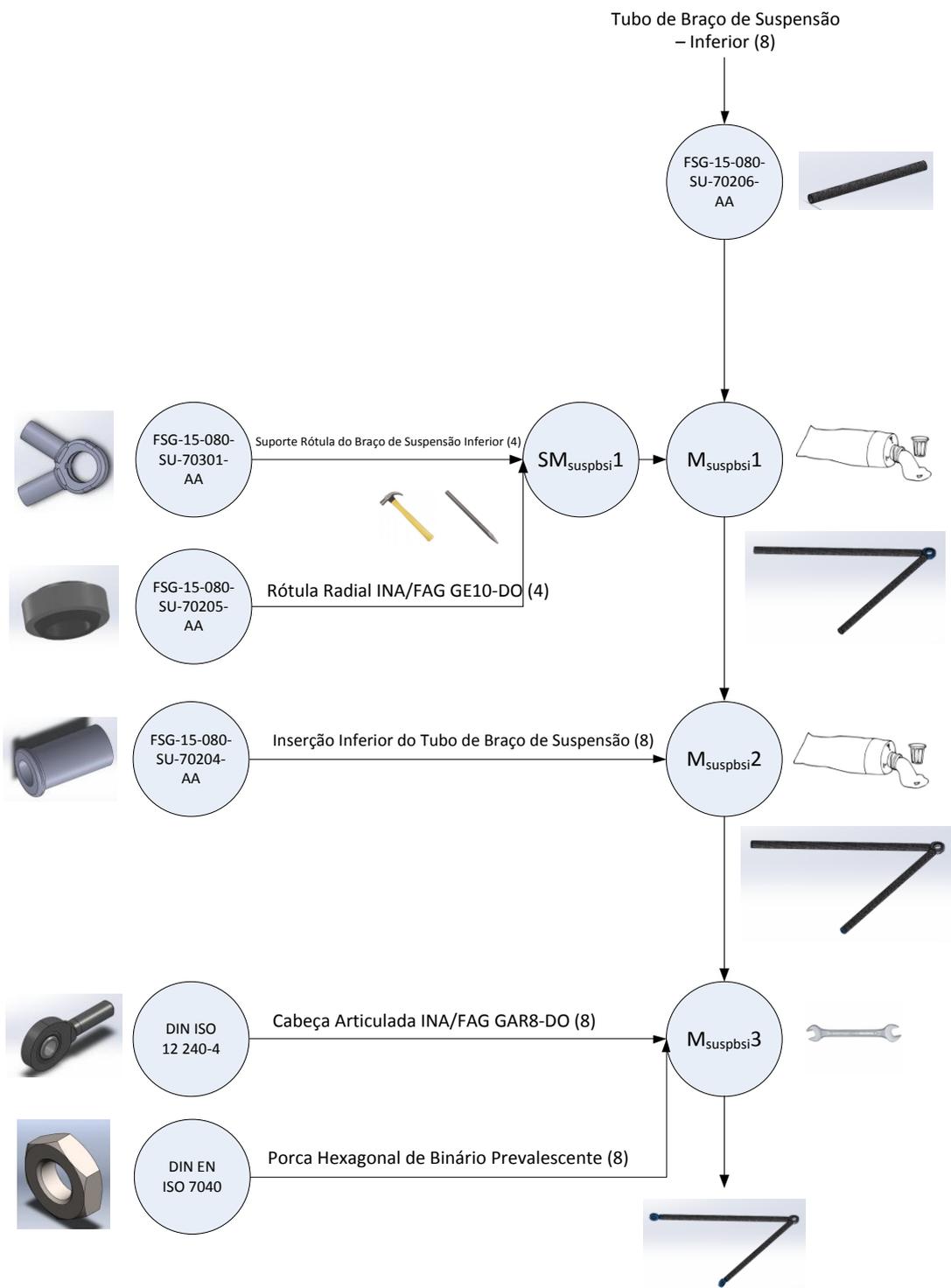
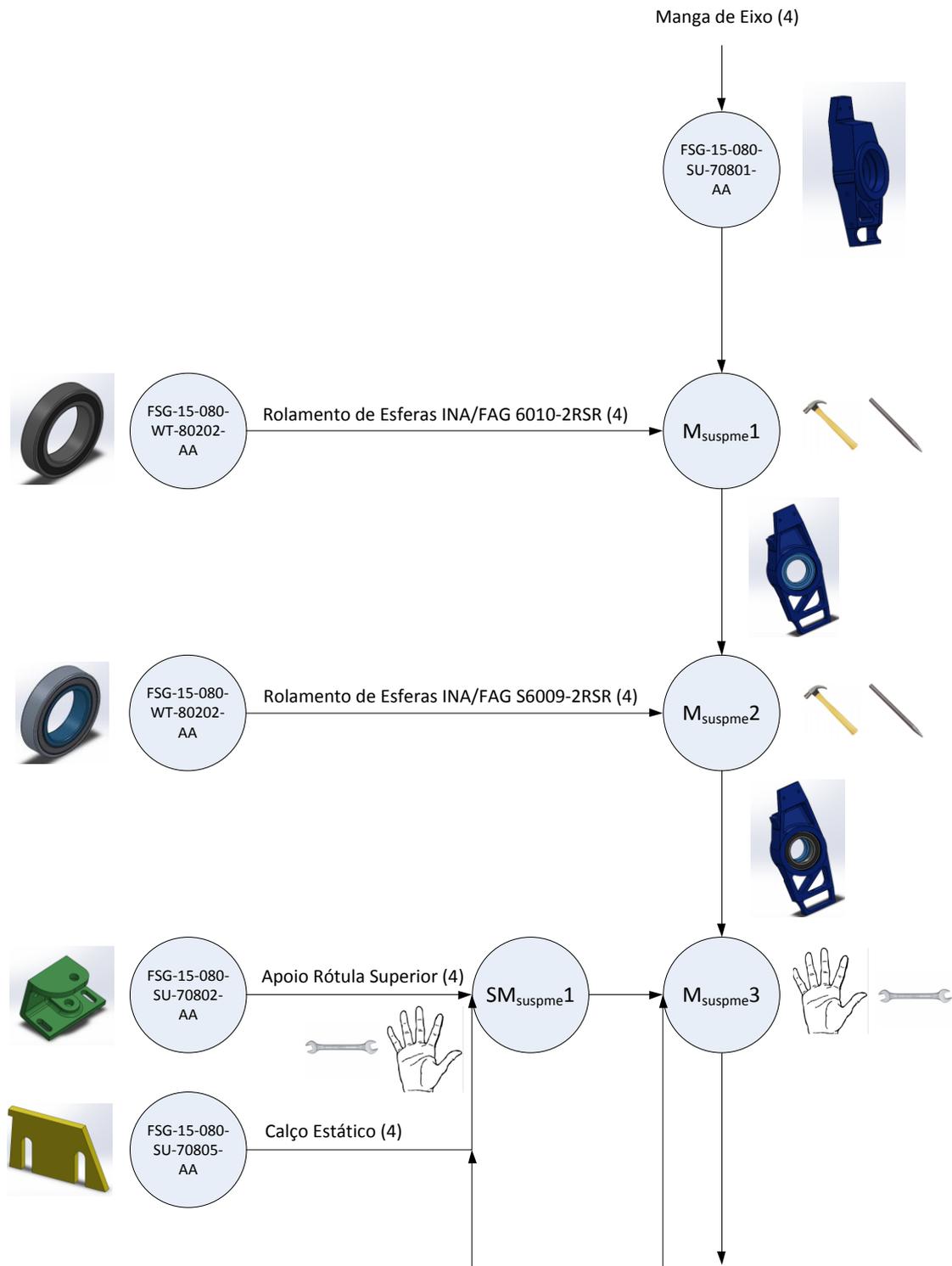
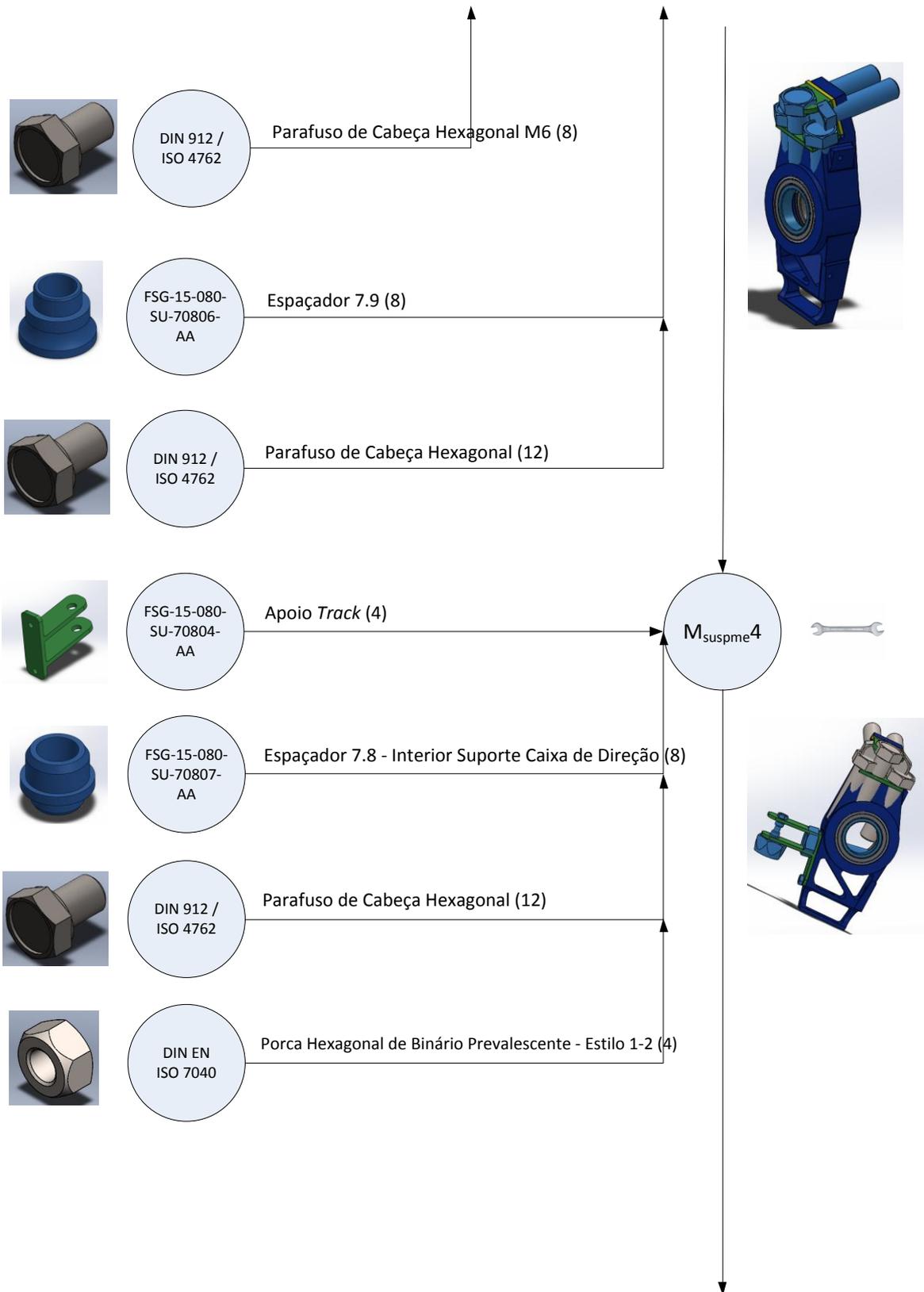
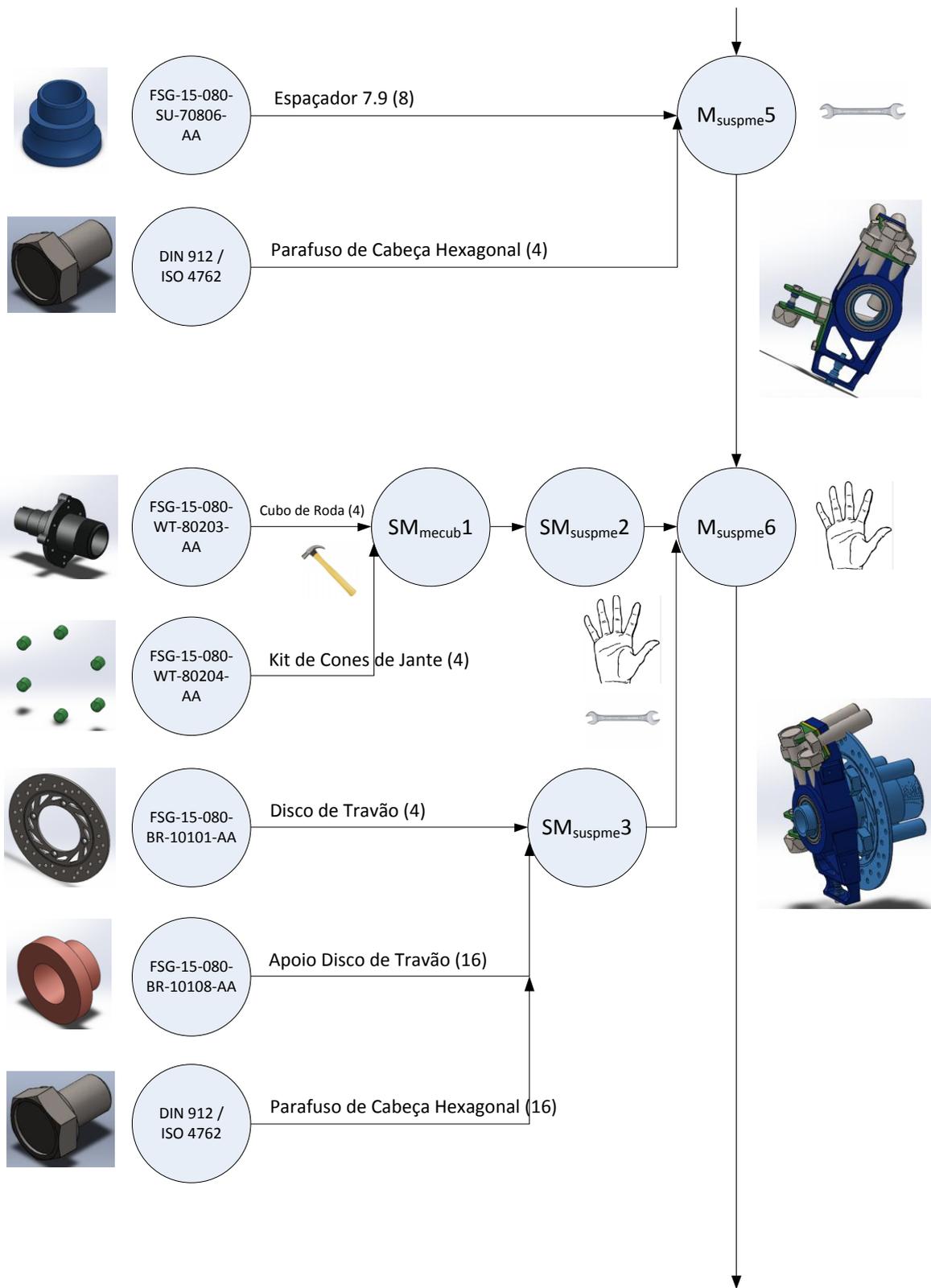


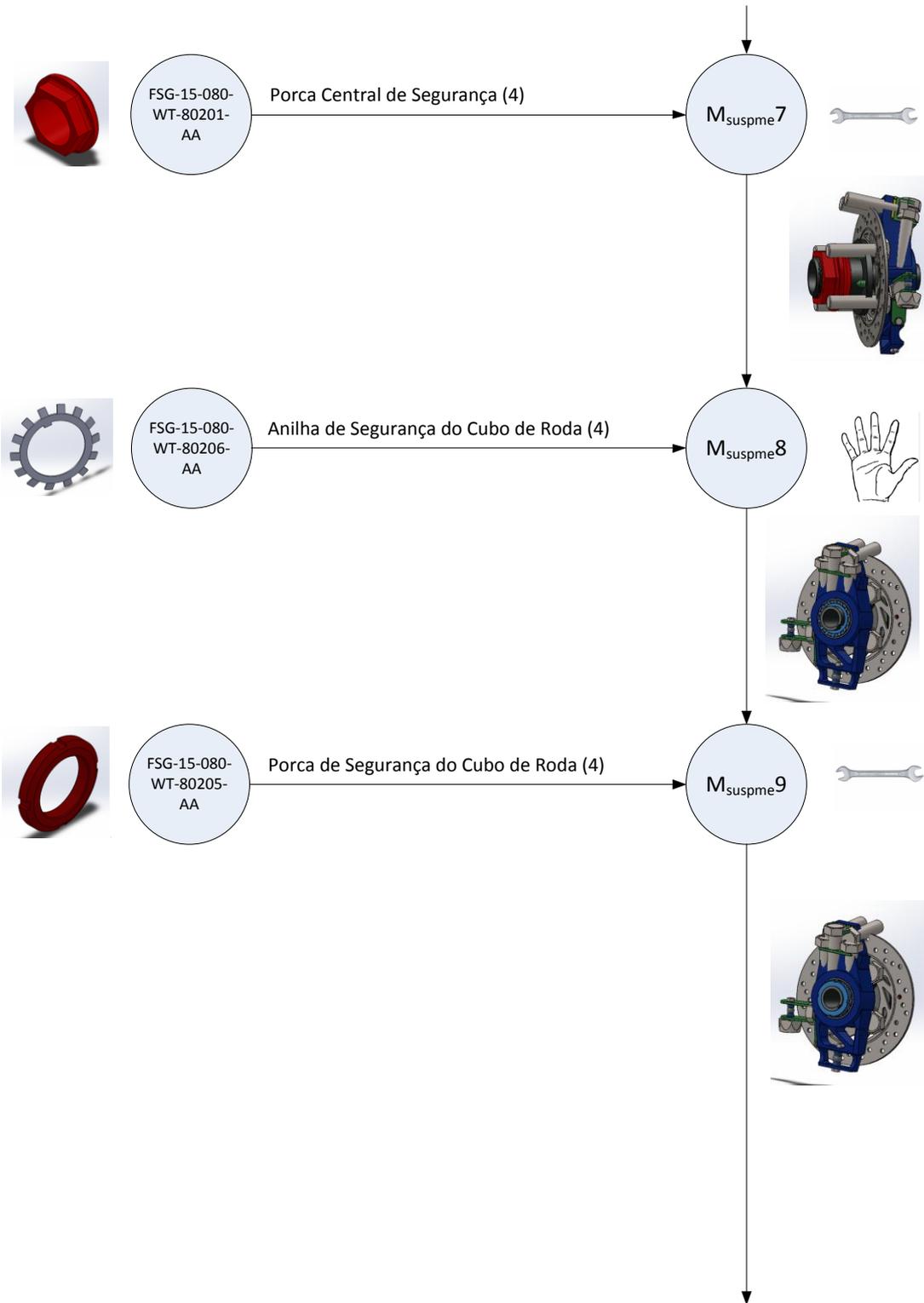
Figura A.16 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Braço de Suspensão Inferior

Anexo 3.10.7 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Manga de Eixo









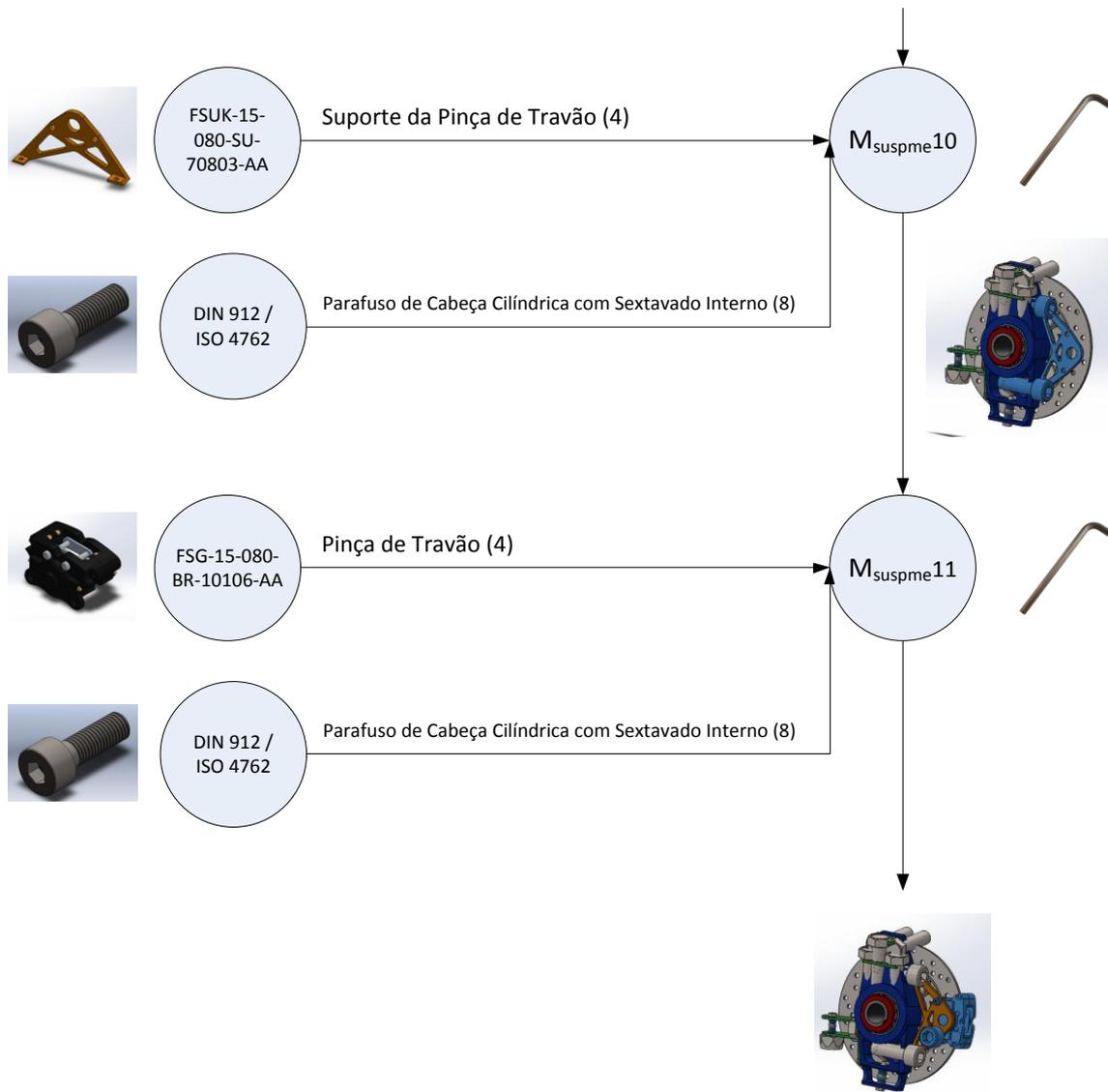


Figura A.17 – Diagrama de Montagem da Suspensão – Manga de Eixo

Anexo 3.11 – Diagrama de Montagem da *Bucket*

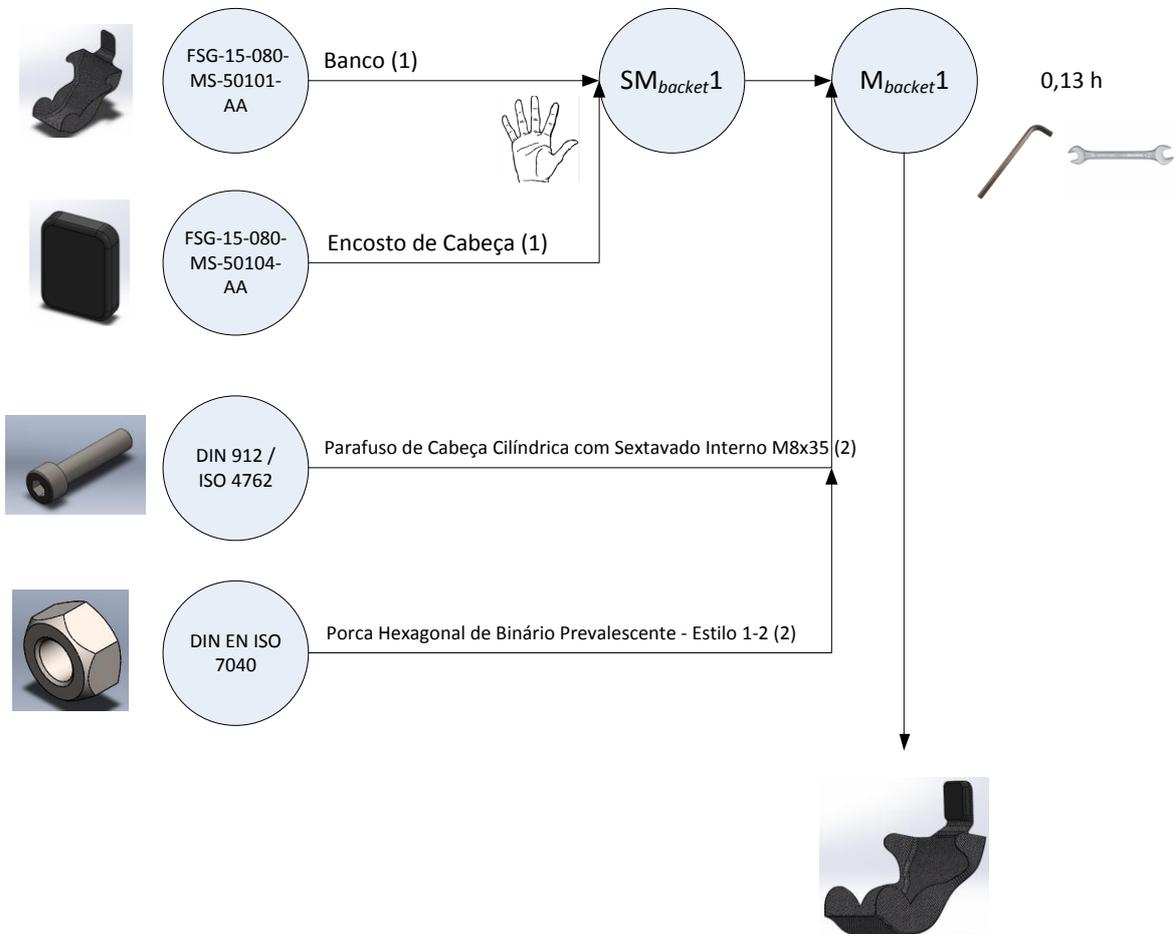


Figura A.18 – Diagrama de Montagem da *Bucket*

Anexo 3.12 – Diagrama de Montagem do Difusor

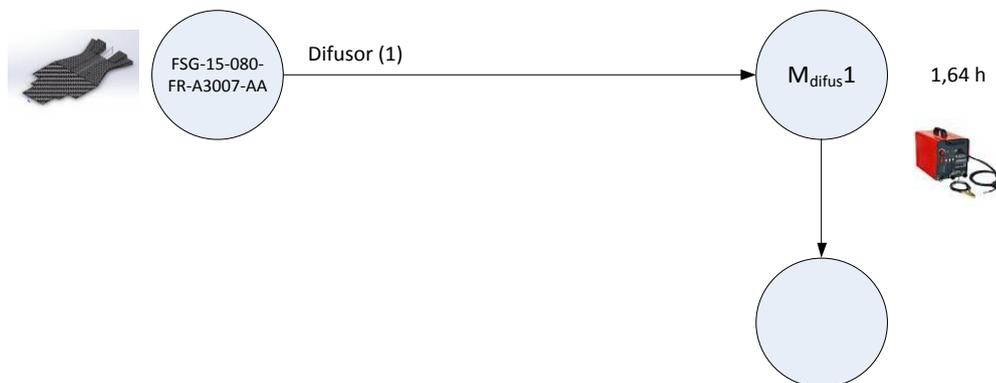


Figura A.19 – Diagrama de Montagem do Difusor

Anexo 3.13 – Diagrama de Montagem da Carenagem

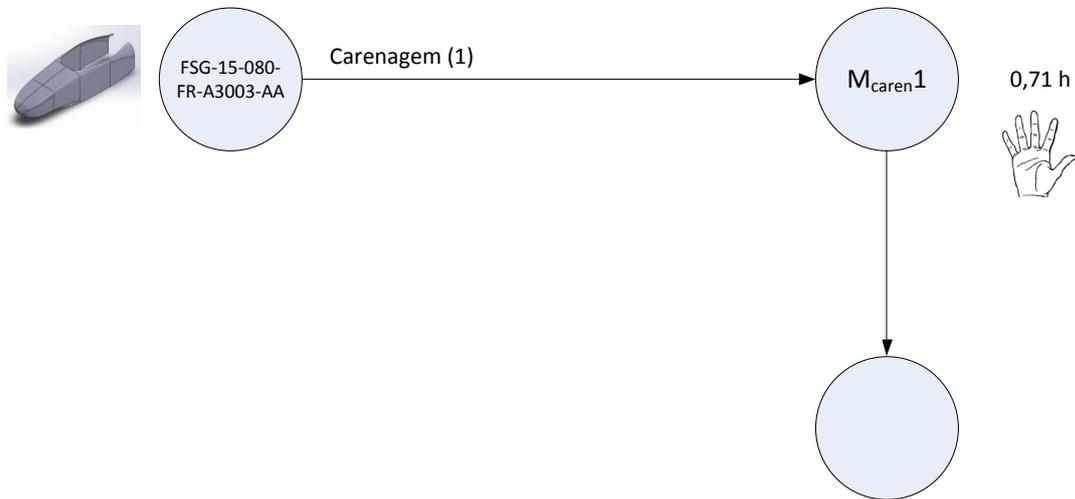


Figura A.20 – Diagrama de Montagem da Carenagem

Anexo 3.14 – Diagrama de Montagem dos *Sidepods* (Carenagens Laterais)

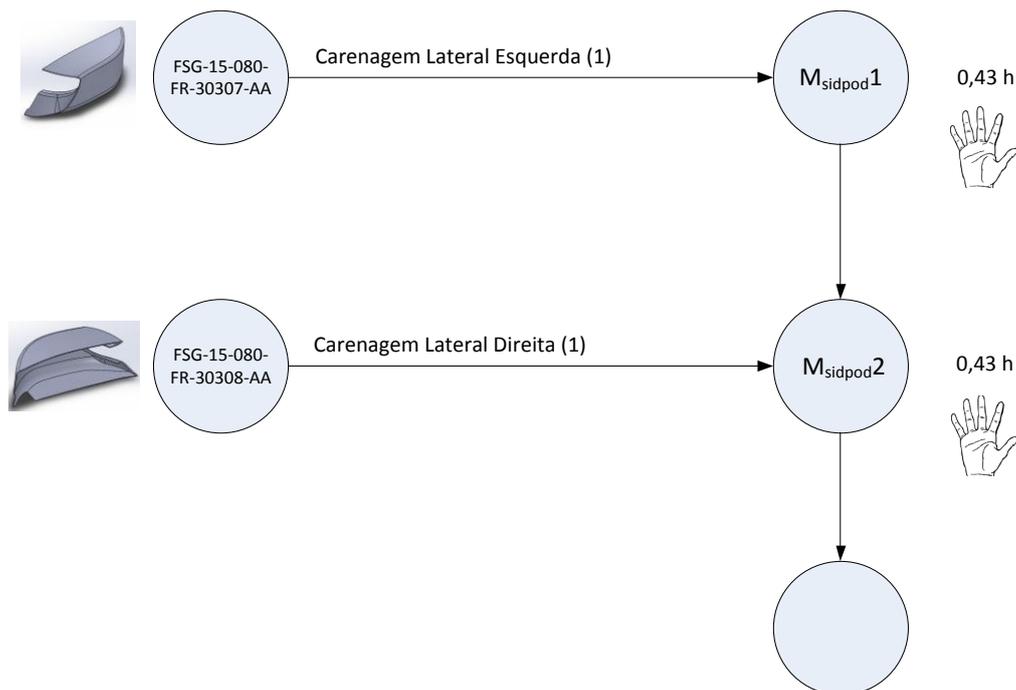


Figura A.21 – Diagrama de Montagem dos *Sidepods* (Carenagens Laterais)

Anexo 3.15 – Diagrama de Montagem da Asa Frontal

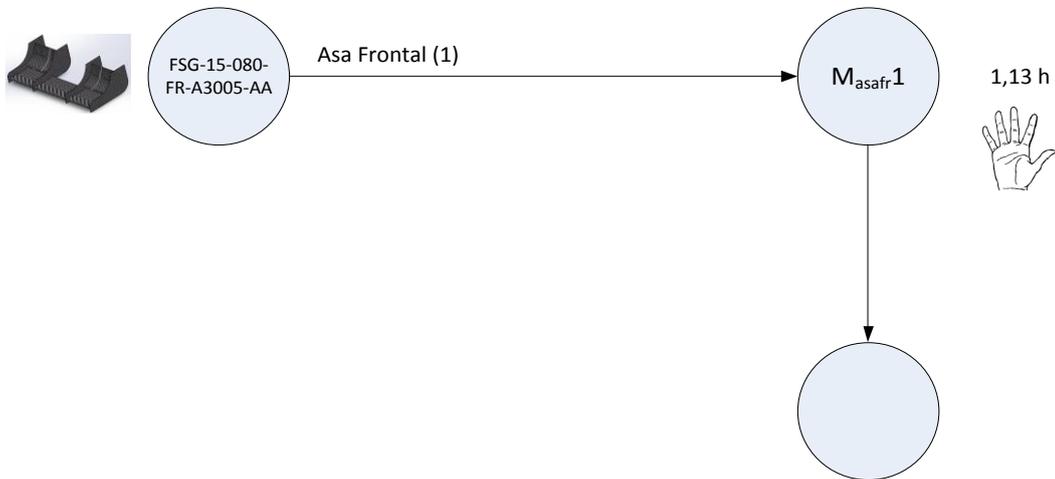


Figura A.22 – Diagrama de Montagem da Asa Frontal

Anexo 3.16 – Diagrama de Montagem da Asa Traseira

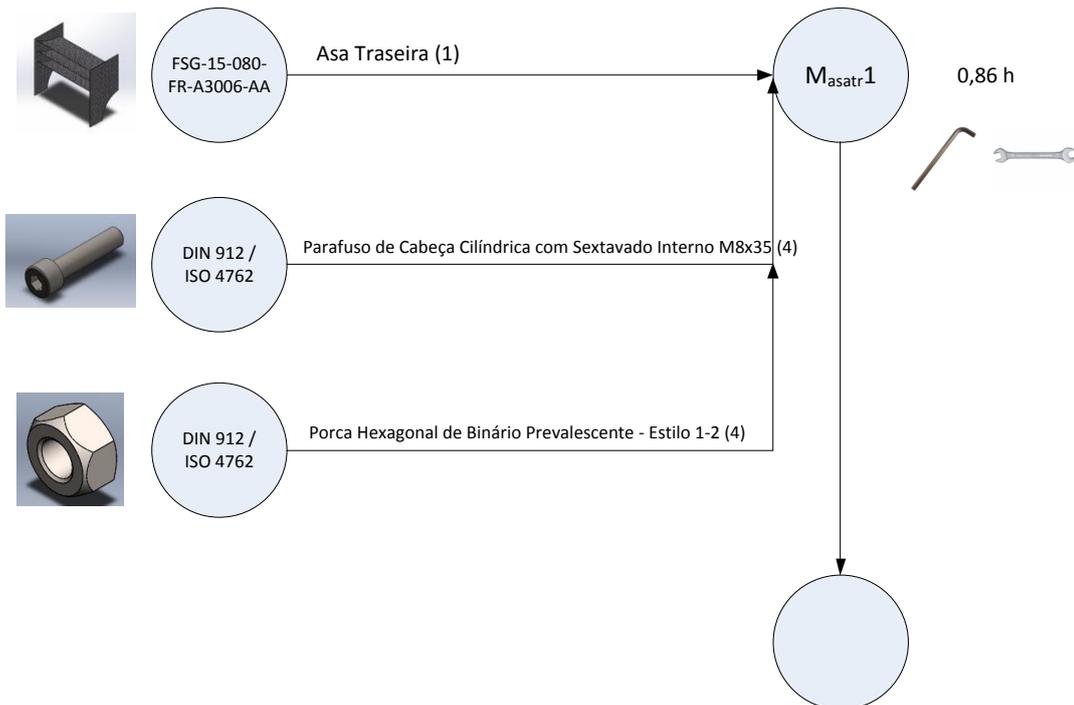


Figura A.23 – Diagrama de Montagem da Asa Traseira

Anexo 3.17 – Diagrama de Montagem das Rodas

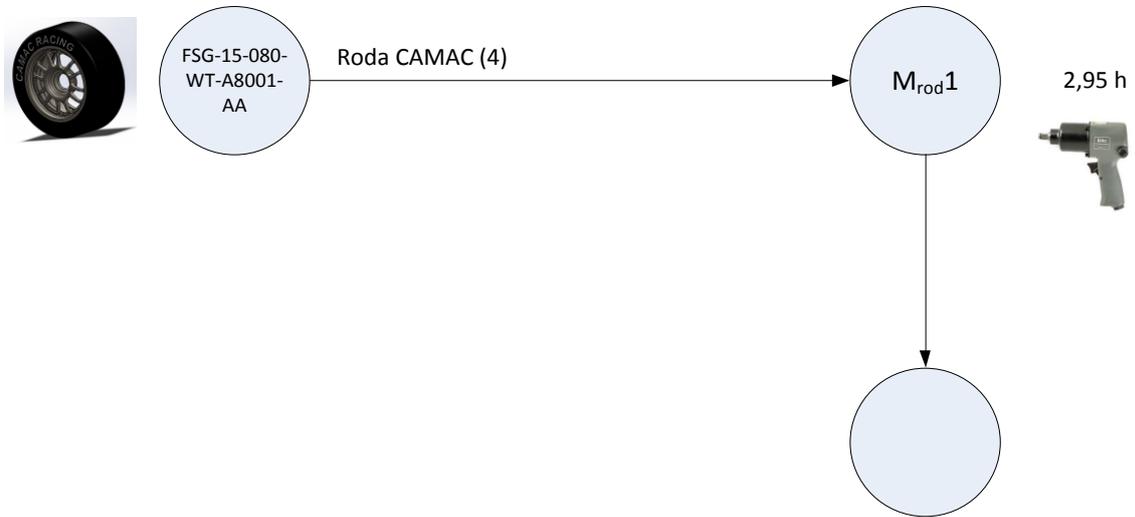


Figura A.24 – Diagrama de Montagem das Rodas

Anexo 4 – Tempos Associados às Operações de Submontagem do Veículo do FSIPLEiria

Tabela A.3 – Tempos Associados às Operações de Submontagem da Caixa de Direção do Veículo de Competição do FSIPLEiria

Qtd.	Designação	Tempo Unitário [h]	Tempo Total [h]
2	Rótula da Direção	0,50	1,00
1	Direção de Pinhão e Cremalheira	0,43	0,43
6	Casquilhos	0,10	0,60
Tempo Total [h]			2,03
Tempo Restante para Fixação do Conjunto ao Chassis [h]			0,38

Tabela A.4 – Tempos Associados às Operações de Submontagem da Coluna de Direção do Veículo de Competição do FSIPLEiria

Qtd.	Designação	Tempo Unitário [h]	Tempo Total [h]
2	Junta Cardan	0,52	1,04
1	Rolamento da Coluna de Direção	0,12	0,12
1	Coluna de Direção	0,47	0,47
Tempo Total [h]			1,62
Tempo Restante para Fixação do Conjunto ao Chassis [h]			0,03

Tabela A.5 – Tempos Associados às Operações de Submontagem da Pedaleira do Veículo de Competição do FSIPLEiria

Qtd.	Designação	Tempo Unitário [h]	Tempo Total [h]
2	Bomba Principal	0,40	0,80
3	Pedal	0,30	0,90
Tempo Total [h]			1,70
Tempo Restante para Fixação do Conjunto ao Chassis [h]			0,20

Tabela A.6 – Tempos Associados às Operações de Submontagem da Suspensão do Veículo de Competição do FSIPLeiria

Qtd.	Designação	Tempo Unitário [h]	Tempo Total [h]
4	Conjunto Manga de Eixo	1,9556	7,82
4	Braço de Suspensão Superior	0,5667	2,27
4	Braço de Suspensão Inferior	0,60	2,40
4	Conjunto Amortecedor	0,42	1,68
4	Braço de Suspensão Intermédio	0,15	0,60
2	Braço de Suspensão Lateral	0,15	0,30
4	Conjunto Rocker	0,1525	0,61
Tempo Total [h]			15,68

Anexo 5 – Autonomia de Peças no Chão de Fábrica

Tabela A.7 – Autonomia de Peças no Chão de Fábrica para a Montagem do Veículo de Competição do FSIPLeia

Designação	Nº Norma / Desenho	Quantidade para Produção Unitária	Quantidade para Produção Anual	Tipo	Quantidade Armazenada em Chão de Fábrica	Volume em Chão de Fábrica (mm ³)	
						Unitário	Total
Motor	FSG-15-080-EN-20101-AA	1	40	A	2	31913673,47	63827346,94
Amortecedor	FSG-15-080-SU-70602-AA	4	160	A	8	144790,13	1158321,04
Roda CAMAC	FSG-15-080-WT-A8001-AA	4	160	A	8	3999209,691	31993677,52
Rolamento de Esferas INA/FAG S6009-2RSR	FSG-15-080-WT-80202-AA	4	160	A	8	30843,95	246751,6
Cubo de Roda	FSG-15-080-WT-80203-AA	4	160	A	8	375867,28	3006938,24
Chassis_V22_DC&MS	FSG-15-080-FR-A3002-AA	1	40	A	2	5575114,33	11150228,66
Manga de Eixo	FSG-15-080-SU-70801-AA	4	160	A	8	409793,66	3278349,28
Banco	FSG-15-080-MS-50101-AA	1	40	A	2	4267348,77	8534697,54
Pinça de Travão	FSG-15-080-BR-10106-AA	4	160	A	8	115819,6	926556,8
Diferencial	FSG-15-080-EN-A2007-AA	1	40	A	2	2784644,91	5569289,82
Carenagem Lateral Esquerda	FSG-15-080-FR-30307-AA	1	40	A	2	9055272,43	18110544,86

Carenagem Lateral Direita	FSG-15-080-FR-30308-AA	1	40	A	2	9055272,43	18110544,86
Volante	FSG-15-080-ST-60103-AA	1	40	A	2	283349,74	566699,48
Bomba Principal	FSG-15-080-FR-30105-AA	2	80	A	4	58777,70066	235110,8026
Linha de Combustível - Entrada e Retorno	FSG-15-080-EN-20506-AA	1	40	A	2		
Bateria de Lítio Aliant X2	FSG-15-080-EL-40101-AA	1	40	A	2	832736,97	1665473,94
Tubo de Braço de Suspensão – Superior	FSG-15-080-SU-70206-AA	8	320	A	16	16918,86	270701,76
Tubo de Braço de Suspensão – Inferior	FSG-15-080-SU-70206-AA	8	320	A	16	22321,76	357148,16
Mola de Amortecedor	FSG-15-080-SU-70603-AA	4	160	A	8	13422,38	107379,04
Depósito de Combustível	FSG-15-080-EN-20504-AA	1	40	B	4	887913,88	3551655,52
Rolamento de Esferas INA/FAG 6010-2RSR	FSG-15-080-WT-80202-AA	4	160	B	16	39102,37	625637,92
Disco de Travão	FSG-15-080-BR-10101-AA	4	160	B	16	152993,88	2447902,08
Coluna de Direção e Eixo	FSG-15-080-ST-60103-AA	1	40	B	4	24033,18	96132,72
Base da Pedaleira	FSG-15-080-FR-30104-AA	1	40	B	4	120811,71	483246,84
Rocker	FSG-15-080-SU-70101-AA	4	160	B	16	37193,28	595092,48
Atenuador de Impacto	FSG-15-080-FR-A3004-AA	1	40	B	4	597762,12	2391048,48
Carenagem	FSG-15-080-FR-A3003-AA	1	40	B	4	18755887,37	75023549,48

Apoio Disco de Travão	FSG-15-080-BR-10108-AA	16	640	B	64	593,76	38000,64
Porca Central de Segurança	FSG-15-080-WT-80201-AA	4	160	B	16	177048,11	2832769,76
Suporte da Pinça de Travão	FSUK-15-080-SU-70803-AA	4	160	B	16	29801,35	476821,6
Cabeça Articulada INA/FAG GAR8-DO	DIN ISO 12 240-4	8	320	B	32	4227,84	135290,88
Cabeça Articulada INA/FAG GIL8-DO	DIN ISO 12 240-4	8	320	B	32	5075,25	162408
Cabeça Articulada INA/FAG GAR8-DO	DIN ISO 12 240-4	8	320	B	32	4227,84	135290,88
Direção de Pinhão e Cremalheira 125mm	FSG-15-080-ST-60101-AA	1	40	B	4	63901,446	255605,784
Tubo de Braço de Suspensão – Intermédio	FSG-15-080-SU-70206-AA	4	160	B	16	13676,42	218822,72
Suporte em U	FSG-15-080-ST-60134-AA	1	40	B	4	10950,59	43802,36
Rolamento Axial de Agulhas e Esferas INA/FAG NX10-Z	FSG-15-080-SU-70103-AA	8	320	B	32	2601,02	83232,64
Suporte Rótula do Braço de Suspensão Superior	FSG-15-080-SU-70201-AA	4	160	B	16	29492,76	471884,16
Chumaceira Inferior	FSG-15-080-ST-60128-AA	2	80	B	8	10405,21	83241,68
Chumaceira Superior	FSG-15-080-ST-60129-AA	2	80	B	8	6448,29	51586,32

Apoio Track	FSG-15-080-SU-70804-AA	4	160	B	16	25140,35	402245,6
Pedal de Acelerador	FSG-15-080-FR-30101-AA	1	40	B	4	76529,51	306118,04
Cabeça Articulada INA/FAG GIL8-DO	DIN ISO 12 240-4	4	160	B	16	5075,25	81204
Pedal de Travão	FSG-15-080-FR-30102-AA	1	40	C	20	78164,12	1563282,4
Inserção do Tubo de Braço de Suspensão Intermédio	FSG-15-080-SU-70401-AA	8	320	C	160	3594,41	575105,6
Suporte Rótula do Braço de Suspensão Inferior	FSG-15-080-SU-70301-AA	4	160	C	80	9089,32	727145,6
Tubo de Braço de Suspensão – Lateral	FSG-15-080-SU-70206-AA	2	80	C	40	12094,55	483782
Apoio Rótula Superior	FSG-15-080-SU-70802-AA	4	160	C	80	28234,42	2258753,6
Espaçador Rocker 8.4	FSG-15-080-SU-70102-AA	16	640	C	320	573,59	183548,8
Pedal de Embraiagem	FSG-15-080-FR-30103-AA	1	40	C	20	68117,22	1362344,4
Porca de Segurança do Cubo de Roda	FSG-15-080-WT-80205-AA	4	160	C	80	16660,32	1332825,6
Encosto de Cabeça	FSG-15-080-MS-50104-AA	1	40	C	20	1155481,69	23109633,8
Inserção Inferior do Tubo de Braço de Suspensão	FSG-15-080-SU-70204-AA	8	320	C	160	1926,69	308270,4

Inserção Inferior do Tubo de Braço de Suspensão	FSG-15-080-SU-70204-AA	8	320	C	160	1926,69	308270,4
Junta Cardan	FSG-15-080-ST-60132-AA	1	40	C	20	6144,3	122886
Veio da Coluna de Direção	FSG-15-080-ST-60131-AA	1	40	C	20	9566,15	191323
Difusor	FSG-15-080-FR-A3007-AA	1	40	C	4	7963455,74	31853822,96
Rolamento de Esferas INA/FAG 4203-B-TVH	DIN 625-3	1	40	C	20	12062	241240
Inserção do Tubo de Braço de Suspensão Lateral	FSG-15-080-SU-70401-AA	4	160	C	80	3594,41	287552,8
Asa Traseira	FSG-15-080-FR-A3006-AA	1	40	C	4	40989026,12	163956104,5
Rótula da Caixa de Direção	FSG-15-080-ST-60112-AA	2	80	C	40	4227,96	169118,4
Kit de Cones de Jante	FSG-15-080-WT-80204-AA	4	160	C	80	5003,59	400287,2
Pinhão de 24 Dentes	FSG-15-080-ST-60124-AA	1	40	C	20	30967,67	619353,4
Corpo da Caixa de Direção	FSG-15-080-ST-60102-AA	1	40	C	20	68410,12	1368202,4
Rótula Radial INA/FAG GE10-DO	FSG-15-080-SU-70205-AA	4	160	C	80	1455,05	116404
Rótula Radial INA/FAG GE10-DO	FSG-15-080-SU-70205-AA	4	160	C	80	1455,05	116404
Batente Inferior da Suspensão Frontal	FSG-15-080-ST-60111-AA	2	80	C	40	5189,54	207581,6

Tampa da Caixa de Direção	FSG-15-080-ST-60126-AA	1	40	C	20	11196,82	223936,4
Capa do Pedal de Embraiação	FSG-15-080-FR-30106-AA	1	40	C	20	29473,37	589467,4
Capa do Pedal de Travão	FSG-15-080-FR-30107-AA	1	40	C	20	29473,37	589467,4
Capa do Pedal de Acelerador	FSG-15-080-FR-30108-AA	1	40	C	20	29473,37	589467,4
Asa Frontal	FSG-15-080-FR-A3005-AA	1	40	C	4	12710001,15	50840004,6
Espaçador 7.9	FSG-15-080-SU-70806-AA	8	320	C	160	1051,97	168315,2
Espaçador 7.8 - Interior Suporte Caixa de Direção	FSG-15-080-SU-70807-AA	8	320	C	160	664,41	106305,6
Espaçador 7.9	FSG-15-080-SU-70806-AA	8	320	C	160	1051,97	168315,2
Adaptador para Cubo	FSG-15-080-ST-60133-AA	1	40	C	20	27236,76	544735,2
Casquilho Central da Caixa de Direção	FSG-15-080-ST-60121-AA	1	40	C	20	315,87	6317,4
Calço Estático	FSG-15-080-SU-70805-AA	4	160	C	80	7725,95	618076
Parafuso de Cabeça Hexagonal M6	DIN 912 / ISO 4762	8	320	C	160	1322,0832	211533,312
Parafuso de Cabeça Hexagonal	DIN 912 / ISO 4762	16	640	C	320	1322,0832	423066,624
Parafuso de Cabeça Hexagonal	DIN 912 / ISO 4762	12	480	C	240	1322,0832	317299,968
Parafuso de Cabeça Hexagonal	DIN 912 / ISO 4762	12	480	C	240	1322,0832	317299,968
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	8	320	C	160	2668,902	427024,32

Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	6	240	C	120	2668,902	320268,24
Parafuso de Cabeça Hexagonal M8	DIN 912 / ISO 4762	8	320	C	160	1322,0832	211533,312
Parafuso de Apoio, Bola, sem Cabeça, com Porca Hexagonal	FSG-15-080-ST-60123-AA	1	40	C	20	107,49	2149,8
Sistema de Escape	FSG-15-080-EN-A2003-AA	1	40	C	20	591378,46	11827569,2
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	4	160	C	80	2668,902	213512,16
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	4	160	C	80	2668,902	213512,16
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	4	160	C	80	2668,902	213512,16
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	4	160	C	80	2668,902	213512,16
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	4	160	C	80	2668,902	213512,16
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno	DIN 912 / ISO 4762	8	320	C	160	2668,902	427024,32

Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno	DIN 912 / ISO 4762	8	320	C	160	2668,902	427024,32
Parafuso de Cabeça Hexagonal	DIN 912 / ISO 4762	4	160	C	80	1322,0832	105766,656
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	8	320	C	160	757,184	121149,44
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente	DIN EN ISO 7040	8	320	C	160	853,501	136560,16
Porca Hexagonal Fina de Grau Chanfrado M8	ISO 4035	8	320	C	160	429,34	68694,4
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente	DIN EN ISO 7040	8	320	C	160	853,501	136560,16
Casquilho INA/FAG EGB2025-E40	FSG-15-080-ST-60122-AA	2	80	C	40	2505,19	100207,6
Casquilho INA/FAG EGB1610-E40	FSG-15-080-ST-60127-AA	2	80	C	40	534,07075	21362,83
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	2	80	C	40	2668,902	106756,08
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno	DIN 912 / ISO 4762	4	160	C	80	2668,902	213512,16

Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	4	160	C	80	757,184	60574,72
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2 M8	DIN EN ISO 7040	4	160	C	80	757,184	60574,72
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	4	160	C	80	757,184	60574,72
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	4	160	C	80	757,184	60574,72
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	4	160	C	80	757,184	60574,72
Porca Hexagonal Fina de Grau Chanfrado	ISO 4035	4	160	C	80	429,34	34347,2
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	4	160	C	80	757,184	60574,72
Casquilho INA/FAG EGB1610- E40 – 01	FSG-15-080-ST-60125-AA	1	40	C	20	520	10400
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	1	40	C	20	2668,902	53378,04
Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	1	40	C	20	2668,902	53378,04

Parafuso de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interno M8x35	DIN 912 / ISO 4762	1	40	C	20	2668,902	53378,04
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente de Inserção - Estilo 1	DIN EN ISO 7040	2	80	C	40	952,751	38110,04
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	2	80	C	40	757,184	30287,36
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	1	40	C	20	757,184	15143,68
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	1	40	C	20	757,184	15143,68
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente - Estilo 1-2	DIN EN ISO 7040	1	40	C	20	757,184	15143,68
Anilha de Segurança do Cubo de Roda	FSG-15-080-WT-80206-AA	4	160	C	80	1866,85	149348
Porca Hexagonal de Binário Prevalecente de Inserção Fina M6	DIN EN ISO 10511	1	40	C	20	344,97	6899,4
Anel Retenção Externo Invertido	FSG-15-080-ST-60135-AA	1	40	C	20	95,04	1900,8

Anexo 6 – Custo do Processo de Montagem do Veículo de Competição do FSIPLEiria

$$C_{mon} = \frac{C_{comp} \cdot taxa_produção_{min} \cdot n_{horas} + \sum_{i=1}^N (C_{rh} + C_{equip} + C_{energ})_i \cdot n_{horas_i} + C_{stk} + C_{setup}}{taxa_produção_{min} \cdot n_{horas}}$$

C_{comp} = Custo Total de Stock Para a Montagem de Um Veículo – Custo do Chassis (=)

$$(=) C_{comp} = 8696,46 - 326,15 = 8370,31 \text{ €}$$

$$taxa_produção_{min} = 1$$

$$n_{horas} = 39 \text{ horas}$$

$$N = 1$$

Custo com Recursos Humanos:

$$C_{rh} = p_{mdo} \times n_{horas} \times n_t$$

$$p_{mdo} = \frac{\text{Preço Mensal de Compra de Mão-de-Obra}}{\frac{h \times d \times s}{12}} = \frac{717,10}{\frac{8 \times 5 \times 52}{12}} = 4,137 \text{ €/h}$$

$$n_{horas} = 39 \text{ horas}$$

$$n_t = 2 \text{ trabalhadores}$$

$$C_{rh} = p_{mdo} \times n_{horas} \times n_t = 4,137 \times 39 \times 2 = 322,69 \text{ €}$$

Custo com Equipamentos:

$$C_{equip} = \left(\frac{\text{Custo Aquisição Máq. Soldar}}{\text{Tempo Vida Útil} \times \text{Produção Anual}} + \frac{\text{Custo Manutenção Anual Máq. Soldar}}{\text{Tempo Vida Útil} \times \text{Produção Anual}} \right) \times \text{Tempo Soldadura}$$

$$\text{Custo Aquisição Máquina Soldar} = 851,84 \text{ €}$$

$$\text{Tempo Vida Útil Máquina Soldar} = 5 \text{ anos}$$

Produção Anual = 40 Veículos/ano

n_{horas} = 39 horas

Tempo Soldadura = 4,53 horas

Custo Manutenção Anual Máquina Soldar = Custo Aquisição Máquina Soldar × 0,05 (=)

(=) Custo Manutenção Anual Máquina Soldar = 851,84 × 0,05 = 42,59 €

$$C_{equip} = \left(\frac{\text{Custo Aquisição Máq. Soldar}}{\text{Tempo Vida Útil} \times \text{Produção Anual}} + \frac{\text{Custo Manutenção Anual Máq. Soldar}}{\text{Tempo Vida Útil} \times \text{Produção Anual}} \right) \times \text{Tempo Soldadura} (=)$$

$$(=) C_{equip} = \left(\frac{851,84}{5 \times 40} + \frac{42,59}{5 \times 40} \right) \times 4,53 = 0,52 \text{ €}$$

Custos com Energia:

$$C_{energ} = \frac{I \times V}{1000} \times p_e \times \text{Tempo Soldadura} + \text{Consumo de Energia Extra Soldadura} \times n_{horas} \times p_e$$

I = 170 A

V = 230 V

p_e = 0,00212 €/kWh

Tempo Soldadura = 4,53 horas

Consumo de Energia Extra Soldadura = 30 kW → Valor Assumido

n_{horas} = 39 horas

$$C_{energ} = \frac{I \times V}{1000} \times p_e \times \text{Tempo Soldadura} + \text{Consumo Energia Extra Soldadura} \times n_{horas} \times p_e (=)$$

$$(=) C_{energ} = \frac{170 \times 230}{1000} \times 0,00212 \times 4,53 + 30 \times 39 \times 0,00212 = 2,86 \text{ €}$$

$$C_{stk} = 224,16 \text{ €}$$

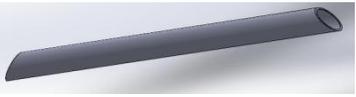
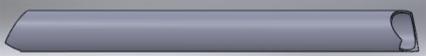
$$C_{setup} = 0 \text{ €}$$

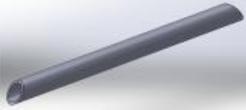
$$C_{mon} = \frac{C_{comp} \cdot \text{taxa}_{\text{produção}} \cdot n_{horas} + \sum_{i=1}^N (C_{rh} + C_{equip} + C_{energ})_i \cdot n_{horas_i} + C_{stk} + C_{setup}}{\text{taxa}_{\text{produção}} \cdot n_{horas}}$$

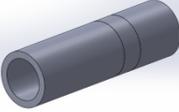
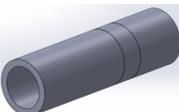
$$(=) C_{mon} = \frac{8370,31 \times 1 \times 39 + (322,69 + 0,52 + 2,86) \times 39 + 224,16 + 0}{1 \times 39} = 8702,12 \text{ €}$$

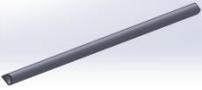
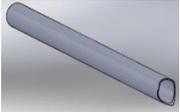
Anexo 7 – Tubos que Compõem o Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeia

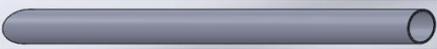
Tabela A.8 – Tubos que Compõem o Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeia

Nº Tubo	Qtd.	Imagem Representativa	Comprimento da Linha Neutra [mm]
1	2		175,74
2	2		132,54
3	1		348,66
4	1		352,47
5	2		194,14
6	2		108,47
7	2		357,63
8	2		339,51
9	2		207,79
10	2		350,94

11	2		244,31
12	2		134,94
13	1		352,02
14	1		393,95
15	2		487,86
16	2		462,80
17	2		395,40
18	2		418,47
19	2		162,13
20	2		149,04
21	1		346,48
22	2		275,80

23	2		180,93
24	2		440,00
25	1		1607,96
26	1		522,71
27	2		617,52
28	2		663,23
29	2		639,22
30	2		686,82
31	1		2395,94
32	2		116,97
33	1		85,00
34	2		226,80
35	1		70,00

36	2		220,81
37	1		613,18
38	2		335,98
39	2		436,79
40	2		374,29
41	2		494,94
42	2		362,21
43	2		387,79
44	2		194,27
45	2		489,29

46	1		333,38
47	1		410,39
48	1		494,58
49	2		399,71
50	2		333,93
51	2		646,50
52	2		263,10
53	1		409,60
54	1		525,85
55	2		183,19

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexo 8 – Identificação dos Tubos do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeia

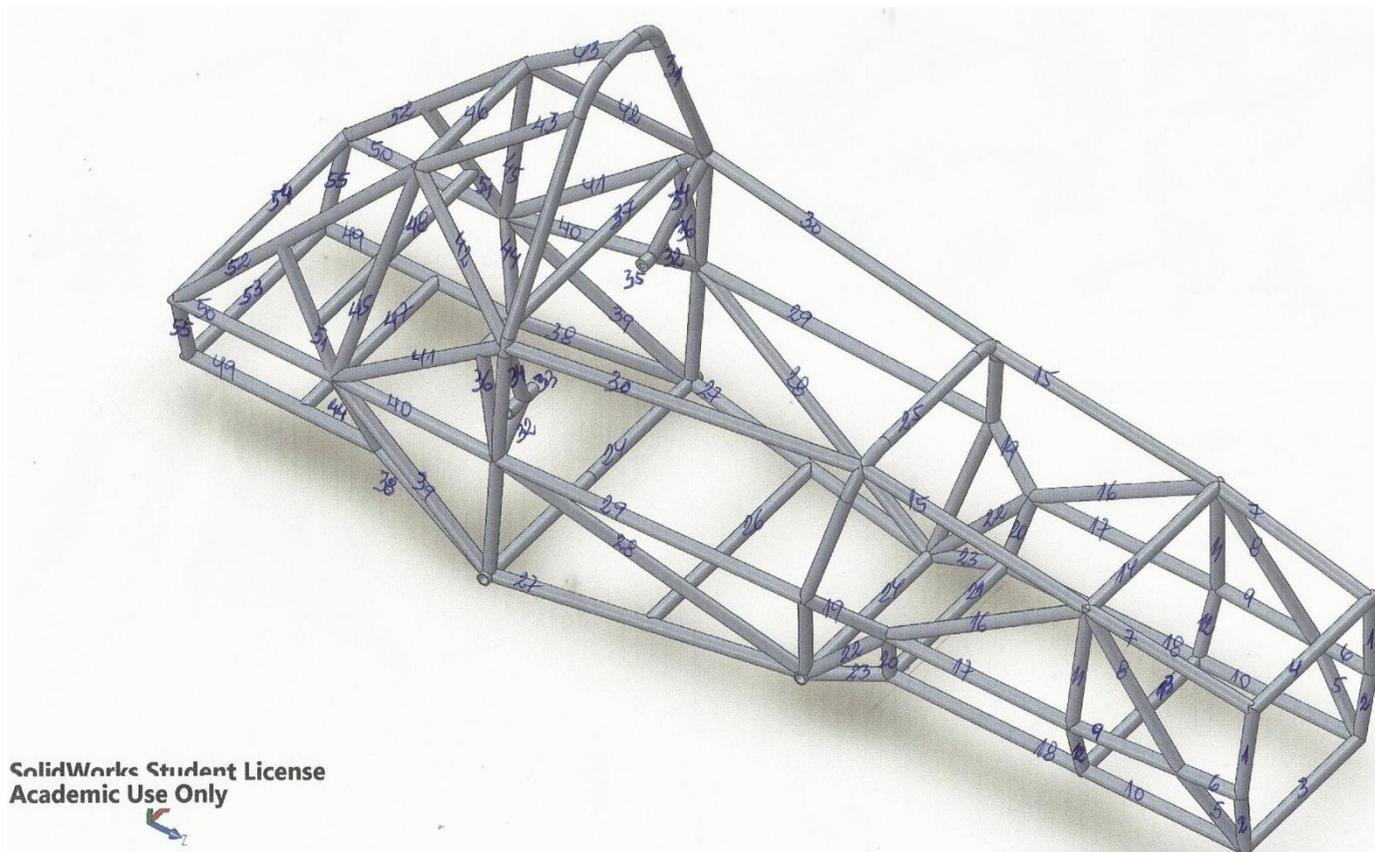


Figura A.25 – Identificação dos Tubos do Chassis do Veículo do FSIPLeia

Anexo 9 – Identificação dos Pontos de Soldadura do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeiria

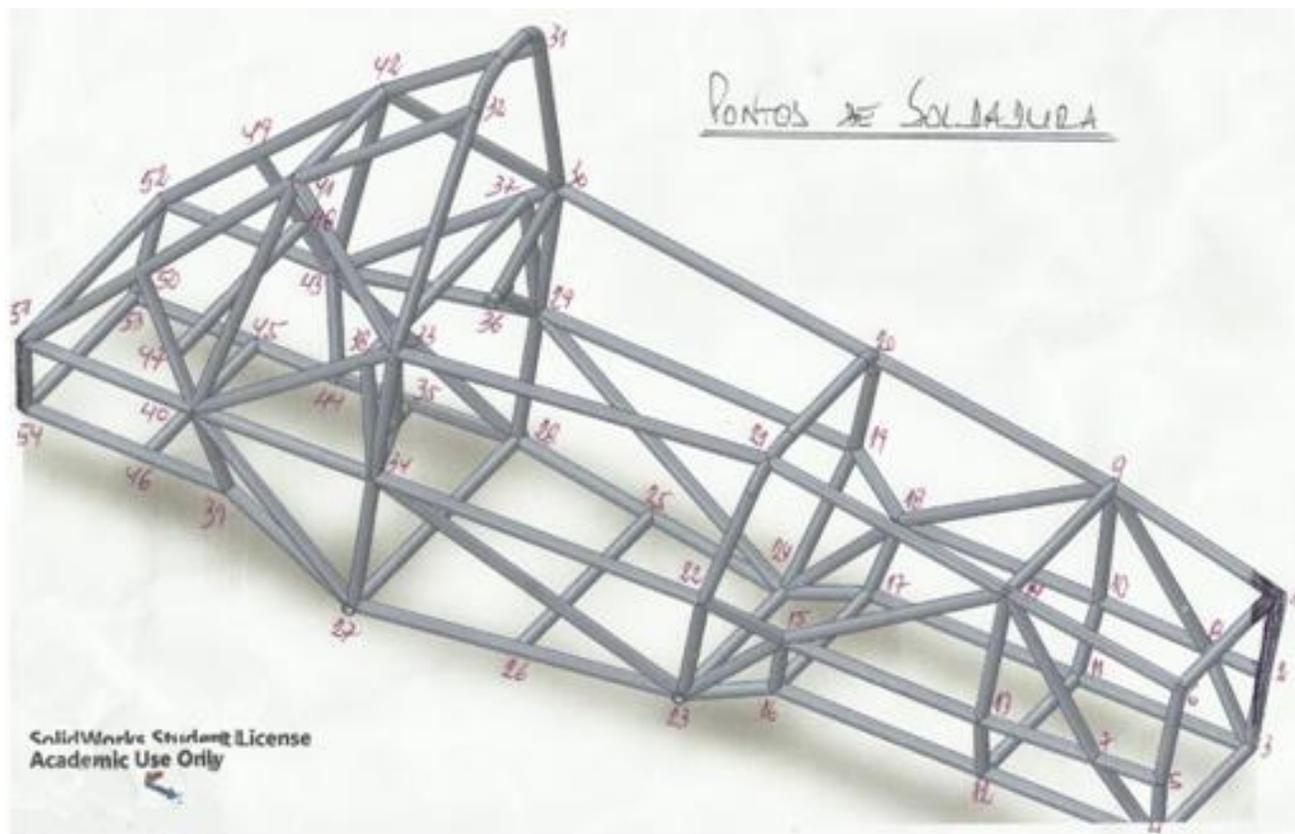


Figura A.26 – Identificação dos Pontos de Soldadura do Chassis do Veículo do FSIPLeiria

Anexo 10 – Cálculo da Distância a Soldar no Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeia

Tabela A.9 – Pontos de Soldadura do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeia

Ponto de Soldadura	Número de Extremidades a Soldar	Número de Soldaduras
1	3	2
2	3	2
3	4	3
4	4	3
5	3	2
6	3	2
7	4	3
8	4	3
9	6	5
10	4	3
11	4	3
12	4	3
13	4	3
14	6	5
15	5	4
16	4	3
17	4	3
18	5	4
19	2	2
20	2	2
21	2	2
22	2	2
23	5	5

24	5	5
25	1	1
26	1	1
27	4	4
28	4	4
29	5	5
30	4	4
31	1	1
32	1	1
33	4	4
34	5	5
35	2	2
36	2	2
37	2	2
38	2	2
39	3	2
40	7	6
41	5	4
42	5	4
43	7	6
44	3	2
45	1	1
46	1	1
47	1	1
48	1	1
49	1	1
50	1	1
51	4	3
52	4	3
53	3	2
54	3	2
	180	152

$d = \text{diâmetro do tubo} = 1 \text{ polegada} = 25,4 \text{ mm}$

$\text{Distância a Soldar por Chassis} = \pi \times d \times N^{\circ} \text{ Total de Soldaduras} = \pi \times 25,4 \times 152 (=)$

$(=) \text{Distância a Soldar por Chassis} = 12129,06 \text{ mm} = 12,12906 \text{ m}$

Fator Corretivo → 25%

$\text{Distância Total a Soldar por Chassis} = \text{Distância a Soldar} \times 1,25 (=)$

$(=) \text{Distância Total a Soldar por Chassis} = 12129,06 \times 1,25 (=)$

$(=) \text{Distância Total a Soldar por Chassis} = 15161,3 \text{ mm} = 15,1613 \text{ m}$

Para a Produção Anual de Chassis (40 Chassis):

$\text{Distância Total a Soldar Anualmente} = \text{Distância Total a Soldar} \times 40 (=)$

$(=) \text{Distância Total a Soldar Anualmente} = 15161,3 \times 40 (=)$

$(=) \text{Distância Total a Soldar Anualmente} = 606453,04 \text{ mm} = 606,45304 \text{ m}$

Notas:

- As distâncias a soldar na construção do chassis, indicadas inicialmente, são as mínimas a verificar, pois considerou-se sempre a secção de corte mínima, ou seja, o perímetro de soldadura seria sempre o diâmetro do tubo, isto é, 1 polegada (25,4 mm). Uma vez que podem existir alterações na secção de corte de modo a facilitar a soldadura, como por exemplo chanfros, o que faz com que o perímetro a soldar seja maior, foi, por isso, adicionado o fator corretivo acima indicado de 25%;
- Considerou-se, que sempre que houvessem dois ou mais tubos a soldar por ponto de soldadura, a união dos dois primeiros tubos, representava uma única soldadura.

Anexo 11 – Tempos de Fabrico do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeiria e Número de Recursos Necessários

Anexo 11.1 – Corte a Laser

$$v_{\text{Corte a Laser}} = 166,67 \text{ mm/min} = 0,1667 \text{ m/min} = 0,0028 \text{ m/s}$$

$$d = \text{diâmetro do tubo} = 1 \text{ polegada} = 25,4 \text{ mm}$$

$$\text{Distância a Cortar por Tubo} = \pi \times d = \pi \times 25,4 = 79,7965 \text{ mm} = 0,0797965 \text{ m}$$

$$\text{Número de Extremidades de Tubo a Cortar} = N^{\circ} \text{ de Tubos} \times 2 = 94 \times 2 = 188$$

$$\begin{aligned} \text{Distância a ser Cortada} &= \text{Distância a Cortar por Tubo} \times N^{\circ} \text{ Extremidades} (=) \\ (=) \text{Distância a ser Cortada} &= 79,7965 \times 188 = 15001,73 \text{ mm} = 15,00173 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Distância Total a ser Cortada} &= \text{Distância a ser Cortada} \times \text{Fator Corretivo} (=) \\ (=) \text{Distância Total a ser Cortada} &= 15001,73 \times 1,5 = 22502,6 \text{ mm} = 22,5026 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Tempo de Corte} = \frac{\text{Distância Total a ser Cortada}}{v_{\text{Corte a Laser}}} = \frac{22,5026}{0,0028} = 8100,9359 \text{ s} = 135,0156 \text{ min}$$

$$\text{Tempo Entre Cortes e de Movimentação das Cabeças de Corte} = 10 \text{ min}$$

$$\text{Tempo Total para Efetuar Corte a Laser} = 135,0156 + 10 = 145,0156 \text{ min}$$

Verificação do Número de Máquinas Necessárias:

$$N_m = \frac{\text{Tempo Total para Efetuar Corte a Laser}}{\text{Tempo de Ciclo}} = \frac{145,0156}{2340} = 0,062 \rightarrow 1 \text{ máquina}$$

Anexo 11.2 – Dobragem de Tubo

$$v_{\text{Dobragem de Tubo}} = 43 \text{ }^{\circ}/\text{s} [32]$$

Tabela A.10 – Ângulos a Dobrar

	Ângulos a Dobrar [°]	
	Tubo 1	Tubo 2
	135,87	36,20
	135,87	36,20
	183,65	40,11
	183,65	
Total de Ângulos a Dobrar [°]	639,04	112,51

$$\text{Tempo para Dobragem do Tubo 1} = \frac{\text{Total de Ângulos a Dobrar no Tubo 1}}{v_{\text{Dobragem de Tubo}}} (=)$$

$$(=) \text{Tempo para Dobragem do Tubo 1} = \frac{639,04}{43} = 14,8614 \text{ s}$$

$$\text{Tempo para Dobragem do Tubo 2} = \frac{\text{Total de Ângulos a Dobrar no Tubo 2}}{v_{\text{Dobragem de Tubo}}} (=)$$

$$(=) \text{Tempo para Dobragem do Tubo 2} = \frac{112,51}{43} = 2,6165 \text{ s}$$

$$\text{Tempo Total para Dobragem de Tubo} = 14,8614 + 2,6165 = 17,4779 \text{ s} = 0,2913 \text{ min}$$

$$\text{Tempo Entre Dobragens e de Movimentação da Ferramenta} = 15 \text{ min}$$

$$\text{Tempo Total para Efetuar a Dobragem de Tubo} = 0,2913 + 15 = 15,2913 \text{ min}$$

Verificação do Número de Máquinas Necessárias:

$$N_m = \frac{\text{Tempo Total para Efetuar a Dobragem de Tubo}}{\text{Tempo de Ciclo}} = \frac{15,2913}{2340} = 0,0065 \rightarrow 1 \text{ máquina}$$

Anexo 11.3 – Soldadura

$$v_{\text{Soldadura}} = 25 \text{ cm/min [37]} = 0,25 \text{ m/min} = 0,0042 \text{ m/s}$$

$$\text{Distância Total de Soldadura} = 15,1613 \text{ m}$$

$$\text{Tempo de Soldadura} = \frac{\text{Distância Total de Soldadura}}{v_{\text{Soldadura}}} = \frac{15,1613}{0,0042} = 3638,7183 \text{ s (=)}$$

$$\text{(=) Tempo de Soldadura} = 60,6453 \text{ min} = 1,0108 \text{ h}$$

$$\text{Eficiência do Processo de Soldadura} \rightarrow 30\%$$

$$\text{Tempo de Soldadura 1} = \frac{\text{Tempo de Soldadura}}{\text{Eficiência do Processo de Soldadura}} = \frac{60,6453}{0,30} \text{ (=)}$$

$$\text{(=) Tempo de Soldadura 1} = 202,1510 \text{ min} = 3,3692 \text{ h}$$

$$\text{Tempo Médio para Preparação de Uma Soldadura e Posicionamento da Ferramenta de Soldadura e do Operador} = 8 \text{ min}$$

$$N^{\circ} \text{ de Soldaduras} = 152$$

$$\text{Tempo Total de Soldadura} = \text{Tempo de Soldadura 1} + (8 \times 152) \text{ (=)}$$

$$\text{(=) Tempo Total de Soldadura} = 202,1510 + (8 \times 152) = 1418,1510 \text{ min (=)}$$

$$\text{(=) Tempo Total de Soldadura} = 23,6359 \text{ h}$$

Verificação do Número de Máquinas Necessárias:

$$N_m = \frac{\text{Tempo Total de Soldadura}}{\text{Tempo de Ciclo}} = \frac{1418,1510}{2340} = 0,6060 \rightarrow 1 \text{ máquina}$$

Anexo 11.4 – Pintura Automóvel

Pintura do Chassis:

$$d = \text{diâmetro do tubo} = 1 \text{ polegada} = 25,4 \text{ mm} = 0,0254 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento Total de Tubo a Pintar no Chassis} = 35,84577 \text{ m}$$

$$\text{Área de Tubo a Pintar no Chassis} = 2 \times \pi \times \frac{d}{2} \times \text{Comprimento Total de Tubo} (=)$$

$$(\text{=}) \text{Área de Tubo a Pintar no Chassis} = 2 \times \pi \times \frac{0,0254}{2} \times 35,84577 = 2,8604 \text{ m}^2$$

$$\text{Tempo de Pintura do Chassis} = 3,06 \text{ h} = 183,6 \text{ min}$$

Tempos de Secagem da Pintura do Chassis:

Tabela A.11 – Tempos de Secagem da Pintura do Chassis

Produto	Tempo de Secagem ao Ar Ambiente [min]
Primário	15 [56]
Base de Cor	15 [55]
Verniz – Intervalo Entre Demãos e Final	20 [54]
Verniz – Acabamento Final	720 [54]
Tempo Total [min]	770
Tempo Total [h]	12,8333

Pintura das Carenagens:

$$\text{Área Superficial da Carenagem Superior} = 7,3833 \text{ m}^2$$

Tempo de Pintura da Carenagem Superior = 4,6 h = 276 min

Área Superficial de Cada Carenagem Lateral = 1,8633 m²

Tempo de Pintura de Cada Carenagem Lateral = 1,9 h = 114 min

Tempo Pintura Carenagens Laterais = Tempo Pintura Cada Carenagem Lateral × 2 (=)

(=) Tempo Pintura Carenagens Laterais = 1,9 × 2 = 3,8 h = 228 min

Tempo Pintura Carenagens = T.P. Carenagem Superior + T.P. Carenagens Laterais (=)

(=) Tempo Pintura Carenagens = 4,6 + 3,8 = 8,4 h = 504 min

Tempos de Secagem da Pintura das Carenagens:

Tabela A.12 – Tempos de Secagem da Pintura das Carenagens

Produto	Tempo de Secagem ao Ar Ambiente [min]
Primário	15 [56]
Base de Cor	20 [58]
Verniz – Intervalo Entre Demãos e Final	10 [57]
Verniz – Acabamento Final	720 [57]
Tempo Total [min]	765
Tempo Total [h]	12,75

Verificação do Número de Máquinas Necessárias:

$$N_m = \frac{\text{Tempo Pintura Chassis} + \text{Tempo Pintura Carenagens}}{\text{Tempo de Ciclo}} = \frac{183,6 + 504}{2340} = 0,2938 \rightarrow 1 \text{ máquina}$$

Anexo 12 – Análise de Custos dos Processos de Fabrico Usados no Fabrico do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeia

Anexo 12.1 – Corte a Laser e Dobragem de Tubo

Custos com Equipamento:

Custo de Depreciação:

$$c_{deq.} = \left(\frac{A_{eq.}}{D_{eq.} \times V_{prod.}} \right) \times t$$

$$A_{eq.} = 20257,70 \text{ €}$$

$$D_{eq.} = 7 \text{ anos}$$

$$V_{prod.} = V_i \times \eta_{eq. \text{ disponível}} \times \eta_{eq. \text{ alocado à obra}}$$

$$V_i = s \times d \times h = 52 \times 5 \times 8 = 2080 \text{ h/ano}$$

$$\eta_{eq. \text{ alocado à obra}} = 0,8$$

$$\eta_{eq. \text{ em manutenção}} = 0,062$$

$$\eta_{eq. \text{ disponível}} = 1 - \eta_{eq. \text{ em manutenção}} = 1 - 0,062 = 0,938$$

$$V_{prod.} = V_i \times \eta_{eq. \text{ disponível}} \times \eta_{eq. \text{ alocado à obra}} = 2080 \times 0,938 \times 0,8 = 1560,832 \text{ h/ano}$$

$$t_{\text{Corte a Laser}} = \frac{1}{v}$$

$$v = v_i \times \eta_r$$

$$v_i = v_{\text{Corte a Laser}} = 166,67 \text{ mm/min} = 10,002 \text{ m/h}$$

$$\eta_r = 0,5 \rightarrow \text{Fator Assumido}$$

$$v = v_i \times \eta_r = 10,002 \times 0,5 = 5,001 \text{ m/h}$$

$$t_{\text{Corte a Laser}} = \frac{1}{v} = \frac{1}{5,001} = 0,19996 \text{ h/m}$$

$$\text{Distância a Cortar} = 22,5026 \text{ m}$$

$$\text{Tempo de Corte} = t_{\text{Corte a Laser}} \times \text{Distância a Cortar} = 0,19996 \times 22,5026 = 4,4996 \text{ h}$$

$$t_{\text{Dobragem de Tubo}} = \frac{1}{v}$$

$$v = v_i \times \eta_r$$

$$v_i = v_{\text{Dobragem de Tubo}} = 43 \text{ }^\circ/\text{s} = 2580 \text{ }^\circ/\text{h}$$

$$\eta_r = 0,95 \rightarrow \text{Fator Assumido}$$

$$v = v_i \times \eta_r = 2580 \times 0,95 = 2451 \text{ }^\circ/\text{h}$$

$$t_{\text{Dobragem de Tubo}} = \frac{1}{v} = \frac{1}{2451} = 0,00041 \text{ h/}^\circ$$

$$\text{Total de Ângulos a Dobrar} = 751,55^\circ$$

Tempo de Dobragem = $t_{Dobragem\ de\ Tubo} \times Total\ de\ \hat{A}ngulos\ a\ Dobrar (=)$

$$(=) \textit{Tempo de Dobragem} = 0,00041 \times 751,55 = 0,3066\ h$$

$$t = \frac{\textit{Tempo de Corte} + \textit{Tempo de Dobragem}}{\textit{Dist\ancia a Cortar}} = \frac{4,4996 + 0,3066}{22,5026} = 0,2136\ h/m$$

$$c_{deq.} = \left(\frac{A_{eq.}}{D_{eq.} \times V_{prod.}} \right) \times t = \left(\frac{20257,70}{7 \times 1560,832} \right) \times 0,2136 = 0,3960\ \textit{€/m}$$

Custo de Manutenção:

$$c_{meq.} = \left(\frac{M_{eq.}}{V_{prod.}} \right) \times t$$

$$M_{eq.} = A_{eq.} \times 0,05 = 20257,70 \times 0,05 = 1012,89\ \textit{€}$$

$$c_{meq.} = \left(\frac{M_{eq.}}{V_{prod.}} \right) \times t = \left(\frac{1012,89}{1560,832} \right) \times 0,2136 = 0,1386\ \textit{€/m}$$

$$\textit{Custos com Equipamento} = c_{deq.} + c_{meq.} = 0,3960 + 0,1386 = 0,5346\ \textit{€/m}$$

Custos com Mão-de-Obra:

$$c_{mdo} = p_{mdo} \times t \times n_t$$

$$p_{mdo} = \frac{\textit{Preço Mensal de Compra de Mão-de-Obra}}{\frac{h \times d \times s}{12}} = \frac{717,10}{\frac{8 \times 5 \times 52}{12}} = 4,137\ \textit{€/h}$$

$$t = 0,2136\ h/m$$

$$n_t = 1\ \textit{trabalhador}$$

$$c_{mdo} = p_{mdo} \times t \times n_t = 4,137 \times 0,2136 \times 1 = 0,8836\ \textit{€/m}$$

Custos com Energia:

$$c_e = \left[\frac{1}{1000} \times \left(\frac{I \times V}{\varphi} \right) \right] \times t \times p_e$$

$$I = ?$$

$$V = 380 \text{ V}$$

$$\varphi = 0,65$$

$$t = 0,2136 \text{ h/m}$$

$$p_e = 0,00212 \text{ €/kWh}$$

$$P = 20 \text{ kW} \rightarrow \text{Valor encontrado em [60]}$$

$$P = V \times I \quad (\Rightarrow) \quad I = \frac{P}{V} = \frac{20000}{380} = 52,63 \text{ A}$$

$$c_e = \left[\frac{1}{1000} \times \left(\frac{I \times V}{\varphi} \right) \right] \times t \times p_e = \left[\frac{1}{1000} \times \left(\frac{52,63 \times 380}{0,65} \right) \right] \times 0,2136 \times 0,00212 = 0,0139 \text{ €/m}$$

Custos com Consumíveis:

Custo com Gás de Corte:

$$c_g = \left(\frac{G}{\rho_g} \right) \times p_g \times n_{cos}$$

$$\rho_g = 1,185 \text{ kg/m}^3 \text{ (Azoto)}$$

$$p_g = 1,65 \text{ €/m}^3$$

$$n_{cos} = 1 \text{ cabeça em execução}$$

$$G = 500 - 2000 \text{ l/h} \rightarrow \text{Valor encontrado em [62]} \rightarrow \text{Cálculos para 2000 l/h}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\Rightarrow) \quad m = \rho_g \times V = 1,185 \times 2,000 = 2,37 \text{ kg/h}$$

Distância a Cortar = 22,5026 m

Tempo para Corte a Laser = 145,0156 min = 2,4169 h

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{Distância a Cortar}}{\text{Tempo para Corte a Laser}} = \frac{22,5026}{2,4169} = 9,3105 \text{ m/h}$$

$$G = \frac{m}{\text{Velocidade}} = \frac{2,37}{9,3105} = 0,2545 \text{ kg/m}$$

$$c_g = \left(\frac{G}{\rho_g}\right) \times p_g \times n_{\cos} = \left(\frac{9,3106}{1,185}\right) \times 1,65 \times 1 = 0,3544 \text{ €/m}$$

$$C_{Total} = (c_{deq.} + c_{meq.}) + c_{mdo} + c_e + c_g (=)$$

$$(=) C_{Total} = (0,3960 + 0,1386) + 0,8836 + 0,0139 + 0,3544 = 1,7865 \text{ €/m}$$

$$\text{Custo por Chassis com Corte Laser/Dobragem Tubo} = C_{Total} \times \text{Distância a Cortar} (=)$$

$$(=) \text{Custo por Chassis com Corte Laser/Dobragem Tubo} = 1,7865 \times 22,5026 (=)$$

$$(=) \text{Custo por Chassis com Corte Laser/Dobragem Tubo} = 40,20 \text{ €}$$

Anexo 12.2 – Soldadura TIG

Custos com Equipamento:

Custo de Depreciação:

$$c_{deq.} = \left(\frac{A_{eq.}}{D_{eq.} \times V_{prod.}}\right) \times t$$

$$A_{eq.} = 851,84 \text{ €}$$

$$D_{eq.} = 5 \text{ anos}$$

$$V_{prod.} = V_i \times \eta_{eq. \text{ disponível}} \times \eta_{eq. \text{ alocado à obra}}$$

$$V_i = s \times d \times h = 52 \times 5 \times 8 = 2080 \text{ h/ano}$$

$$\eta_{eq. \text{ alocado à obra}} = 0,8$$

$$\eta_{eq. \text{ em manutenção}} = 0,062$$

$$\eta_{eq. \text{ disponível}} = 1 - \eta_{eq. \text{ em manutenção}} = 1 - 0,062 = 0,938$$

$$V_{prod.} = V_i \times \eta_{eq. \text{ disponível}} \times \eta_{eq. \text{ alocado à obra}} = 2080 \times 0,938 \times 0,8 = 1560,832 \text{ h/ano}$$

$$t = \frac{1}{v}$$

$$v = v_i \times \eta_r$$

$$v_i = v_{Soldadura} = 25 \text{ cm/min} = 15 \text{ m/h}$$

$$\eta_r = 0,3 \rightarrow \text{Fator Assumido}$$

$$v = v_i \times \eta_r = 25 \times 0,3 = 4,50 \text{ m/h}$$

$$t = \frac{1}{v} = \frac{1}{4,50} = 0,2222 \text{ h/m}$$

$$C_{deq.} = \left(\frac{A_{eq.}}{D_{eq.} \times V_{prod.}} \right) \times t = \left(\frac{851,84}{5 \times 1560,832} \right) \times 0,2222 = 0,0243 \text{ €/m}$$

Custo de Manutenção:

$$C_{meq.} = \left(\frac{M_{eq.}}{V_{prod.}} \right) \times t$$

$$M_{eq.} = A_{eq.} \times 0,05 = 851,84 \times 0,05 = 42,59 \text{ €}$$

$$c_{meq.} = \left(\frac{M_{eq.}}{V_{prod.}} \right) \times t = \left(\frac{42,59}{1560,832} \right) \times 0,2222 = 0,0061 \text{ €/m}$$

$$\text{Custos com Equipamento} = c_{deq.} + c_{meq.} = 0,0243 + 0,0061 = 0,0303 \text{ €/m}$$

Custos com Mão-de-Obra:

$$c_{mdo} = p_{mdo} \times t \times n_t$$

$$p_{mdo} = \frac{\text{Preço Mensal de Compra de Mão-de-Obra}}{\frac{h \times d \times s}{12}} = \frac{717,10}{\frac{8 \times 5 \times 52}{12}} = 4,137 \text{ €/h}$$

$$t = 0,2222 \text{ h/m}$$

$$n_t = 1 \text{ trabalhador}$$

$$c_{mdo} = p_{mdo} \times t \times n_t = 4,137 \times 0,2222 \times 1 = 0,9193 \text{ €/m}$$

Custos com Energia:

$$c_e = \left[\frac{1}{1000} \times \left(\frac{I \times V}{\varphi} \right) \right] \times t \times p_e$$

$$I = 170 \text{ A}$$

$$V = 230 \text{ V}$$

$$\varphi = 0,8$$

$$t = 0,2222 \text{ h/m}$$

$$p_e = 0,00212 \text{ €/kWh}$$

$$c_e = \left[\frac{1}{1000} \times \left(\frac{I \times V}{\varphi} \right) \right] \times t \times p_e = \left[\frac{1}{1000} \times \left(\frac{170 \times 230}{0,8} \right) \right] \times 0,2222 \times 0,00212 = 0,0230 \text{ €/m}$$

Custos com Consumíveis:

Custo com Gases de Proteção:

$$c_g = \left(\frac{G}{\rho_g}\right) \times p_g \times n_{cos}$$

$$\rho_g = 1,784 \text{ kg/m}^3 \text{ (Árgon)}$$

$$n_{cos} = 1 \text{ cabeça em execução}$$

$$G = 6 - 8 \text{ l/min} \rightarrow \text{Valor encontrado em [36]} \rightarrow \text{Cálculos para 8 l/min}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (}=) m = \rho_g \times V = 1,784 \times 0,008 = 0,0143 \text{ kg/min}$$

$$\text{Distância a Soldar} = 15,1613 \text{ m}$$

$$\text{Tempo para Soldadura} = 154,6455 \text{ min}$$

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{Distância a Soldar}}{\text{Tempo para Soldadura}} = \frac{15,1613}{154,6455} = 0,09804 \text{ m/min}$$

$$G = \frac{m}{\text{Velocidade}} = \frac{0,0143}{0,09804} = 0,1459 \text{ kg/m}$$

$$p_g = 32,38 \text{ € para 1,120 kg de gás} \rightarrow \text{Valores encontrados em [66]}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (}=) V = \frac{m}{\rho_g} = \frac{1,120}{1,784} = 0,6278 \text{ m}^3$$

$$p_g = \frac{32,38}{0,6278} = 51,577 \text{ €/m}^3$$

$$c_g = \left(\frac{G}{\rho_g}\right) \times p_g \times n_{cos} = \left(\frac{0,1459}{1,784}\right) \times 51,577 \times 1 = 4,2181 \text{ €/m}$$

Custo com o Consumo de Eléttodos:

$$c_f = F \times p_f \times n_{cos}$$

$$p_f = 5,70 \text{ €/kg}$$

$$n_{cos} = 1 \text{ cabeça em execu\c{c}\~ao}$$

$$F = F' \times \eta_f$$

$$\eta_f = 0,95$$

$$F_1' = 1,35 \text{ kg/h} \rightarrow \text{Valor encontrado em [67]}$$

$$v_i = v_{Soldadura} = 25 \text{ cm/min} = 15 \text{ m/h}$$

$$F' = \frac{F_1'}{v_i} = \frac{1,35}{15} = 0,09 \text{ kg/m}$$

$$F = F' \times \eta_f = 0,09 \times 0,95 = 0,0855 \text{ kg/m}$$

$$c_f = F \times p_f \times n_{cos} = 0,0855 \times 5,70 \times 1 = 0,4874 \text{ €/m}$$

$$\text{Custos com Consumíveis} = c_g + c_f = 4,2181 + 0,4874 = 4,7054 \text{ €/m}$$

$$C_{Total} = (c_{deq.} + c_{meq.}) + c_{mdo} + c_e + (c_g + c_f) (=)$$

$$(=) C_{Total} = (0,0243 + 0,0061) + 0,9193 + 0,0230 + (4,2181 + 0,4874) = 5,6781 \text{ €/m}$$

$$\text{Custo por Chassis com Soldadura TIG} = C_{Total} \times \text{Dist\~ancia a Soldar} (=)$$

$$(=) \text{Custo por Chassis com Soldadura TIG} = 5,6781 \times 15,1613 (=)$$

$$(=) \text{Custo por Chassis com Soldadura TIG} = 86,09 \text{ €}$$

Anexo 12.3 – Soldadura MIG

Custos com Equipamento:

Custo de Depreciação:

$$C_{deq.} = \left(\frac{A_{eq.}}{D_{eq.} \times V_{prod.}} \right) \times t$$

$$A_{eq.} = 1034,43 \text{ €}$$

$$D_{eq.} = 5 \text{ anos}$$

$$V_{prod.} = V_i \times \eta_{eq. \text{ disponível}} \times \eta_{eq. \text{ alocado à obra}}$$

$$V_i = s \times d \times h = 52 \times 5 \times 8 = 2080 \text{ h/ano}$$

$$\eta_{eq. \text{ alocado à obra}} = 0,8$$

$$\eta_{eq. \text{ em manutenção}} = 0,062$$

$$\eta_{eq. \text{ disponível}} = 1 - \eta_{eq. \text{ em manutenção}} = 1 - 0,062 = 0,938$$

$$V_{prod.} = V_i \times \eta_{eq. \text{ disponível}} \times \eta_{eq. \text{ alocado à obra}} = 2080 \times 0,938 \times 0,8 = 1560,832 \text{ h/ano}$$

$$t = \frac{1}{v}$$

$$v = v_i \times \eta_r$$

$$v_i = v_{soldadura} = 25 \text{ cm/min} = 15 \text{ m/h}$$

$$\eta_r = 0,3 \rightarrow \text{Fator Assumido}$$

$$v = v_i \times \eta_r = 25 \times 0,3 = 4,50 \text{ m/h}$$

$$t = \frac{1}{v} = \frac{1}{4,50} = 0,2222 \text{ h/m}$$

$$c_{deq.} = \left(\frac{A_{eq.}}{D_{eq.} \times V_{prod.}} \right) \times t = \left(\frac{1034,43}{5 \times 1560,832} \right) \times 0,2222 = 0,0295 \text{ €/m}$$

Custo de Manutenção:

$$c_{meq.} = \left(\frac{M_{eq.}}{V_{prod.}} \right) \times t$$

$$M_{eq.} = A_{eq.} \times 0,05 = 1034,43 \times 0,05 = 51,72 \text{ €}$$

$$c_{meq.} = \left(\frac{M_{eq.}}{V_{prod.}} \right) \times t = \left(\frac{51,72}{1560,832} \right) \times 0,2222 = 0,0074 \text{ €/m}$$

$$\text{Custos com Equipamento} = c_{deq.} + c_{meq.} = 0,0295 + 0,0074 = 0,0368 \text{ €/m}$$

Custos com Mão-de-Obra:

$$c_{mdo} = p_{mdo} \times t \times n_t$$

$$p_{mdo} = \frac{\text{Preço Mensal de Compra de Mão-de-Obra}}{\frac{h \times d \times s}{12}} = \frac{717,10}{\frac{8 \times 5 \times 52}{12}} = 4,137 \text{ €/h}$$

$$t = 0,2222 \text{ h/m}$$

$$n_t = 1 \text{ trabalhador}$$

$$c_{mdo} = p_{mdo} \times t \times n_t = 4,137 \times 0,2222 \times 1 = 0,9193 \text{ €/m}$$

Custos com Energia:

$$c_e = \left[\frac{1}{1000} \times \left(\frac{I \times V}{\varphi} \right) \right] \times t \times p_e$$

$$I = 170 \text{ A}$$

$$V = 230 \text{ V}$$

$$\varphi = 0,8$$

$$t = 0,2222 \text{ h/m}$$

$$p_e = 0,00212 \text{ €/kWh}$$

$$c_e = \left[\frac{1}{1000} \times \left(\frac{I \times V}{\varphi} \right) \right] \times t \times p_e = \left[\frac{1}{1000} \times \left(\frac{170 \times 230}{0,8} \right) \right] \times 0,2222 \times 0,00212 = 0,0230 \text{ €/m}$$

Custos com Consumíveis:

Custo com Gases de Proteção:

$$c_g = \left(\frac{G}{\rho_g} \right) \times p_g \times n_{cos}$$

$$\rho_g = 1,784 \text{ kg/m}^3 \text{ (Árgon)}$$

$$n_{cos} = 1 \text{ cabeça em execução}$$

$$G = 12 - 16 \text{ l/min} \rightarrow \text{Valor encontrado em [46]} \rightarrow \text{Cálculos para 16 l/min}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (}=) m = \rho_g \times V = 1,784 \times 0,016 = 0,0285 \text{ kg/min}$$

$$\text{Distância a Soldar} = 15,1613 \text{ m}$$

$$\text{Tempo para Soldadura} = 154,6455 \text{ min}$$

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{Distância a Soldar}}{\text{Tempo para Soldadura}} = \frac{15,1613}{154,6455} = 0,09804 \text{ m/min}$$

$$G = \frac{m}{\text{Velocidade}} = \frac{0,0285}{0,09804} = 0,2911 \text{ kg/m}$$

$p_g = 32,38 \text{ €}$ para 1,120 kg de gás → Valores encontrados em [66]

$$\rho = \frac{m}{V} (=) V = \frac{m}{\rho_g} = \frac{1,120}{1,784} = 0,6278 \text{ m}^3$$

$$p_g = \frac{32,38}{0,6278} = 51,577 \text{ €/m}^3$$

$$c_g = \left(\frac{G}{\rho_g}\right) \times p_g \times n_{cos} = \left(\frac{0,2911}{1,784}\right) \times 51,577 \times 1 = 8,4159 \text{ €/m}$$

Custo com o Consumo de Eléttodos:

$$c_f = F \times p_f \times n_{cos}$$

$$p_f = 28,10 \text{ €/kg}$$

$$n_{cos} = 1 \text{ cabeça em execução}$$

$$F = F' \times \eta_f$$

$$\eta_f = 0,95$$

$$F_1' = 1,35 \text{ kg/h} \rightarrow \text{Valor encontrado em [67]}$$

$$v_i = v_{Soldadura} = 25 \text{ cm/min} = 15 \text{ m/h}$$

$$F' = \frac{F_1'}{v_i} = \frac{1,35}{15} = 0,09 \text{ kg/m}$$

$$F = F' \times \eta_f = 0,09 \times 0,95 = 0,0855 \text{ kg/m}$$

$$c_f = F \times p_f \times n_{cos} = 0,0855 \times 28,10 \times 1 = 2,4026 \text{ €/m}$$

$$\text{Custos com Consumíveis} = c_g + c_f = 8,4159 + 2,4026 = 10,8185 \text{ €/m}$$

$$C_{Total} = (c_{deq.} + c_{meq.}) + c_{mdo} + c_e + (c_g + c_f) (=)$$

$$(=) C_{Total} = (0,0295 + 0,0074) + 0,9193 + 0,0230 + (8,4159 + 2,4026) = 11,7976 \text{ €/m}$$

$$\text{Custo por Chassis com Soldadura MIG} = C_{Total} \times \text{Distância a Soldar} (=)$$

$$(=) \text{Custo por Chassis com Soldadura MIG} = 11,7976 \times 15,1613 (=)$$

$$(=) \text{Custo por Chassis com Soldadura MIG} = 178,87 \text{ €}$$

Anexo 12.4 – Pintura

Chassis:

Custo com Mão-de-Obra:

$$C_{mdo} = p_{mdo \text{ pintura}} \times t_{pintura \text{ chassis}} \times n_t$$

$$p_{mdo \text{ pintura}} = 30 \text{ €/h}$$

$$t_{pintura \text{ chassis}} = 3,06 \text{ h}$$

$$n_t = 1 \text{ trabalhador}$$

$$C_{mdo} = p_{mdo \text{ pintura}} \times t_{pintura \text{ chassis}} \times n_t = 30 \times 3,06 \times 1 = 91,80 \text{ €}$$

Custo com Material:

Tabela A.13 – Custo com Materiais *Spies Hecker* Referente à Execução da Pintura do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeia

Material <i>Spies Hecker</i>	Densidade [g/cm³]	QTD. [g]	QTD. [L]	Custo Unitário [€/L]	Custo Total [€]
<i>Permaloid® Desengordurante 7799</i>	0,73	312	0,427	15,48 €	6,62 €
<i>Priomat® Wash Primer 1K 4085</i>	1,07	31,31	0,029	40,07 €	1,17 €
<i>Permacron® Base Bicamada 293</i>	0,93	144,28	0,155	103,07 €	15,99 €
<i>Permacron® Diluente Supercryl 3054</i>	0,85	28,86	0,034	27,56 €	0,94 €
<i>Permacron® Matt Clear Coat 8085</i>	1,03	130,77	0,127	63,63 €	8,08 €
<i>Permasolid® Endurecedor HS 3310</i>	1,00	43,59	0,044	70,32 €	3,07 €
<i>Permacron® Diluente 3380</i>	0,83	59,25	0,071	22,91 €	1,64 €
Custo Total [€]					37,49 €

Tabela A.14 – Custo com Materiais *3M* Referente à Execução da Pintura do Chassis do Veículo de Competição do FSIPLeia

Material <i>3M</i>	Quantidade	Custo Unitário [€/L]	Custo Total [€]
Grão de Lixa P600	1	1,18 €	1,18 €
Grão de Lixa P800	1	1,18 €	1,18 €
Grão de Lixa P1000	1	1,18 €	1,18 €
Custo Total [€]			3,54 €

$$\text{Custo Total com Material} = 37,49 + 3,54 = 41,03 \text{ €}$$

$$\text{Custo Total com a Pintura do Chassis} = C_{mdo} + \text{Custo Total com Material} (=)$$

$$(=) \text{Custo Total com a Pintura do Chassis} = 91,80 + 41,03 = 132,83 \text{ €}$$

Carenagem Superior:

Custo com Mão-de-Obra:

$$C_{mdo} = p_{mdo\ pintura} \times t_{pintura\ carenagem\ sup.} \times n_t$$

$$p_{mdo\ pintura} = 30 \text{ €/h}$$

$$t_{pintura\ carenagem\ sup.} = 4,6 \text{ h}$$

$$n_t = 1 \text{ trabalhador}$$

$$C_{mdo} = p_{mdo\ pintura} \times t_{pintura\ carenagem\ sup.} \times n_t = 30 \times 4,6 \times 1 = 138,00 \text{ €}$$

Custo com Material:

Tabela A.15 – Custo com Materiais Spies Hecker Referente à Execução da Pintura da Carenagem Superior do Veículo de Competição do FSIPLeia

Material Spies Hecker	Densidade [g/cm³]	QTD. [g]	QTD. [L]	Custo Unitário [€/L]	Custo Total [€]
<i>Permaloid® Desengordurante 7799</i>	0,73	720	0,986	15,48 €	15,27 €
<i>Priomat® Wash Primer 1K 4085</i>	1,07	80,78	0,075	40,07 €	3,03 €
<i>Permacron® Diluente 3380</i>	0,83	40,39	0,049	22,91 €	1,11 €
<i>Permahyd® Base Bicamada 280</i>	1,05	372,24	0,355	90,08 €	31,93 €
<i>Permahyd® Água Desmineralizada 6000</i>	1,00	37,224	0,037	4,31 €	0,16 €
<i>Permahyd® Desengordurante 7080</i>	0,95	245,52	0,258	30,43 €	7,86 €
<i>Permasolid® HS Clear Coat 8035</i>	0,98	337,39	0,344	43,43 €	14,95 €
<i>Permasolid® Endurecedor HS 3310</i>	1,00	168,695	0,169	70,32 €	11,86 €
Custo Total [€]					86,18 €

Tabela A.16 – Custo com Materiais 3M Referente à Execução da Pintura da Carenagem Superior do Veículo de Competição do FSIPLeia

Material 3M	Quantidade	Custo Unitário [€/L]	Custo Total [€]
Grão de Lixa P600	1	1,18 €	1,18 €
Grão de Lixa P800	1	1,18 €	1,18 €
Grão de Lixa P1000	1	1,18 €	1,18 €
Custo Total [€]			3,54 €

$$\text{Custo Total com Material} = 86,18 + 3,54 = 89,72 \text{ €}$$

$$\text{Custo Total com a Pintura da Carenagem Sup.} = C_{mdo} + \text{Custo Total com Material} (=)$$

$$(=) \text{Custo Total com a Pintura da Carenagem Sup.} = 138,00 + 89,72 = 227,72 \text{ €}$$

Sidepods (Carenagens Laterais):

Custo com Mão-de-Obra (Para os 2 Sidepods):

$$C_{mdo} = p_{mdo \text{ pintura}} \times t_{pintura \text{ sidepods}} \times n_t$$

$$p_{mdo \text{ pintura}} = 30 \text{ €/h}$$

$$t_{pintura \text{ sidepods}} = 3,8 \text{ h}$$

$$n_t = 1 \text{ trabalhador}$$

$$C_{mdo} = p_{mdo \text{ pintura}} \times t_{pintura \text{ sidepods}} \times n_t = 30 \times 3,8 \times 1 = 114,00 \text{ €}$$

Custo com Material (Para os 2 Sidepods):

Tabela A.17 – Custo com Materiais Spies Hecker Referente à Execução da Pintura dos Sidepods do Veículo de Competição do FSIPLEiria

Material Spies Hecker	Densidade [g/cm³]	QTD. [g]	QTD. [L]	Custo Unitário [€/L]	Custo Total [€]
<i>Permaloid® Desengordurante 7799</i>	0,73	400	0,548	15,48 €	8,48 €
<i>Priomat® Wash Primer 1K 4085</i>	1,07	40,8	0,038	40,07 €	1,53 €
<i>Permacron® Diluente 3380</i>	0,83	20,4	0,025	22,91 €	0,56 €
<i>Permahyd® Base Bicamada 280</i>	1,05	188	0,179	90,08 €	16,13 €
<i>Permahyd® Água Desmineralizada 6000</i>	1,00	18,8	0,019	4,31 €	0,08 €
<i>Permahyd® Desengordurante 7080</i>	0,95	124	0,131	30,43 €	3,97 €
<i>Permasolid® HS Clear Coat 8035</i>	0,98	170,4	0,174	43,43 €	7,55 €
<i>Permasolid® Endurecedor HS 3310</i>	1,00	85,2	0,085	70,32 €	5,99 €
Custo Total [€]					44,30 €

Tabela A.18 – Custo com Materiais 3M Referente à Execução da Pintura dos Sidepods do Veículo de Competição do FSIPLeiria

Material 3M	Quantidade	Custo Unitário [€/L]	Custo Total [€]
Grão de Lixa P600	2	1,18 €	2,36 €
Grão de Lixa P800	2	1,18 €	2,36 €
Grão de Lixa P1000	2	1,18 €	2,36 €
Custo Total [€]			7,08 €

$$\text{Custo Total com Material} = 44,30 + 7,08 = 51,38 \text{ €}$$

$$\text{Custo Total com a Pintura dos Dois Sidepods} = C_{mdo} + \text{Custo Total com Material} (=)$$

$$(\Rightarrow) \text{Custo Total com a Pintura dos Dois Sidepods} = 114,00 + 51,38 = 165,38 \text{ €}$$

$$\text{Custo Total Pintura Carenagens} = C. \text{Pint. Carenagem Sup.} + C. \text{Pint. Sidepods} (=)$$

$$(\Rightarrow) \text{Custo Total Pintura Carenagens} = 227,72 + 165,38 = 393,10 \text{ €}$$

$$\text{Custo Total Pintura} = C. \text{Pint. Chassis} + C. \text{Pint. Carenagem Sup.} + C. \text{Pint. Sidepods} (=)$$

$$(\Rightarrow) \text{Custo Total Pintura} = 132,83 + 227,72 + 165,38 = 525,93 \text{ €}$$

Notas:

- As quantidades a utilizar em cada um dos materiais acima indicados, foram estimadas, em gramas, tendo por base alguns exemplos de orçamentação para trabalhos de pintura, que fornecidos pelos docentes orientadores deste projeto;
- As densidades dos materiais utilizados na pintura do chassis e das carenagens do veículo de competição do FSIPLeiria, foram necessárias para fazer a conversão de quantidade de material utilizado em gramas, para quantidade de material utilizado

$$\text{em litros, já que } \text{Quantidade [L]} = \frac{\text{Quantidade [g]}}{\text{Densidade } \left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right]} \cdot \frac{1}{1000}$$

Glossário

Análise de *Benchmarking* – Instrumento de gestão para melhorar o desempenho das equipas e conquistar a superioridade em relação à concorrência. Baseia-se na aprendizagem das melhores práticas de equipas similares, ajudando, também, assim, a explicar todo o processo que envolve uma equipa.

Camber – Inclinação da roda vista de frente do veículo.

Gabari – Modelo para suporte do chassis.

Escorvar – Encher completamente.

Respingo – Jato; Salpico.

Perolado – Com aparência de pérola; Lustroso