



BENCHMARKING E ESTABELECIMENTO DAS DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROTEÇÕES DE RADIADOR ALTERNATIVAS PARA UM MOTOCICLO DE TODO TERRENO

ANDRÉ MANUEL DA SILVA MOREIRA

novembro de 2022

***BENCHMARKING* E ESTABELECIMENTO DAS DIRETRIZES
PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROTEÇÕES DE
RADIADOR ALTERNATIVAS PARA UM MOTOCICLO DE
TODO TERRENO**

André Manuel da Silva Moreira
1150743

2019/2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

BENCHMARKING E ESTABELECIMENTO DAS DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROTEÇÕES DE RADIADOR ALTERNATIVAS PARA UM MOTOCICLO DE TODO TERRENO

André Manuel da Silva Moreira
1150743

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva, Professor Coordenador com Agregação, e sob coorientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, Professor Adjunto, do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

2019/2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutora Rafaela Carla Barros Casais

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Coordenador com Agregação, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutora Mónica Sandra Abrantes de Oliveira Correia

Professor Associado com Agregação, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Doutor Francisco José Gomes da Silva, docente do ISEP, por ter acedido ser meu orientador, pelos seus preciosos ensinamentos e sugestões, pelo rigor com que efetuou a revisão final deste trabalho, pela disponibilidade, apoio e interesse manifestados e pela compreensão demonstrada relativamente às condições em que este trabalho foi desenvolvido.

Aos restantes Professores da comunidade ISEP, pelas suas partilhas de conhecimento na área de dimensionamento mecânico.

À Polisport Plásticos, S.A e aos seus colaboradores, pelo incentivo, colaboração e acompanhamento prestado, dando todas as condições necessárias para a realização deste trabalho.

Ao Ricardo Ferreira e ao Filipe Magalhães, deixo um agradecimento especial, pelo acompanhamento dedicado e pela colaboração direta neste trabalho. A experiência, partilhada por ambos, permitiu-me acrescentar valor a esta dissertação e fez de mim um profissional melhor.

Aos meus Pais e à minha família, por criarem as condições necessárias e me transmitirem todos os valores necessários para a realização desta dissertação, assim como de todo o meu percurso académico.

Aos meus colegas e amigos, um especial agradecimento pela partilha de conhecimentos e por todos os momentos vividos a nível académico, social e praxístico.

PALAVRAS CHAVE

Motociclo, Todo Terreno, Proteção de radiador, Desenvolvimento de Produto

RESUMO

Os veículos motorizados, de duas e quatro rodas, são o suporte de mobilidade da sociedade. Uma vez que estão presentes em grande escala, é de todo o interesse garantir a sua circulação com a maior segurança, no sentido de proteger o utilizador e o próprio veículo. Estes veículos motorizados, para além de meio de transporte, também podem servir de objeto de lazer e competição, como por exemplo, a prática de todo terreno. Esta prática ocorre, na grande maioria, em terrenos irregulares e acidentados, onde a frequência de quedas é bastante elevada.

Na sequência das múltiplas quedas, o que se têm observado na utilização destes motociclos, é a frequente deformação ou até mesmo, em situações mais gravosas, a rotura do radiador. Uma vez que a localização do radiador se encontra numa zona exposta a este tipo de impacto, surgiu a necessidade do desenvolvimento de uma proteção para o mesmo. O radiador é um componente mecânico que pertence ao motor. É um componente sensível e pouco tolerante a impactos, sendo considerada uma peça crítica que poderá colocar em causa a circulação do motociclo.

É expectável que um praticante de todo terreno perceba a funcionalidade deste produto, não só como um acessório estético, mas essencialmente pela necessidade em proteger e preservar o estado do radiador, para garantir o bom funcionamento do motor após uma possível queda.

O objetivo inicial era o desenvolvimento de uma proteção de radiador mas, devido ao surgimento do vírus COVID-19, os objetivos foram reajustados para: *benchmarking* e estabelecimento das diretrizes para o desenvolvimento de proteções de radiador alternativas para um motociclo de todo terreno. Assim sendo, foi realizada, numa fase inicial, uma análise de mercado que deu origem à definição dos requisitos que o produto deveria cumprir. Em seguida, foram adquiridas algumas amostras que se destacaram na análise de mercado com base nos requisitos que o produto deveria cumprir. Em paralelo à aquisição de amostras, estava a ocorrer o desenvolvimento de ensaio laboratorial, assim como a construção do equipamento para a realização do mesmo. Após a conclusão destas duas tarefas, deu-se início a uma análise exploratória exaustiva, com ensaios de montagem e ensaios de impacto, das amostras adquiridas. Por último, definiram-se as diretrizes para o dimensionamento de uma proteção de radiador, assim como as orientações/cuidados a ter na fase de dimensionamento da mesma.

KEYWORDS

Motorcycle, Off-Road, Radiator Protection, Product Development

ABSTRACT

Motorized vehicles, two and four wheels, are the mobility support of society. Since they are present on a large scale, it is of all interest to ensure their circulation with the greatest safety, in order to protect the user and the vehicle itself. These vehicles, in addition to being a means of transport, can also serve as a mean of leisure and competition, such as off-road practice. This practice occurs in the vast majority, on irregular and rough terrain, where the frequency of falls is quite high.

As a result of multiple falls, what has been observed in the use of these motorcycles is a frequent deformation or rupture of the radiator. Since the location of the radiator is in an area exposed to this type of impact, the need to develop a protection for this type of impact. The radiator is a mechanical component that belongs to the engine. It is a sensitive component and not very tolerant of impacts, being considered a critical part that could jeopardize the movement of the motorcycle.

It is expected that an off-road rider will perceive the functionality of this product, not only as an aesthetic accessory, but essentially due to the need to protect and preserve the condition of the radiator, to guarantee the proper functioning of the engine.

The initial objective was the development of a radiator guard, but due to the emergence of the COVID-19 virus the objectives were readjusted to: benchmarking and establishing the guidelines for the development of alternative radiator guards for an off-road motorcycle. Therefore, in an initial phase, a market analysis was carried out, which gave rise to the definition of the requirements that the product should fulfill. Then, some samples were acquired that stood out in the market analysis based on the requirements that the product had to fulfill. In parallel with the acquisition of samples, the development of a laboratory test was taking place, as well as the construction of the equipment to carry it out. After the completion of these two tasks, an exhaustive exploratory analysis began, with assembly tests and impact tests, of the samples acquired. Finally, guidelines were defined for the dimensioning of a radiator protection as well as the guidelines/care to be taken in the dimensioning phase of the product.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CF	Condições Fronteira
DFA	<i>Design for Assembly</i>
DFM	<i>Design for Manufacturing</i>
DFMA	<i>Design for Manufacturing and Assembly</i>
DMC	Departamento de <i>Marketing</i> e Comercial
DP	Desenvolvimento de Produto
EAP	Equipa de Acompanhamento Projeto
EC	Especiais Cronometradas
EM	Espessura do Material
EF	Equipamento de Fixação
EI	Ensaio de Impacto
FMP	Federação Motociclismo Portugal
IMDA	<i>Inmold Decoration Association Award</i>
IPD	<i>Inmold Plastic Decals</i>
MEF	Método de elementos finitos
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
PR	Proteção de radiador
SC	Simulações Computacionais
TT	Todo Terreno

TM	Teste de Montagem
----	-------------------

VO	Veículo Oposto
----	----------------

LISTA DE UNIDADES

%	Percentagem
€	Euro
€/unidade	Euros por unidade
cm	centímetro
cc	Centímetro Cúbico
GPa	GigaPascal
g/cm ³	Gramas por centímetro cúbico
Hz	Hertz
km/h	Quilómetro por hora
kg	Quilograma
m	Metro
m/s ²	Metro por segundo quadrado
mm	Milímetro
MPa	MegaPascal
N	Newton
N·m	Newton metro
Pa	Pascal
s	Segundo

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Design</i>	Projetar
---------------	----------

<i>Inputs</i>	Informações introduzidas/adicionadas ao projeto
---------------	-------------------------------------------------

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA METODOLOGIA UTILIZADA.	4
FIGURA 2 - ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	11
FIGURA 3 – (1) MOTOCICLO DE ESTRADA – (2) MOTOCICLO DE TT [21]	17
FIGURA 4 – PADRÃO (<i>STANDARD</i>) [23]	18
FIGURA 5 – <i>CRUISER</i> [24]	18
FIGURA 6 - <i>DESSPORTIVAS (SPORT)</i> [25]	18
FIGURA 7 – <i>TOURING</i> [26]	19
FIGURA 8 - <i>SPORT TOURING</i> [27]	19
FIGURA 9 – <i>SCOOTERS</i> [28]	19
FIGURA 10 – <i>TODO TERRENO</i> [29]	19
FIGURA 11 - <i>MOTOCICLO MAXI-TRAIL</i> [30]	20
FIGURA 12 - <i>PRÁTICA DO ENDURO</i> [33]	20
FIGURA 13 - PERMUTADOR DE PLACAS	21
FIGURA 14 - PERMUTADOR DE CARÇAÇA E TUBOS	21
FIGURA 15 - PERMUTADOR DE CORRENTES CRUZADAS	22
FIGURA 16 - PERMUTADOR DE CALOR DE CENTRAL NUCLEAR	22
FIGURA 17 - PERMUTADOR CIRCULAR	22
FIGURA 18 - TIPOS DE FLUXOS EM PERMUTADORES DE CORRENTES CRUZADAS	22
FIGURA 19 - RADIADOR EXC 2019 [35]	23
FIGURA 20 - DEFINIÇÃO DA ÁREA DE CONTACTO DO VEÍCULO	24
FIGURA 21 - DEFINIÇÃO DA ÁREA DE CONTACTO DO MOTOCICLO	24
FIGURA 22 - DEFINIÇÃO DA ORIENTAÇÃO RELATIVA ENTRE VO E O MOTOCICLO	25
FIGURA 23 - PRINCIPAIS ZONAS DE IMPACTO DE UM MOTOCICLO DE ESTRADA [44]	26
FIGURA 24 - QUEDA MAIS FREQUENTE DE UM MOTOCICLO TT [45]	27
FIGURA 25 - ENSAIO DE COMPRESSÃO	28
FIGURA 26 - APLICAÇÃO DE MALHA A CORPO	30
FIGURA 27 - MALHA UNIFORME	31
FIGURA 28 - MALHA ADAPTATIVA	31
FIGURA 29 - CASO DE TENSÕES PARA MALHA UNIFORME	31
FIGURA 30 - CASO DE TENSÕES PARA MALHA ADAPTATIVA	31
FIGURA 31 - APLICAÇÃO DE CF	32
FIGURA 32 – ORGANIGRAMA SIMPLIFICADO DA POLISPORT PLÁSTICOS S.A.	39
FIGURA 33 - TIPOS DE PR	41
FIGURA 34 - LOCALIZAÇÃO DA PR	42
FIGURA 35 - GRELHA DE RADIADOR KTM OEM [64]	43
FIGURA 36 - PR FRONTAL KTM [60]	43
FIGURA 37 - RADIADOR DEFORMADO POR IMPACTO LATERAL [65]	44
FIGURA 38 - PR LATERAL [66]	44
FIGURA 39 - PR ENVOLVENTE B&B REGIÃO FRONTAL [67]	45

FIGURA 40 - PR ENVOLVENTE B&B REGIÃO LATERAL [68]	45
FIGURA 41 - FORMAS DE INOVAÇÃO DE PRODUTOS	46
FIGURA 42 – ABORDAGEM DO OBSTÁCULO [69]	48
FIGURA 43 – PERDA DO CONTROLO DO MOTOCICLO [69]	48
FIGURA 44 – QUEDA LIVRE DO MOTOCICLO [69]	48
FIGURA 45 – EMBATE NO SOLO [69]	48
FIGURA 46 - REGIÃO DE APOIO DO RADIADOR KTM [70]	49
FIGURA 47 - CALENDARIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DO PROJETO.	50
FIGURA 48 - CALENDARIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DO PROJETO.	50
FIGURA 49 - CATÁLOGO POLISPORT 2021 - GRELHA DE RADIADOR HUSQVARNA	53
FIGURA 50- CATÁLOGO POLISPORT 2021 - GRELHA DE RADIADOR KTM	54
FIGURA 51 - HUSQVARNA 300TPI 2020 [71]	57
FIGURA 52 - DEFINIÇÃO DO PESO DE CADA PROPRIEDADE/ATRIBUTO	59
FIGURA 53 - ÍNDICE DE DESEMPENHO DA PROPRIEDADE CUSTO	60
FIGURA 54 - ÍNDICE DE DESEMPENHO DA PROPRIEDADE NÍVEL DE PROTEÇÃO	60
FIGURA 55 - ÍNDICE DE DESEMPENHO DA PROPRIEDADE DESIGN	60
FIGURA 56 - ÍNDICE DE DESEMPENHO DA PROPRIEDADE MASSA	61
FIGURA 57 - ÍNDICE DE DESEMPENHO DA PROPRIEDADE PONTOS DE FIXAÇÃO AO QUADRO	61
FIGURA 58 – INTERFERÊNCIA ENTRE A PR CROSSPRO E O ESCAPE FMF	65
FIGURA 59 – TM DA AMOSTRA CROSSPRO LADO ESQUERDO VISTA 1,2 E 3	65
FIGURA 60– TM DA AMOSTRA CROSSPRO LADO DIREITO VISTA 1,2 E 3	65
FIGURA 61 – TM UNABIKER SEM PLÁSTICOS HUSQVARNA VISTA 1, 2 E 3	67
FIGURA 62 - TM UNABIKER HUSQVARNA TE 250 2T 2019	67
FIGURA 63 – INFERÊNCIA ENTRE A PR UNABIKER E PEÇAS PLÁSTICAS KTM EXC 450 2020	68
FIGURA 64 – INFERÊNCIA ENTRE A PR UNABIKER E PEÇAS DO CIRCUITO DE REFRIGERAÇÃO KTM EXC 450 2020	68
FIGURA 65 - TM UNABIKER SEM PLÁSTICOS KTM EXC 450 2020 VISTA 1,2,3	68
FIGURA 66 - TM UNABIKER KTM EXC 450 2020	68
FIGURA 67 – INTERFERÊNCIA DO ESPAÇADOR SUPERIOR COM O SISTEMA DE IGNIÇÃO	70
FIGURA 68 - INTERFERÊNCIA DO ESPAÇADOR SUPERIOR COM O QUADRO DO MOTOCICLO	70
FIGURA 69 - INTERFERÊNCIA DO ESPAÇADOR INFERIOR COM O SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DO MOTOCICLO	70
FIGURA 70 – COMPARAÇÃO GEOMÉTRICA ENTRE O QUADRO DO MOTOCICLO HUSQVARNA TE 300 E HUSQVARNA TC 125	71
FIGURA 71 - INTERFERÊNCIA ENTRE ESCAPE FMF E A GRELHA RADIADOR B&B OFF-ROAD	72
FIGURA 72 – INTERFERÊNCIA ENTRE O SUPORTE INTERIOR E O SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	72
FIGURA 73 – INTERFERÊNCIA ENTRE O SUPORTE EXTERIOR E O SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	72
FIGURA 74 – INTERFERÊNCIA ENTRE SUPORTE INTERIOR D E A CABLAGEM DO MOTOCICLO KTM EXC 450 2020	73
FIGURA 75– INTERFERÊNCIA ENTRE SUPORTE EXTERIOR D E SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DO MOTOCICLO KTM EXC 450 2020	73
FIGURA 76 - INTERFERÊNCIA ENTRE TAMPA LATERAL DE RADIADOR E A GRELHA RADIADOR B&B OFFROAD	73

FIGURA 77 – DESALINHAMENTO DE PONTOS DE FIXAÇÃO DO SUPORTE INTERIOR ESQUERDO VISTA 1, 2 E 3	73
FIGURA 78 – DESALINHAMENTO DE PONTOS DE FIXAÇÃO DO SUPORTE INTERIOR DIREITO VISTA 1, 2 E 3	73
FIGURA 79 - IDENTIFICAÇÃO DA REGIÃO DE IMPACTO COM O SOLO [72]	75
FIGURA 80 - IDENTIFICAÇÃO DA REGIÃO DE IMPACTO COM O SOLO DE UM MOTOCICLO TT	75
FIGURA 81 - MASSA DOS DIFERENTES MODELOS DE MOTOCICLOS HUSQVARDA TT DE 2017 A 2020	76
FIGURA 82 - MASSA DOS DIFERENTES MODELOS MOTOCICLOS KTM TT DE 2017 A 2020	76
FIGURA 83 - PLANIFICAÇÃO DE PEÇAS 3D E 2D	77
FIGURA 84 - DIGITALIZAÇÃO 3D COM UM BRAÇO FARO®	78
FIGURA 85 - SOBREPOSIÇÃO DE NUVEM DE PONTOS COM O MODELO 3D	78
FIGURA 86 - RELATÓRIO DE DESVIOS ENTRE A PEÇA MODELADA E A PEÇA REAL	78
FIGURA 87 – PR <i>STARTRACING</i> MODELADA E MONTADA	79
FIGURA 88 – DESALINHAMENTO ENTRE CENTROS DE 3MM	79
FIGURA 89 - MODELAÇÃO PR <i>CROSSPRO</i>	80
FIGURA 90 - MODELAÇÃO PR <i>UNABIKER</i>	80
FIGURA 91 - MODELAÇÃO PR <i>START RACING</i>	80
FIGURA 92 - MODELAÇÃO <i>B&B OFFROAD</i>	80
FIGURA 93 - EQUIPAMENTO DE TESTE DE QUEDA - BAIXA CARGA	81
FIGURA 94 - PUNÇÃO 1 – MASSA: 1,223 QUILOGRAMAS	82
FIGURA 95 - PUNÇÃO 2 – MASSA: 2,483 QUILOGRAMAS	82
FIGURA 96 - POSIÇÃO DE ENSAIO DA PR	83
FIGURA 97 – ORIENTAÇÃO DA CARGA NO EI	83
FIGURA 98 – POSIÇÃO DE FIXAÇÃO BASE A E B	84
FIGURA 99 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA MONTAGEM DO DISPOSITIVO DE ENSAIO PARA DIFERENTES ÂNGULOS DE ROTAÇÃO (VISTA LATERAL)	85
FIGURA 100 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA MONTAGEM DO DISPOSITIVO DE ENSAIO PARA DIFERENTES ÂNGULOS DE ROTAÇÃO (VISTA DE TOPO)	85
FIGURA 101 - POSIÇÃO DA HASTE 1	86
FIGURA 102 - POSIÇÃO DA HASTE 2	86
FIGURA 103 – POSIÇÃO DA DOBRADIÇA RELATIVAMENTE À HASTE ELEVADA	86
FIGURA 104 - DESENHO 2D DO PERFIL DE ENSAIO	87
FIGURA 105 – VISTA FRONTAL DO PERFIL RETANGULAR APÓS ENSAIO NAS CONDIÇÕES PREVIAMENTE ESTIPULADAS 8	88
FIGURA 106 - VISTA LATERAL DO PERFIL RETANGULAR APÓS ENSAIO NAS CONDIÇÕES DE ENSAIO 8	89
FIGURA 107 – LIMITES DE TRABALHO DO EI	96
FIGURA 108 – DIAGRAMA DE ASHBY COM LIMITES APLICADOS	97
FIGURA 109 - REGIÃO FRONTAL DO QUADRO DE UMA KTM EXC 2020	102
FIGURA 110 – DIGITALIZAÇÃO DOS PONTOS DE FIXAÇÃO POSTERIOR AO RADIADOR	102
FIGURA 111 - DIGITALIZAÇÃO DOS PONTOS DE FIXAÇÃO ANTERIOR AO RADIADOR	102
FIGURA 112 - DIGITALIZAÇÃO DOS PONTOS DO DEPOSITO DE COMBUSTÍVEL	102
FIGURA 113 - PRIMEIRA VERSÃO DO GABARITO	103
FIGURA 114 - ÚLTIMA VERSÃO DO GABARITO	104

FIGURA 115 – VALIDAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS	104
FIGURA 116 – PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE UMA NOVA PR	113
FIGURA 117 - PR DIREITA AXP RACING [198]	143
FIGURA 118 - PR AXP RACING [199]	143
FIGURA 119 - PR ENDURO ENGINEERING ENVOLVENTE [201]	144
FIGURA 120 - PR ENDURO ENGINEERING FRONTAL [202]	144
FIGURA 121 - PR LATERAL WORKS CONNECTION [204]	144
FIGURA 122 - PR 7602 RACING ENVOLVENTE [206]	145
FIGURA 123 - PR 7602 RACING LATERAL [207]	145
FIGURA 124 - PR YAMAHA GTYR [209]	145
FIGURA 125 - PROTEÇÃO LATERAL DE RADIADOR EM ALUMÍNIO KTM/HUSQVANRA	146
FIGURA 126- PROTEÇÃO LATERAL DE RADIADOR EM AÇO KTM/HUSQVANRA	146
FIGURA 127- PROTEÇÃO FRONTAL DE RADIADOR EM NÃO METÁLICO KTM/HUSQVANRA	146
FIGURA 128 - PR LATERAL CROSSPRO	147
FIGURA 129 - PR INTEGRAL CROSSPRO	147
FIGURA 130 - PROTEÇÃO LATERAL DE RADIADOR 4MX [214]	147
FIGURA 131 - PROTEÇÃO LATERAL DE RADIADOR 4MX [215]	147
FIGURA 132 - PR FRONTAL FLO MOTOSPORTS [217]	148
FIGURA 133 - PR FRONTAL TRAIL TECH	148
FIGURA 134 - PR ENVOLVENTE B&B OFF-ROAD	149
FIGURA 135 - PR LATERAL START RACING [221]	150
FIGURA 136 - PR LATERAL UNABIKER [221]	150
FIGURA 137 - COMPONENTES DA PR CROSSPRO	154
FIGURA 138 - COMPONENTES PR UNABIKER	156
FIGURA 139 - COMPONENTES DA PR START RACING	157
FIGURA 140 - COMPONENTES PR B&B OFF-ROAD	158
FIGURA 141 – PR ESQUERDA CROSSPRO – ANTERIOR AO IMPACTO	162
FIGURA 142 - PR ESQUERDA CROSSPRO - ANTERIOR AO IMPACTO	162
FIGURA 143 – PR ESQUERDA CROSSPRO – REGIÃO DE IMPACTO	163
FIGURA 144 – PR ESQUERDA CROSSPRO - POSTERIOR AO IMPACTO, MONTADO NA MÁQUINA DE ENSAIO	163
FIGURA 145 – PR ESQUERDA CROSSPRO 1, 2 E 3 - POSTERIOR AO IMPACTO, DESMONTADO DA MÁQUINA DE ENSAIO	164
FIGURA 146 – SUPORTE INTERIOR E – AMOSTRA 1 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	166
FIGURA 147 – SUPORTE INTERIOR E – AMOSTRA 2 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	166
FIGURA 148 – SUPORTE INTERIOR E – AMOSTRA 3 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	167
FIGURA 149 – SUPORTE EXTERIOR E – AMOSTRA 1 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	169
FIGURA 150 – SUPORTE EXTERIOR E – AMOSTRA 2 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	169
FIGURA 151 – SUPORTE EXTERIOR E – AMOSTRA 3 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	170
FIGURA 152 - PR DIREITA CROSSPRO - ANTERIOR AO IMPACTO	171
FIGURA 153 – PR DIREITA CROSSPRO – REGIÃO DE IMPACTO	171
FIGURA 154 – PR DIREITA CROSSPRO - POSTERIOR AO IMPACTO (MONTADO DA MÁQUINA DE ENSAIO)	171

FIGURA 155 – PR DIREITA CROSSPRO 1, 2 E 3 - POSTERIOR AO IMPACTO (DESMONTADO DA MÁQUINA DE ENSAIO)	172
FIGURA 156 – SUPORTE INTERIOR D – AMOSTRA 1 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	174
FIGURA 157 – SUPORTE INTERIOR D – AMOSTRA 2 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	174
FIGURA 158 – SUPORTE INTERIOR D – AMOSTRA 3 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	175
FIGURA 159 – SUPORTE EXTERIOR E – AMOSTRA 1 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	177
FIGURA 160 – SUPORTE EXTERIOR E – AMOSTRA 2 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	178
FIGURA 161 – SUPORTE EXTERIOR E – AMOSTRA 3 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	178
FIGURA 162 – PR UNABIKER – ANTERIOR AO IMPACTO	179
FIGURA 163 - PR UNABIKER - ANTERIOR AO IMPACTO	179
FIGURA 164 – PR UNABIKER – REGIÃO DE IMPACTO	180
FIGURA 165 – PR UNABIKER - POSTERIOR AO IMPACTO MONTADO NA MÁQUINA DE ENSAIO	180
FIGURA 166 – PR UNABIKER 1 E 2 - POSTERIOR AO IMPACTO	180
FIGURA 167 – SUPORTE EXTERIOR D – AMOSTRA 1 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	182
FIGURA 168 – SUPORTE EXTERIOR D – AMOSTRA 2 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	182
FIGURA 169 – SUPORTE INFERIOR D – AMOSTRA 1 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	183
FIGURA 170 – SUPORTE INFERIOR D – AMOSTRA 2 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	184
FIGURA 171 – SUPORTE INFERIOR E – AMOSTRA 1 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	185
FIGURA 172 – SUPORTE INFERIOR E – AMOSTRA 2 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	185
FIGURA 173 – SUPORTE EXTERIOR E – AMOSTRA 1 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	186
FIGURA 174 – SUPORTE EXTERIOR E – AMOSTRA 2 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	187
FIGURA 175 – PR START RACING – ANTERIOR AO IMPACTO	188
FIGURA 176 - PR PR START RACING - ANTERIOR AO IMPACTO	188
FIGURA 177 – PR START RACING – REGIÃO DE IMPACTO	189
FIGURA 178 – PR START RACING - POSTERIOR AO IMPACTO MONTADO NA MÁQUINA DE ENSAIO	189
FIGURA 179 – PR START RACING 1, 2 E 3 - POSTERIOR AO IMPACTO	189
FIGURA 180 – PEÇA 4 PR START RACING – AMOSTRA 1 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	191
FIGURA 181 – PEÇA 4 PR START RACING – AMOSTRA 2 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	191
FIGURA 182 – PEÇA 4 PR START RACING – AMOSTRA 3 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	192
FIGURA 183 – PR B&B OFFROAD – ANTERIOR AO IMPACTO	193
FIGURA 184 - PR B&B OFFROAD - ANTERIOR AO IMPACTO	193
FIGURA 185 – PR B&B OFFROAD – REGIÃO DE IMPACTO	194
FIGURA 186 – PR B&B OFFROAD - POSTERIOR AO IMPACTO MONTADO NA MÁQUINA DE ENSAIO	194
FIGURA 187 – SUPORTE INTERIOR D – AMOSTRA 1 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	196
FIGURA 188 – SUPORTE INTERIOR D – AMOSTRA 2 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	197
FIGURA 189 – SUPORTE INTERIOR D – AMOSTRA 3 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	197
FIGURA 190 – SUPORTE INTERIOR E – AMOSTRA 1 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	198
FIGURA 191 – SUPORTE INTERIOR E – AMOSTRA 2 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	199
FIGURA 192 – SUPORTE INTERIOR E – AMOSTRA 3 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	199
FIGURA 193 – SUPORTE EXTERIOR E – AMOSTRA 1 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	200
FIGURA 194 – SUPORTE EXTERIOR E – AMOSTRA 2 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	201
FIGURA 195 – SUPORTE EXTERIOR E – AMOSTRA 3 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	201
FIGURA 196 – SUPORTE EXTERIOR D – AMOSTRA 1 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	202

FIGURA 197 – SUPORTE EXTERIOR D – AMOSTRA 2 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	203
FIGURA 198 – SUPORTE EXTERIOR D – AMOSTRA 3 – GRÁFICO DE DEFORMAÇÕES EM MM	203
FIGURA 199 – POSSÍVEIS PONTOS DE FIXAÇÃO DO EI	204
FIGURA 200 – COORDENADAS GEOMÉTRICAS DO LOCAL DE IMPACTO	205

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - LITERATURA ESPECIALIZADA EM METODOLOGIAS DE DP	9
TABELA 2 - LITERATURA ESPECIALIZADA EM DFMA	12
TABELA 3 - LITERATURA ESPECIALIZADA EM <i>DESIGN FOR MACHINING</i>	13
TABELA 4 - LITERATURA ESPECIALIZADA DE <i>DESIGN FOR SHEET METALWORKING</i>	14
TABELA 5 - LITERATURA ESPECIALIZADA EM <i>DESIGN FOR INJECTION MOLDING</i>	15
TABELA 6 - LITERATURA ESPECIALIZADA EM SUSTENTABILIDADE	16
TABELA 7 - TIPOS DE MOTOCICLOS [22]	18
TABELA 8 - ORIENTAÇÃO ENTRE MOTOCICLO E VO	25
TABELA 9 - ENSAIO REALIZADOS NA NORMA ISO 13232:2006 [35]–[42]	25
TABELA 10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA DE ENSAIOS ESPECÍFICOS	28
TABELA 11 - TIPOS DE ELEMENTOS E SUAS APLICAÇÕES GERAIS	29
TABELA 12 - RESULTADOS APRESENTADOS PELO PROCESSAMENTO EM SC	33
TABELA 13 - EMPRESAS DO GRUPO POLISPORT	38
TABELA 14 – PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA POLISPORT PLÁSTICOS S.A.	40
TABELA 15 - ANÁLISE SWOT	46
TABELA 16 – DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DO PLANO TEMPORAL	50
TABELA 17 - MOTOCICLOS INSCRITOS NA COMPETIÇÃO EXTREME LAGARES	55
TABELA 18 - LISTA DE INSCRITOS NA COMPETIÇÃO EXTREME XL LAGARES COM MOTOCICLOS HUSQVARNA E KTM	55
TABELA 19 – REQUISITOS DO MERCADO	56
TABELA 20 – RESUMO DA APRESENTAÇÃO DOS PRODUTOS DA CONCORRÊNCIA	57
TABELA 21 - QUANTIFICAÇÃO DO ATRIBUTO <i>DESIGN</i>	59
TABELA 22 - QUANTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS MASSA E NÍVEL DE PROTEÇÃO	59
TABELA 23 - TABELA RESUMO DA MATRIZ DE SELEÇÃO	61
TABELA 24 - REQUISITOS DE CONSTRUÇÃO DA PR	62
TABELA 25 - REQUISITOS DE INDUSTRIALIZAÇÃO DA PR	63
TABELA 26 - JUSTIFICAÇÃO DA SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS PARA A ANÁLISE DOS TESTES DE MONTAGEM	63
TABELA 27 - ANÁLISE DO TM CROSSPRO	64
TABELA 28 - ANÁLISE DO TM UNABIKER	66
TABELA 29- ANÁLISE DO TM START TACING	69
TABELA 30 - ANÁLISE DO TM B&B OFF-ROAD	70
TABELA 31 – POSIÇÃO DE MONTAGEM DO GABARITO	84
TABELA 32 – PARÂMETROS PARA DEFINIÇÃO DA MASSA E ALTURA DE QUEDA NOS TESTES EI	88
TABELA 33 – RESUMO DAS DEFORMAÇÕES DAS PR	91
TABELA 34 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CADA PR	91
TABELA 35 - PROPRIEDADES DEFINIDAS PARA A SELEÇÃO DE MATERIAL	96
TABELA 36 - COMPONENTES DE FABRICO DA ESTRUTURA	99
TABELA 37 - COMPONENTES DE FABRICO DA MATRIZ	101
TABELA 38 - CONDIÇÕES FRONTEIRA ESTRUTURA	105

TABELA 39 - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES	108
TABELA 40 - VERIFICAÇÃO DE CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO [196].	119
TABELA 41 - MATRIZ DE SELEÇÃO EXEMPLO	151
TABELA 42 - MATRIZ DE SELEÇÃO DAS PR EXISTENTES NO MERCADO	153
TABELA 43 - LISTA DE COMPONENTES DA PR CROSSPRO	154
TABELA 44 - CARACTERIZAÇÃO PR CROSSPRO	155
TABELA 45 - LISTA DE COMPONENTES DA PR UNABIKER	156
TABELA 46 - CARACTERÍSTICAS PR UNABIKER	157
TABELA 47 - LISTA DE COMPONENTES DA PR START RACING	157
TABELA 48 - CARACTERIZAÇÃO PR START RACING	158
TABELA 49 - LISTA DE COMPONENTES PR B&B OFF-ROAD	159
TABELA 50 – CARACTERIZAÇÃO DA PR B&B OFF-ROAD	159
TABELA 51 - DEFORMAÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS RELATIVAS À PEÇA 3 DA PR CROSSPRO	164
TABELA 52 - VISTA FRONTAL E LATERAL DA PEÇA TRÊS, RELATIVAS ÀS AMOSTRAS 1, 2, 3, E CORRESPONDENTE MODELAÇÃO	164
TABELA 53 - DEFORMAÇÕES COM BASE NA TABELA 52 CORRESPONDENTES À PEÇA TRÊS, DA PR CROSSPRO	167
TABELA 54 - DEFORMAÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS RELATIVAS À PEÇA QUATRO DA PR CROSSPRO	167
TABELA 55 - VISTA FRONTAL E LATERAL DA PEÇA TRÊS RELATIVAS ÀS AMOSTRAS 1, 2, 3, E CORRESPONDENTE MODELAÇÃO	168
TABELA 56 - DEFORMAÇÕES COM BASE NA TABELA 52 RELATIVAS À PEÇA QUATRO DA PR CROSSPRO	170
TABELA 57 - DEFORMAÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS RELATIVAS À PEÇA DOIS DA PR CROSSPRO	172
TABELA 58 - VISTA FRONTAL E LATERAL DA PEÇA DOIS RELATIVA ÀS AMOSTRAS 1, 2, 3 E CORRESPONDENTE MODELAÇÃO	172
TABELA 59 - DEFORMAÇÕES COM BASE NA TABELA 52, DA PEÇA TRÊS DA PR CROSSPRO	176
TABELA 60 - DEFORMAÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS PARA A PEÇA UM DA PR CROSSPRO	176
TABELA 61 - VISTA FRONTAL E LATERAL DA PEÇA UM RELATIVA ÀS AMOSTRAS 1, 2, 3 E CORRESPONDENTE MODELAÇÃO	176
TABELA 62 - DEFORMAÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS PARA A PEÇA 1 DA PR UNABIKER	181
TABELA 63 - DEFORMAÇÕES COM BASE NAS FIGURA 167 E FIGURA 168, DA PEÇA 1 DA PR UNABIKER	182
TABELA 64 - DEFORMAÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS PARA A PEÇA 3 DA PR UNABIKER	183
TABELA 65 - DEFORMAÇÕES COM BASE NAS FIGURA 169 E FIGURA 170, DA PEÇA 3 DA PR UNABIKER	183
TABELA 66 - DEFORMAÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS PARA A PEÇA QUATRO DA PR UNABIKER	184
TABELA 67 - DEFORMAÇÕES COM BASE NAS FIGURA 171 E FIGURA 172, DA PEÇA QUATRO DA PR UNABIKER	185
TABELA 68 - DEFORMAÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS PARA A PEÇA 6 DA PR UNABIKER	186
TABELA 69 - DEFORMAÇÕES COM BASE NAS FIGURA 173 E FIGURA 174, DA PEÇA 6 DA PR UNABIKER	187
TABELA 70 - DEFORMAÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS PARA A PEÇA 4 DA PR START RACING	189
TABELA 71 - VISTA FRONTAL E LATERAL DA PEÇA 4 RELATIVA ÀS AMOSTRAS 1, 2, 3 E CORRESPONDENTE MODELAÇÃO	190
TABELA 72 - DEFORMAÇÕES COM BASE NA TABELA 71, FIGURA 180, FIGURA 181 E FIGURA 182 - PEÇA 4 DA PR START RACING	192
TABELA 73 - DEFORMAÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS PARA A PEÇA 5 DA PR B&B OFFROAD	195

TABELA 74 - VISTA FRONTAL E LATERAL DA PEÇA 5 RELATIVA ÀS AMOSTRAS 1, 2, 3 E CORRESPONDENTE MODELAÇÃO	195
TABELA 75 - DEFORMAÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS PARA A PEÇA 6 DA PR B&B OFFROAD	198
TABELA 76 - DEFORMAÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS PARA A PEÇA OITO DA PR B&B OFFROAD	200
TABELA 77 - DEFORMAÇÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS PARA A PEÇA 9 DA PR B&B OFFROAD	202

ÍNDICE

RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	XIII
LISTA DE UNIDADES.....	XV
GLOSSÁRIO DE TERMOS.....	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIX
ÍNDICE DE TABELAS.....	XXV
ÍNDICE.....	XXIX
1 INTRODUÇÃO	3
1.1 Contextualização.....	3
1.2 Objetivos	3
1.3 Metodologia utilizada no trabalho	4
1.4 Estrutura da dissertação	5
1.5 Empresa de acolhimento	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 Desenvolvimento de produto	9
2.1.1 Metodologia de desenvolvimento de produto.....	9
2.1.2 Conceito de Design For X.....	11
2.1.2.1 Design para manufatura e montagem	11
2.1.2.2 Design para a maquinagem (Design for Machining).....	12
2.1.2.3 Design para conformação de chapa metálica (Design for Sheet Metalworking) 13	
2.1.2.4 Design para injeção moldada (Design for Injection Molding).....	14
2.1.3 Conceitos de sustentabilidade.....	15
2.2 Motociclos.....	17
2.2.1 Caracterização dos principais componentes dos motociclos	17
2.2.2 Vários tipos de motociclos e suas características.....	17
2.2.3 Modalidades do desporto motorizado com utilização de motociclo	20
2.2.4 Radiador.....	21
2.2.5 Normas de segurança	23

2.2.6	Condições de impacto.....	26
2.3	Ensaio estruturais.....	27
2.3.1	Normalizados.....	27
2.3.1.1	Ensaio de tração.....	27
2.3.1.2	Ensaio de compressão.....	27
2.3.2	Ensaio Específicos.....	28
2.3.3	Simulação Computacional.....	28
2.3.3.1	Método dos elementos finitos.....	29
2.3.3.1.1	Pré-Processamento.....	29
2.3.3.1.2	Processamento.....	32
2.3.3.1.3	Pós-Processamento.....	32
3	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA, DO PRODUTO E DO PROBLEMA.....	37
3.1	Caracterização da Empresa.....	37
3.1.1	Grupo Polisport.....	37
3.1.1.1	História.....	37
3.1.1.2	Constituição do Grupo Polisport.....	38
3.1.2	POLISPORT PLÁSTICOS S.A.....	39
3.1.2.1	Missão, Valores e Visão.....	40
3.1.2.2	Departamento de Projeto de Motos.....	40
3.2	Caracterização do produto.....	40
3.2.1	Definição e função do produto.....	40
3.2.2	Análise SWOT ou vantagens e desvantagens.....	45
3.3	Caracterização do Problema.....	46
3.3.1	Enquadramento/ Necessidade de um novo produto.....	46
3.3.2	Problema.....	47
3.3.3	Características objetivo.....	48
3.4	Definição de estratégia.....	49
4	ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE PRODUTOS CONCORRENTES.....	53
4.1	Lista de aplicação.....	53
4.2	Análise Qualitativa do Mercado.....	55
4.2.1	Requisitos de mercado.....	56
4.2.2	Apresentação dos produtos da concorrência.....	57
4.2.3	Matriz de seleção.....	58
4.3	Análise Quantitativa do Mercado.....	62
4.3.1	Teste de montagem.....	63

4.3.2	Condições de resistência mecânica	74
4.3.3	Modelação e Ensaio	77
4.3.3.1	Modelação.....	77
4.3.3.2	Ensaio de Impacto	80
4.3.3.2.1	Posição do Equipamento de Fixação	84
4.3.3.2.2	Metodologia de ensaio	87
4.3.3.2.3	Estrutura do relatório dos ensaios de impacto das PR.....	89
4.3.3.2.4	Execução dos ensaios de impacto das PR.....	90
4.4	Análise crítica do trabalho desenvolvido	91
5	DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS DE FIXAÇÃO PARA ENSAIOS DE IMPACTO	95
5.1	Requisitos estipulados para o equipamento	95
5.2	Anteprojeto.....	95
5.2.1	Levantamento das restrições do equipamento de teste de queda.....	95
5.2.2	Seleção de Material	96
5.2.3	Objetivos de dimensionamento	98
5.3	Dimensionamento e análise estrutural.....	98
5.3.1	CAD	98
5.3.2	Simulações	104
5.4	Características do Equipamento	110
6	DEFINIÇÃO DAS LINHAS DE ORIENTAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO ALTERNATIVO	113
6.1	Propostas de diretrizes para dimensionamento de uma PR	113
6.2	Definição das orientações para o desenvolvimento de produto alternativo	115
7	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	119
7.1	CONCLUSÕES.....	119
7.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	121
8	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	125
9	ANEXOS.....	143
9.1	Anexo 1	143
	Apresentação dos produtos da concorrência.....	143

9.2	Anexo 2	151
	Método utilizado para a matriz de seleção	151
9.3	Anexo 3	153
	Cálculo da matriz de seleção	153
9.4	Anexo 4	154
	Apresentação das amostras selecionadas	154
9.5	Anexo 5	160
	Massa volúmica da GASOLINA SIMPLES S/Pb 95 OCTANAS [223].....	160
9.6	Anexo 6	161
	Relatório de ensaio da Amostra Teste.....	161
9.7	Anexo 7	162
	Análise de resultados dos ensaios de impacto às PR da concorrência.....	162
9.8	Anexo 8	204
	Pontos de fixação do EI ao equipamento de ensaios de impacto e localização do local de impacto	204
9.9	Anexo 9	206
	Desenho técnicos do equipamento Teste de	Queda

INTRODUÇÃO

- 1.1 Contextualização
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Metodologia utilizada no trabalho
 - 1.4 Estrutura da dissertação
 - 1.5 Empresa de acolhimento

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A mobilidade tem sido objeto de estudo e discussão na sociedade. Esta contempla o movimento de pessoas e/ou objetos de um local para outro. Este movimento é feito através de meios de transporte que, na atualidade, se agregam em três grandes grupos, terrestre, marítimo e aéreo. Dos meios de transporte terrestres, destacam-se os veículos motorizados de duas e quatro rodas, uma vez que são os mais utilizados pelos consumidores comuns. Estes veículos motorizados são utilizados como meio de transporte e também como objeto de lazer e de competição.

Este trabalho está focado nos veículos de duas rodas para competição na prática da velocidade e de Todo Terreno (TT). A competição de velocidade divide-se nas modalidades de Circuito, Resistência e *Sprint*. Por outro lado, a competição TT divide-se nas seguintes modalidades: *Motocross*, Enduro, *Extreme* Enduro, *Sprint* Enduro, Baja, *Supercross*, Mototurismo, Supermoto e Trial. É de realçar, ainda, que a prática do TT é um dos principais objetos de lazer em Portugal. Estes motociclos podem ser divididos nos seguintes grupos de componentes mecânicos: estrutura/quadro, motor, rodas, suspensão, eletrónica, carenagem e acessórios. Os acessórios apresentam uma vasta gama de produtos, onde se destacam as proteções, quer para o piloto, quer para o motociclo. Estas proteções têm uma elevada importância, uma vez que protegem o motociclo de danos críticos, permitindo a continuidade na competição do piloto. Tendo em conta a vasta gama de proteções destinadas a motociclos, as Proteções de Radiador (PR) destinadas a motociclos de TT serão o principal objeto de estudo deste trabalho, tendo sido desenvolvido em contexto empresarial.

1.2 Objetivos

A necessidade deste produto advém da falta de oferta no portfolio da empresa. O seu desenvolvimento irá permitir alargar a sua gama de acessórios, oferecendo e reforçando uma nova proteção dedicada à modalidade de enduro. Pretende-se, com este trabalho, elaborar o procedimento para o desenvolvimento de Proteções dos Radiadores (PRs) laterais de raiz, tendo por base as seguintes características: resistente a impactos laterais, leve, de fácil montagem, apresentando preço de venda ao público (PVP) competitivo, e deve permitir a montagem da grelha de radiador OEM (*Original Equipment Manufacturer* - OEM). Esta proteção passará pelo estudo de necessidade do

produto no mercado, sua caracterização e desenvolvimento para industrialização, de acordo com as orientações e *know-how* da empresa. Os objetivos principais passam por:

- Análise de mercado das PRs já existentes;
- Definição de requisitos para PRs;
- Ensaios de montagem e interferência mecânica;
- Desenvolvimento de um equipamento específico de testes mecânicos dedicados às PR;
- Ensaios de deformação mecânicos das PR;
- Quantificação da deformação das PR;
- Desenvolvimento das *guidelines* para o futuro desenvolvimento de PRs.

1.3 Metodologia utilizada no trabalho

A metodologia utilizada neste trabalho assenta nas etapas metodológicas descritas na Figura 1.

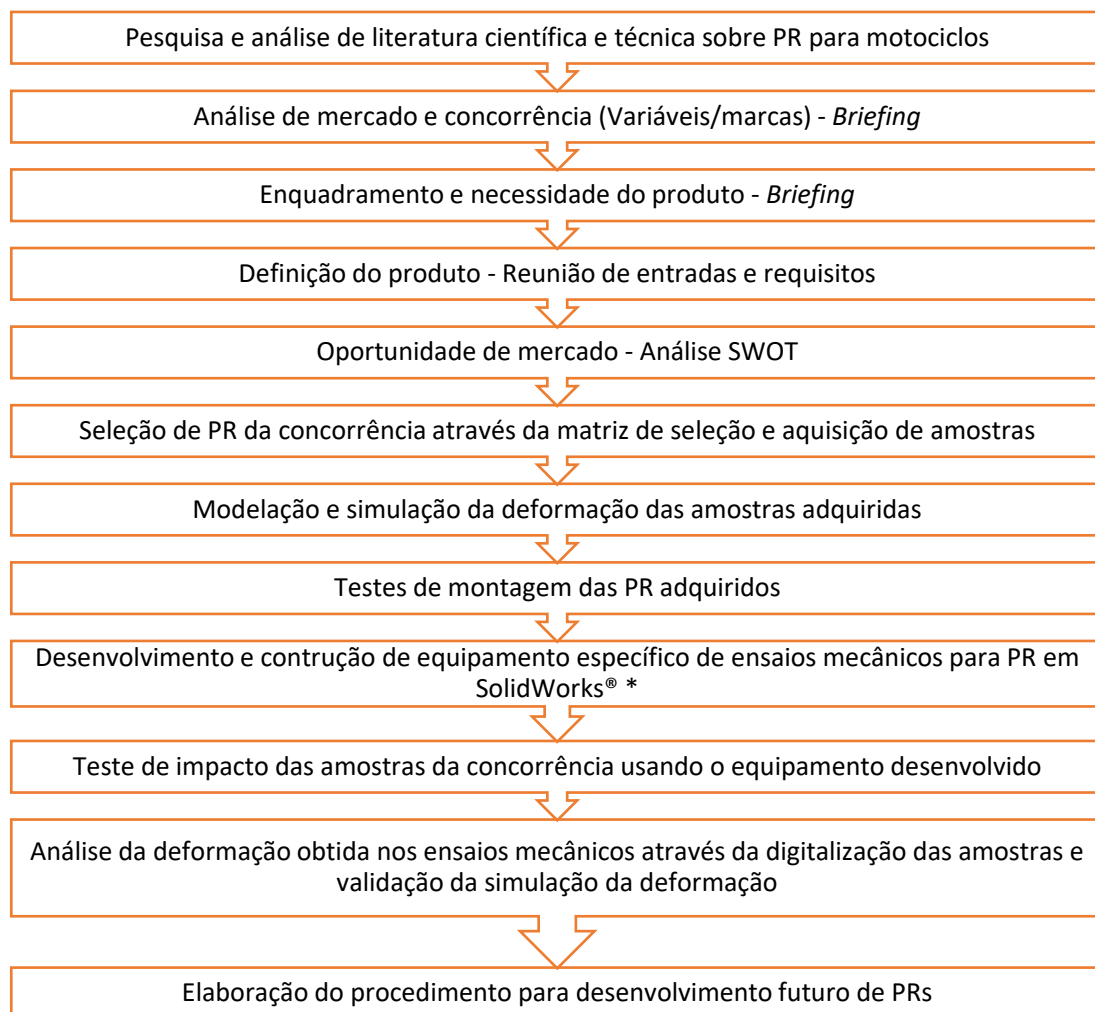


Figura 1 – Descrição das etapas da metodologia utilizada.

1.4 Estrutura da dissertação

O presente trabalho está dividido em seis capítulos.

No primeiro capítulo é apresentada a introdução, que aborda uma contextualização do trabalho e dos objetivos propostos. Em seguida, são apresentados os traços gerais da metodologia seguida na elaboração do trabalho. Por último, foi realizada uma breve apresentação da empresa de acolhimento.

O enquadramento teórico é apresentado no segundo capítulo, que se encontra dividido por subcapítulos, desenvolvimento de produto, motociclos e ensaios estruturais. No desenvolvimento de produto, são apresentadas as suas metodologias: *Design for X* e conceitos de sustentabilidade. No subcapítulo Motociclos, são realizadas: a caracterização dos principais componentes de um motociclo, os diferentes tipos de motociclos, a caracterização do radiador, assim como sua funcionalidade, a segurança e condições de impacto. Por último, é apresentado o subcapítulo dos ensaios estruturais que engloba normalização, ensaios específicos e simulação computacional.

No terceiro capítulo, é apresentada a caracterização da empresa, o seu posicionamento na produção de produtos para motociclos, a primeira abordagem ao produto e ao problema e a definição de estratégia.

No quarto capítulo, apresenta-se a lista de aplicação das PRs, a análise qualitativa e quantitativa do mercado e a análise crítica do trabalho desenvolvido na análise quantitativa do mercado.

No quinto capítulo, apresenta-se o desenvolvimento de um equipamento específico para o ensaio de deformação das PR.

O sexto capítulo apresenta propostas de diretrizes para dimensionamento de uma PR e orientações de *design*, dimensionamento e processos de fabrico para o desenvolvimento de produto alternativo, com base no trabalho apresentado no capítulo quatro.

O sétimo e último capítulo descreve as conclusões e sugestões para trabalho futuro.

1.5 Empresa de acolhimento

Este trabalho foi realizado na Polisport Plásticos S.A., empresa do Grupo Polisport. Esta empresa está localizada em Carregosa, concelho de Oliveira de Azeméis, distrito de Aveiro, tendo decorrido entre 2 de Setembro de 2019 e 31 de Maio de 2020 – 9 meses de duração. O trabalho decorreu sob a orientação do Eng. Ricardo Ferreira, diretor do departamento de Engenharia.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Desenvolvimento de produto

2.2 Motociclos

2.3 Ensaios estruturais

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Desenvolvimento de produto*

O desenvolvimento de novos produtos surge da necessidade do mercado e está normalmente associado a produtos inovadores, diferenciadores e eficientes. Nos capítulos seguintes, é possível observar as metodologias e os conceitos que estão diretamente ligados ao Desenvolvimento de Produto (DP), e que serviram de apoio a este trabalho.

2.1.1 *Metodologia de desenvolvimento de produto*

As metodologias adotadas para o DP devem ser ajustadas ao tipo de produto a desenvolver, por forma a garantir o sucesso dos objetivos pretendidos, adequados ao *know-how* da empresa. A metodologia pode ser dividida em vários métodos que se podem considerar como etapas deste processo, tendo início na análise da necessidade do mercado, onde surge a ideia do produto, até à finalização do produto, desde logo a sua industrialização e expedição para o mercado.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi necessário efetuar um levantamento sobre trabalhos realizados pelos investigadores referente às ferramentas utilizadas nas metodologias de DP. Estes trabalhos podem ser observados, de uma forma sucinta na Tabela 1.

Tabela 1 - Literatura especializada em Metodologias de DP

Referências Bibliográficas	Descrição do Trabalho
Schuh, Salmen, Kuhlmann, & Wiese [1]	Neste trabalho, foi realizado um estudo sobre os recursos necessários para o DP, assim como dos indicadores necessários (tempo, custo e qualidade). Este estudo teve como base inquéritos realizados em 50 empresas, tendo sido obtidas 306 respostas. Após a análise destes inquéritos, este trabalho conclui que existe um padrão de operações para o DP comum nas 50 empresas. Este padrão consiste nas seguintes etapas de DP: exploração de ideias novas e inovadoras, componentes técnicas, processos de fabrico e recursos necessários para a elaboração do produto com base na qualidade, tempo de execução e custo da peça.

-
- Persson *et al.*
[2] Os autores desenvolveram uma revisão baseada na experiência adquirida, nas últimas décadas, sobre métodos de DP. Persson *et al.*, após a sua pesquisa, concluíram que os principais impulsionadores para o desenvolvimento de um novo produto são: a tecnologia, o mercado e a sociedade. O DP é constituído por propriedades *hard* que, normalmente, estão associadas à engenharia do produto, e propriedades *soft* que, normalmente, estão associadas ao *design* do produto. O DP inicia-se pela definição dos requisitos funcionais e, posteriormente, pela geração dos conceitos de *Design*. Estes conceitos são otimizados com recurso à iteração. Para agilizar este processo de iteração, recorre-se às simulações virtuais e à prototipagem. O passo seguinte, prototipagem, é a análise das interdependências, com o objetivo de simplificar a estrutura do produto. Para finalizar, os autores concluíram que devido às rápidas mudanças no mercado e na sociedade, as empresas são obrigadas a ter um processo de DP cada vez mais expedito e eficaz.
-
- Carvalho, Ribeiro, & Matias
[3] Segundo Carvalho *et al.*, o DP é condicionado pelos seguintes fatores: social, económico e cultural. Após a análise do trabalho desenvolvido pelos autores estes concluíram que o DP deve ter em consideração o ciclo de vida do produto, e deve seguir as seguintes etapas: estudo de viabilidade do produto, seleção do conceito do produto, prototipagem e ensaios, elaboração da pré-produção pretendida e industrialização em função desta, definição do meio de comunicação com o cliente (*marketing*, embalagem, transporte), definição/previsão do tipo de utilização do produto e definição da vida útil do produto. Já na análise de Carvalho *et al.* [3], concluiu-se que o “processo deve ser baseado no conceito do ciclo de vida do produto e constituído por seis fases”: desenvolvimento/planeamento de especificações do produto, definição do conceito do produto, projeto de desenvolvimento detalhado do produto, produção, uso ou serviço do produto e rejeição ou reciclagem do produto. Em suma, Carvalho *et al.* concluíram que a utilização das metodologias descritas anteriormente para DP são um benefício para as empresas, uma vez que trazem como mais-valia a redução de custos e a satisfação dos clientes.
-
- Attar *et al.*
[4] Em muitos casos, um conceito inicial de projeto é produzido pelo *know-how* do projetista. Após o surgimento do conceito, surge a necessidade de analisar a viabilidade e desempenho dos vários caminhos de fabrico a seguir e, de quais os materiais mais adequados para cada caminho. Após a seleção do processo de fabrico, é realizada uma avaliação detalhada da solução quanto ao seu desempenho em serviço, por exemplo, peso, comportamento em colisões e rigidez. Uma vez validada a solução de projeto, esta deve ser otimizada através de Análise de Elementos Finitos e testes de prototipagem, podendo assim reduzir as espessuras das peças, que é considerado um critério de viabilidade de fabricação para soluções de chapas metálicas.
-

Após a análise dos trabalhos acima apresentados, é possível elaborar a seguinte sequência de operações para o DP, ver Figura 2.

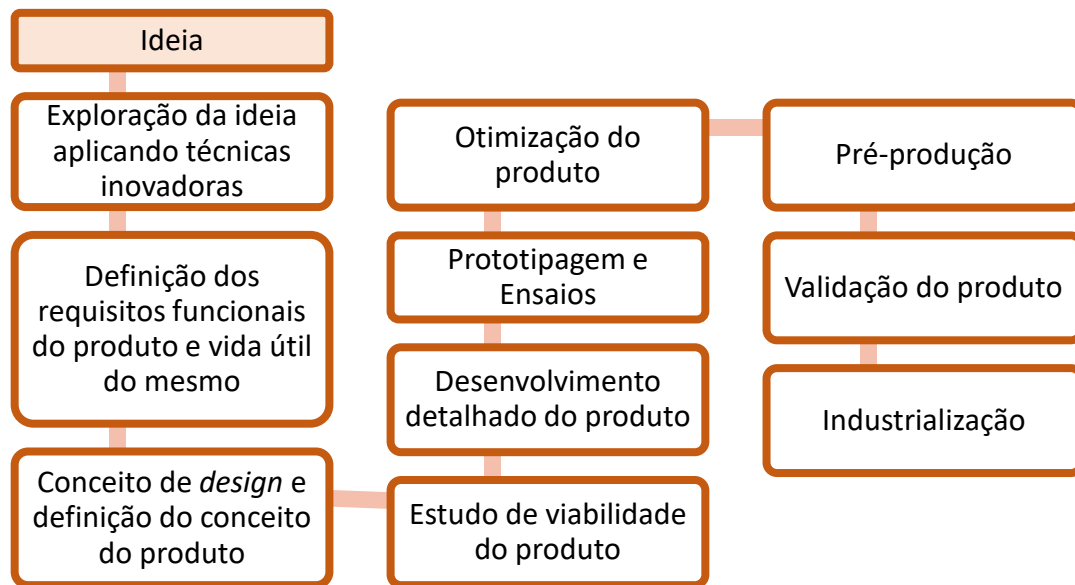


Figura 2 - Etapas de Desenvolvimento de Produto

Em suma, o DP é impulsionado pela Tecnologia, Mercado e Sociedade e deve seguir a metodologia apresentada anteriormente. A metodologia apresentada para o DP tem como objetivo permitir às empresas a utilização de ferramentas versáteis e eficazes, o que se pode traduzir numa redução de custos e na redução de tempo do DP.

2.1.2 Conceito de Design For X

Seguindo as metodologias descritas no capítulo 2.1.1, é possível sequenciar as mesmas em várias etapas, denominadas por *Design for X*. Entende-se por *Design for X* as etapas desde o conceito inicial, até à reciclagem de produtos. Na perspetiva do projetista, é possível destacar as seguintes etapas: *Design* para manufatura (*Design for Manufacturing*), *Design* para a montagem (*Design for Assembly*), *Design* para a maquinagem (*Design for Machining*), *Design* para injeção moldada (*Design for Injection Molding*), *Design* para a fundição (*Design for Casting*), *Design* para forjagem (*Design for Forging*), entre outros [5].

2.1.2.1 Design para manufatura e montagem

O *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA) contempla o *design* direcionado para a manufatura e para a montagem. O *Design* para manufatura tem como objetivo principal a simplificação das peças que constituem um produto, assim como a redução da complexidade das operações de fabrico. Contudo, este visa uma seleção de processos de fabrico e de materiais, no sentido de tornar o processo o mais económico possível. Por outro lado, o *Design* direcionado para a montagem, tem como objetivo principal a simplificação da montagem do produto com a redução do número de operações e tempo de montagem [5].

Em seguida, serão apresentados trabalhos que advêm da literatura especializada, que suportam a descrição efetuada sobre o DFMA, ver a Tabela 2.

Tabela 2 - Literatura especializada em DFMA

Referências Bibliográficas	Descrição do Trabalho
Carvalho, Ribeiro, & Matias [3]	Segundo Carvalho <i>et al.</i> [3], o DFMA necessita dos seguintes recursos: esquema de montagem e as operações necessárias para este, desenhos técnicos, esquema da sequência dos processos de fabrico e o protótipo. No entanto, durante o DP devem ser tidos em atenção os seguintes aspetos para o DFMA: a simplicidade das peças, a utilização racional de materiais, usar componentes e processos de fabrico normalizados, utilizar matérias de fácil transformação e reutilização/reciclagem, tirar partido de características especiais do processo, evitar limitações de processo, realizar o projeto com o menor número de componentes possível, utilizar montagens modulares, facilitar a montagem e alinhamento dos componentes, reduzir o número de ajustes durante a montagem e o trabalho em equipa. Tendo em conta os aspetos apresentados anteriormente, é possível obter reduções nos ciclos de montagem superiores a 61%, no número de operações de montagem superiores a 50%, no número de montagens defeituosas superiores a 68% e no <i>lead time</i> de vendas superiores a 50%.
M. Nunes [6]	Segundo os autores, o <i>Design for Assembly</i> (DFA) é um processo que permite projetar os produtos de forma a garantir a montagem eficiente dos produtos. Inclui análise funcional de componentes, análise de eliminação de falhas, análise de manipulação de componentes, análise de inserção de componentes, análise extra de operações, análise de dados e <i>brainstorming</i> . O DFA é geralmente efetuado entre um projetista e um representante da qualidade que seguem as orientações padrão de <i>design</i> . O <i>Design for Manufacturing</i> (DFM) pretende envolver a produção no início do processo de desenvolvimento do produto, focado na melhoria da qualidade do produto e na redução do tempo de execução do mesmo, aumentando assim a margem de lucro ou competitividade do produto.
P. Selvaraj, P. Radhakrishnan, M. Adithan [7]	Este artigo ilustra as várias considerações do DFMA no <i>design</i> de componentes de aeronaves. Segundo Selvaraj <i>et al.</i> [7], o DFMA desempenha um papel fundamental no DP e no custo do produto, tendo como principal objetivo a padronização dos processos de <i>design</i> e fabrico, com o intuito de otimizar o fluxo de trabalho.
G. Boothroyd [8]	O DFMA é o primeiro passo no processo de fabrico e é onde a maioria das decisões são tomadas. Estas afetam significativamente o custo final de um produto. Segundo G. Boothroyd, o DFM deve ter como objetivo principal a utilização das capacidades máximas dos processos de fabrico, de forma simples e eficaz.

2.1.2.2 *Design para a maquinagem (Design for Machining)*

A maquinagem é um processo de arranque de apara que acarreta um grande desperdício de material. Assim, quando um componente é projetado, é necessário ter em conta esse desperdício, reduzindo o número de operações e, por sua vez, o tempo de maquinagem [5].

Tabela 3 - Literatura especializada em *Design for Machining*

Referências Bibliográficas	Descrição do Trabalho
Q. Zhang, M.Mahfouf, J. Yates et al. [9]	Em suma, neste trabalho foram analisadas as tensões residuais presentes num componente composto por ligas de alumínio, que advêm da maquinagem. Q. Zhang <i>et al.</i> começaram por analisar as tensões residuais em modelos produzidos por maquinagem, com recurso à simulação computacional e à <i>reverse-engineering</i> . A metodologia utilizada pelos autores para o <i>Design for Machining</i> seguiu as seguintes etapas: seleção dos <i>inputs</i> da simulação, simulação e análise de resultados. Após a análise de resultados, estes definiram variáveis, restrições e objetivos, e efetuaram a engenharia inversa com o objetivo de otimizar a técnica. Após a análise da otimização da técnica, definiram novamente <i>inputs</i> da simulação e entraram assim num ciclo de iterações, até atingirem o <i>Design for Machining</i> ótimo.
S. Mahapatra, A. Patnaik [10]	Neste trabalho, foi estudada a otimização dos principais parâmetros do processo de <i>Wire Electrical Discharge Machining (WEDM)</i> , sendo estes: a corrente de descarga, a duração do impulso e a taxa de fluxo dielétrico, tendo como objetivo maximizar a taxa de remoção de material e acabamento superficial, minimizando a largura de corte. S. Mahapatra <i>et al.</i> [10] recorreu ao método de Taguchi com o objetivo de atingir a combinação ideal entre parâmetros. Não satisfeitos com os resultados obtidos, recorreram ainda a um algoritmo genérico e formularam um problema multiobjectivo, multivariável e não linear. Desta forma, S. Mahapatra <i>et al.</i> foram capazes de encontrar os parâmetros globais ótimos.
H. Sakurai [11]	Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um <i>setup</i> de fixação automático, utilizado para a execução de ações de maquinagem. H. Sakurai [11] recorreu à simulação, tendo em conta a complexidade do equipamento. O processo usado teve início na definição de um modelo base, em seguida foi definida a direção de corte, a direção de <i>setup</i> , o volume de corte, a geometria da peça a maquinar e a posição da peça. Seguiu-se a confirmação das interferências e os graus de liberdade. Por último, estimou as forças e as deformações a que o <i>setup</i> está exposto, e assim o processo entra num sistema interativo, até atingir o <i>setup</i> ótimo.

2.1.2.3 *Design para conformação de chapa metálica (Design for Sheet Metalworking)*

Na conformação de chapa metálica, esta é moldada com recurso a punções que transformam a forma do material através da estampagem, corte e dobragem da mesma. No Design para conformação de chapa metálica, os principais aspetos a ter em conta por um projetista no momento do dimensionamento são: espessura da chapa metálica, o raio de curvatura da chapa, escarear, Hems, furos ou slots, entalhes, guias e os cortes de canto para alívio de tensões e possível conformação [12].

Tabela 4 - Literatura especializada de *Design for Sheet Metalworking*

Referências Bibliográficas	Descrição do Trabalho
G. Paulsen [12]	<p>Segundo Paulsen [12], devem ser tidos em conta vários aspetos. O primeiro e o mais importante, é a espessura de chapa. Esta deve ser uniforme ao longo das conformações. O segundo aspeto a ter em conta são os parâmetros de quinagem e orientação da quinagem. A peça, no momento da quinagem, deve ter todos os raios de curvatura iguais, e devem ser todas orientadas na mesma direção. Assim, há uma diminuição de tempo de execução da peça, devido há diminuição dos ajustes da máquina e de reorientação da peça. O terceiro aspeto a ter em conta deve ser a distância entre escareamentos. Esta distância deve ser superior a oito vezes a espessura do material (EM) entre escareamentos, de quatro vezes a EM a um bordo, e de três vezes a EM a uma dobra. O quarto aspetos a ter em conta é o <i>Hems</i>. O <i>Hems</i> são as dobras criadas na extremidade das peças para que esta contenha arestas arredondas e seguras. O quinto aspeto a ter em conta é a dimensão e o posicionamento de furos ou <i>slots</i>, uma vez que estes se deformam com a conformação. Os furos e as <i>slots</i> devem ter um diâmetro mínimo de duas vezes a EM, e devem estar posicionados a quatro EM de uma extremidade da peça. Para além disto, os furos devem ter uma distância de 2.5 vezes a EM ao início da dobragem, enquanto as <i>slots</i> devem ter uma distância de 4 vezes a EM ao início da dobragem. Entre si, este devem ter uma distância de 6 vezes a EM. O sexto aspeto a considerar são os entalhes e as guias. Os entalhes devem estar a pelo menos um milímetro da extremidade ou à espessura do material (o maior entre os dois) e deve ter uma distância entre si de, pelo menos, 3.175 mm. No caso das guias, estas não devem exceder cinco vezes o seu comprimento, devem ter uma dimensão de 3.2 mm ou duas vezes a EM (o maior entre os dois) e o comprimento da guia não deve exceder cinco vezes a largura da chapa. Por último, durante o dimensionamento, deve-se criar cortes de alívio de tensões nas zonas de dobragem, para evitar rotura do material.</p>

2.1.2.4 *Design para injeção moldada (Design for Injection Molding)*

A tecnologia de injeção moldada é um método de processamento utilizado predominantemente com polímeros termoplásticos. O processo consiste em aquecer o material termoplástico até este passar para o estado líquido, injetando-o sob pressão no interior do molde de aço, onde este arrefece e solidifica na forma pretendida [5].

O *Design* para injeção moldada tem como principal função diminuir o tempo de execução da peça, assim como os recursos e os defeitos que esta pode apresentar durante a produção. Os principais parâmetros a controlar durante uma injeção moldada, para que não haja defeitos, são: a temperatura de injeção, pressão de injeção, pressão de compactação, tempo de compactação e arrefecimento. Por outro lado, os defeitos também podem surgir por aspetos que não foram tidos em conta durante o

desenvolvimento da peça, a fabricação do molde, nomeadamente: material do molde dilata com a temperatura, ângulo de saída da peça, zonas de concentração de material entre outros. Os fatores referidos anteriormente podem provocar defeitos como peças fora de dimensão, rechupe e empenos na peça [13].

Tabela 5 - Literatura especializada em *Design for Injection Molding*

Referências Bibliográficas	Descrição do Trabalho
H. Kim, J. Son, Y. Im [14]	Neste trabalho, H. Kim et al. [14] procuram a redução de defeitos numa dobradiça em polipropileno ou polietileno com o aumento da rigidez. Para isso, H. Kim et al. começaram por desenvolver vários modelos de estudo possíveis, e analisaram os mesmos com recurso a métodos numéricos. Estes modelos foram prototipados e testados, concluindo que o principal causador de defeitos seria a falta de fluidez do material. Para combater esses defeitos, H. Kim et al. [14] simularam quatro novos pontos de injeção e selecionaram o que permitiu melhor fluxo de material até às zonas críticas. Por outro lado, H. Kim et al. também concluíram que os defeitos nas dobradiças podem ser reduzidos com o aumento da velocidade de injeção e de temperatura do fundido por forma a aumentar a fluidez do material, a diminuir as tensões de corte e deformações, durante o enchimento.

2.1.3 Conceitos de sustentabilidade

Com o aquecimento global do planeta terra, e com o avanço da indústria e da sociedade, foi necessário introduzir o conceito de sustentabilidade. Este conceito está diretamente relacionado com a exploração dos recursos naturais existentes no planeta, e tem como principal objetivo evitar que estes se esgotem, mantendo o equilíbrio ecológico. A sustentabilidade pode dividir-se nos seguintes tipos: Ambiental e Ecológica, Empresarial, Social e Económica[15].

O conceito de sustentabilidade foi introduzido no desenvolvimento, uma vez que é nesta área onde se dá a seleção dos recursos necessários para que este aconteça e, denominou-se de desenvolvimento sustentável. O desenvolvimento sustentável assenta em ideias, estratégias e atitudes ecologicamente corretas, economicamente viáveis e socialmente justas, que levem a um compromisso entre desenvolvimento económico-social e a salvaguarda do meio ambiente [16].

Após esta breve introdução ao conceito de sustentabilidade, serão introduzidos trabalhos da literatura especializada que podem ser observados, de uma forma sucinta e objetiva, na Tabela 6.

Tabela 6 - Literatura especializada em sustentabilidade

Referências Bibliográficas	Descrição do Trabalho
S. Hallstedt [17]	O conceito sustentabilidade deve ser introduzido no início do processo de DP, e deve ser tido em conta no processo de inovação/seleção e ao longo do processo de <i>design</i> . Todos os resultados apresentados por Hallstedt [17] tiveram como base uma empresa industrial especializada na área aeroespacial.
S. Wan Alwj, Z. Manan, J. Klemeš et al. [15]	Alwj et al. apresentam neste artigo uma pesquisa sobre engenharia de sustentabilidade, onde este defende que os engenheiros do futuro devem considerar as dimensões económicas, tecnológicas, ambientais, políticas e sociais para auxiliarem nas suas tomadas de decisão durante o DP. Para além dos aspetos referidos anteriormente, e devido ao aumento da complexidade, dimensão e multidimensionalidade dos sistemas, Alwj et al. [15] considera que, num futuro próximo, os engenheiros envolvidos no DP devem-se munir de ferramentas de modelação e simulação, como por exemplo: avaliação do ciclo de vida do produto, impacto ecológico e produção mais limpa. Para além destas ferramentas, Alwj et al. [15] considera fundamental as empresas acompanharem a evolução da engenharia no que toca à sustentabilidade, uma vez que estão a surgir novas tecnologias com gestão integrada de recursos, sistemas híbridos, tecnologias de simulação de desperdício de recursos e melhoria da eficiência das tecnologias atuais.
M. Held, D. Weidmann, D. Kammerl et al. [18]	<p>Neste artigo, são tratados os principais desafios de DP sustentável no setor automóvel alemão, onde é realizada uma comparação entre uma componente bibliográfica, baseada em factos científicos e industriais, e o estado da arte na implementação da sustentabilidade no DP. Segundo Held et al. [18], as principais conclusões a tirar são as seguintes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O principal fator para o sucesso da implementação da sustentabilidade no DP é o desenvolvimento de compromisso, por parte da empresa, através de uma estratégia precisa; • O desenvolvimento sustentável deve ter em conta os seguintes fatores principais: leis/políticas, clientes e concorrência/custo; • Para superar os impedimentos de utilização de um desenvolvimento sustentável, devem-se promover soluções em que todos os intervenientes ganhem, e fortalecer a consciencialização sobre sustentabilidade por parte de clientes e fabricantes; • Os métodos de sustentabilidade devem ser padronizados e devem considerar a perspetiva académica e industrial; • Os resultados obtidos na avaliação da sustentabilidade devem ser utilizados prospectivamente para a melhoria dos produtos.

2.2 Motociclos

A moto foi inventada no século XIX, e tornou-se um dos principais meios de transporte mais apreciados no mundo, na atualidade [19].

2.2.1 Caracterização dos principais componentes dos motociclos

Um motociclo, assim como os automóveis, é um veículo que é constituído por dois grandes grupos de órgãos mecânicos. O primeiro grupo é responsável pela estabilidade e segurança do motociclo na via pública. Este grupo é constituído pelo sistema de travagem, amortecimento e direção. O segundo grupo é o responsável pela propulsão, motor-transmissão, sendo responsável pelo movimento do veículo. Neste grupo, é possível encontrar o sistema motriz, que é constituído pelo motor, que pode ser elétrico ou de combustão interna, e pelo conjunto de transmissão [20].

2.2.2 Vários tipos de motociclos e suas características

Os motociclos podem dividir-se em dois grandes grupos: Estrada (1) e TT (2), como pode ser visto na Figura 3.



Figura 3 – (1) Motociclo de estrada – (2) Motociclo de TT [21]

Os motociclos, para além dos dois grandes grupos apresentados, podem ser divididos em inúmeras categorias e estilos. Na Tabela 7 serão apresentadas as principais categorias, assim como as suas principais características.

Tabela 7 - Tipos de motocicletas [22]

Categoria	Descrição
 <p data-bbox="363 689 691 712">Figura 4 – Padrão (Standard) [23]</p>	<ul data-bbox="842 342 1353 712" style="list-style-type: none"> • Versátil e funcional; • Altura média do assento ao solo; • Posição de condução neutra na posição vertical e guidador com altura que varia de baixa a médio; • Pode conter carenagem frontal; • Cilindrada do motor varia entre 125 cc a 1000 cc; • Fácil condução.
 <p data-bbox="419 1093 635 1115">Figura 5 – Cruiser [24]</p>	<ul data-bbox="842 757 1353 1160" style="list-style-type: none"> • Bom para passeio de fim de semana e viagens; • Baixa Altura do assento ao solo; • Posição de condução inclinada para trás com o guidador a uma altura média; • Pode conter carenagem frontal; • Cilindrada do motor varia entre 125 cc a 1700 cc; • Boa para todo o tipo de condutores.
 <p data-bbox="363 1608 691 1630">Figura 6 - Desportivas (Sport) [25]</p>	<ul data-bbox="842 1182 1353 1720" style="list-style-type: none"> • Boa para circular a altas velocidades, em pista ou passeios de fim de semana; • Elevada altura do banco ao solo; • Posição de condução inclinada para a frente, com altura do guidador baixa; • Equipada com carenagens e viseira, para maximizar a aerodinâmica; • Cilindrada do motor varia entre 600 cc a 1300 cc; • Ideal para motociclistas experientes devido à sua potência.



Figura 7 – Touring [26]

- A melhor para longas viagens;
- Altura média do assento ao solo;
- Assentos confortáveis;
- Posição de condução neutra, com guiador a altura média;
- Carenagens largas, para proteger o condutor;
- Cilindrada do motor varia entre 125 cc a 1800 cc;
- Ideal para motociclistas experientes.



Figura 8 - Sport Touring [27]

- Motociclo ágil e funcional, com elevada capacidade para transporte de objetos;
- Altura média/alta do assento ao solo;
- Posição de condução neutra, com guiador a altura média;
- Equipada com carenagens;
- Cilindrada do motor varia entre 750 cc a 1300 cc;
- Ideal para motociclistas experientes.



Figura 9 – Scooters [28]

- Melhor para circular em cidade;
- Baixa altura do assento ao solo;
- Posição de condução neutra, com guiador a altura média;
- Equipada com pequenas carenagens frontais;
- Cilindrada do motor varia entre 50 cc a 1300 cc;
- Boa escolha para condutores iniciantes.



Figura 10 – Todo Terreno [29]

- Assento alto;
- Suspensão de elevado curso;
- Posição de condução neutra, com guiador a altura média;
- Equipada com pequenas carenagens frontais;
- Cilindrada do motor varia entre 50 cc a 700 cc, e dois ou quatro tempos;
- Utilizável por qualquer utilizador.

Na atualidade, também é possível encontrar uma categoria de motocicletas que não se enquadre nos grupos apresentadas anteriormente, e que tem vindo a ganhar o seu lugar no mercado das motocicletas. Estes denominam-se de *Maxi-Trail*, e têm como principais características o conforto e potência de uma moto de estrada, aliado a umas suspensões com maior curso e rodas de dimensões diferentes, baseadas no TT. Assim sendo, é possível ter um motociclo capaz de circular em diversos terrenos e capaz de ter boas prestações em estrada. Na Figura 11 é possível encontrar uma imagem de um motociclo desta categoria.



Figura 11 - Motociclo Maxi-Trail [30]

2.2.3 Modalidades do desporto motorizado com utilização de motociclo

No desporto motorizado com utilização de motociclo, existem diversas modalidades nos mais variados tipos de terreno. Em Portugal, a Federação de Motociclismo de Portugal (FMP) separou o desporto motorizado com utilização de motociclo, em conformidade com a Federação Internacional de motociclismo, nas seguintes modalidades: Enduro, Super-Enduro, Enduro Sprint, Hard Enduro, Todo-o-Terreno ou Rally, Motocross, Supercross, Mototurismo, Supermoto, Trial e Velocidade [31]. Para este trabalho, apenas serão relevantes as modalidades de TT. Os motociclos que as grandes marcas desenvolvem estão mais vocacionadas para a prática da modalidade de Enduro.

O Enduro é uma Prova de Regularidade com classificativas cronometradas, cujo objetivo de cada piloto é fazer o menor tempo possível nas especiais cronometradas (EC) e conseguir fazer a ligação entre EC no tempo previsto pela organização da prova. Desenvolve-se em trilhos sinuosos, estreitos, caminhos, pistas e estradas abertas à circulação diária normal [32]. Neste tipo de prova são utilizados motociclos do tipo TT, matriculados e homologados para circulação na via pública.



Figura 12 - Prática do Enduro [33]

2.2.4 Radiador

Um radiador é, nada mais nada menos, um permutador de calor, e tem como principal função a transferência de energia térmica de um fluido para outro. Estas transferências ocorrem em fluidos separados por uma parede, e seguem os seguintes princípios: condução e convecção [34].

A transferência de calor num permutador é dada pela seguinte expressão:

$$q = U A \overline{\Delta T},$$

- $u (W/(m^2K))$ é o coeficiente global de transferência de calor do permutador,
- $A (m^2)$ é a área da superfície de transferência de calor do permutador,
- $\overline{\Delta T} (K)$ é uma diferença de temperatura média entre os dois fluidos.

Os permutadores podem dividir-se nos seguintes tipos:

Placas



Figura 13 - Permutador de Placas [34]

Carcaça e Tubos

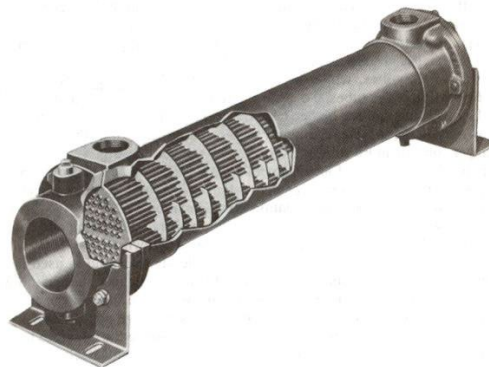


Figura 14 - Permutador de Carcaça e Tubos [34]

Correntes Cruzadas

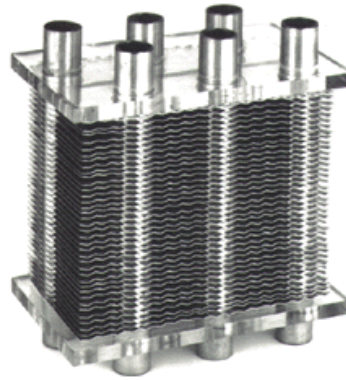


Figura 15 - Permutador de Correntes Cruzadas [34]

Outros

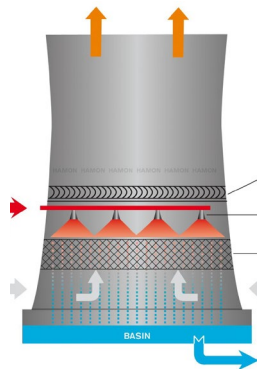


Figura 16 – Torre de arrefecimento [34]

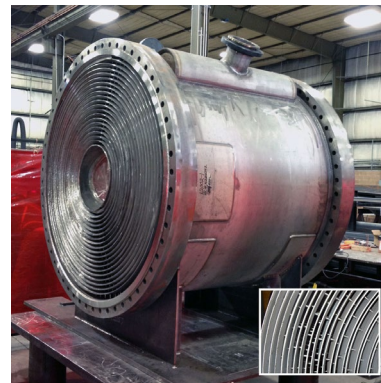
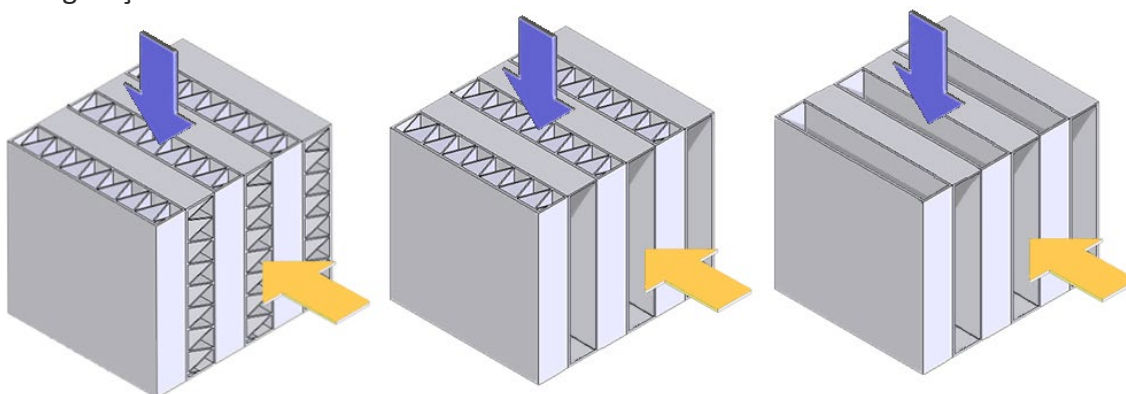


Figura 17 - Permutador Circular [34]

No caso dos permutadores de correntes cruzadas, pode ainda dividir-se nas seguintes configurações:



Ambos os Fluxos Não “Misturados”

Um Fluxo “Misturado”

Ambos os Fluxos “Misturado”

Figura 18 - Tipos de fluxos em permutadores de correntes cruzadas [34]

Os radiadores caracterizam-se como sendo permutadores de calor de correntes cruzadas com um fluxo “misturado”. Neste tipo de permutadores, a transferência de calor é maximizada devido à elevada área de contacto, proveniente do elevado número

de alhetas, e devido à baixa espessura da parede que separa os dois fluidos, o que faz aumentar o coeficiente global de transferência de calor.



Figura 19 - Radiador EXC 2019 [35]

2.2.5 Normas de segurança

No caso dos motociclos, as normas existentes relativas a testes de impacto, visam analisar as lesões a que o motociclista está sujeito durante o impacto, e não analisar as deformações do veículo, como acontece nos automóveis. A norma utilizada para avaliar o impacto entre um motociclo com outro veículo é a norma ISO 13232:2006 [36]. Esta norma tem como principal objetivo avaliar as lesões que o motociclista tem após o impacto.

Para os testes de impacto realizados por esta norma, as variáveis de impacto são as seguintes:

- Ângulo de direção relativo;
- Velocidade de impacto do Veículo Oposto (VO);
- Velocidade de impacto do motociclo;
- Ponto de contacto VO;
- Ponto de contacto de motociclo.

Na Figura 20 e Figura 21 é possível definir as zonas de contacto VO e do motociclo.

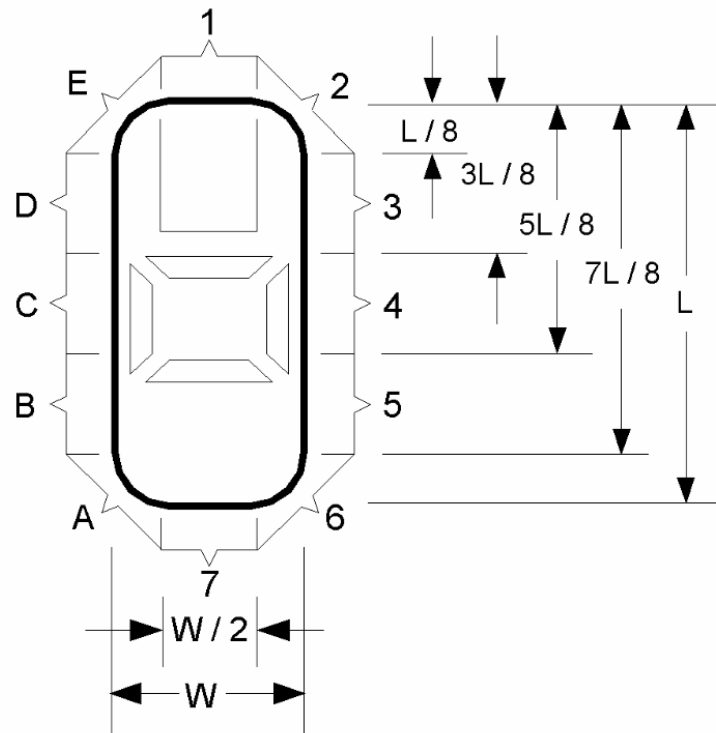


Figura 20 - Definição da área de contacto do veículo

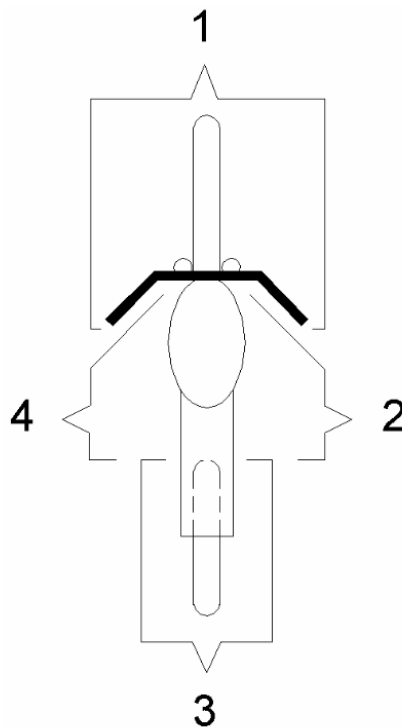


Figura 21 - Definição da área de contacto do motociclo

Já a orientação entre o motociclo e o VO é definida na Tabela 8.

Tabela 8 - Orientação entre motociclo e VO

Angulo (grau)	Código de orientação
0	1
45	2
90	3
135	4
180	5
225	6
270	7
315	8

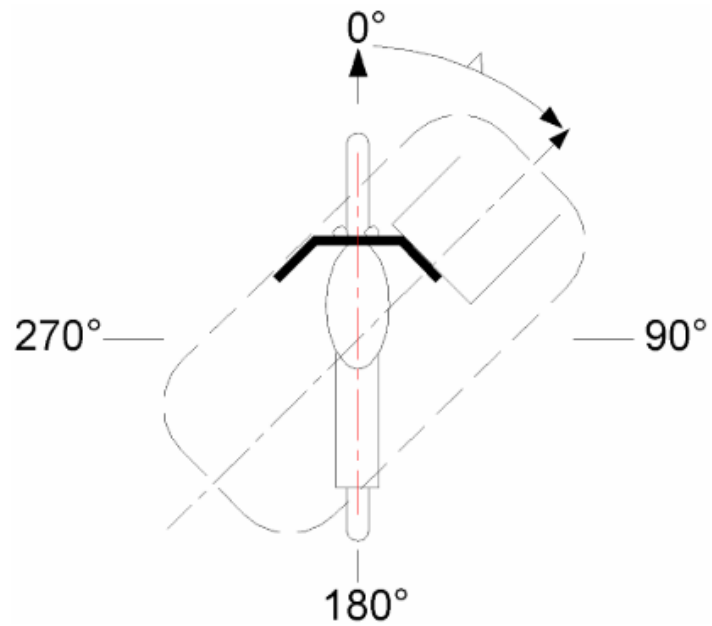


Figura 22 - Definição da orientação relativa entre VO e o motociclo

Após a definição das áreas de contacto e da posição relativa, já é possível definir os ensaios que a norma recomenda. Estes serão apresentados de forma resumida na Tabela 9.

Tabela 9 - Ensaio realizados na norma ISO 13232:2006 [35]–[42]

Ensaio	Zona de Contacto VO	Zona de Contacto motociclo	Orientação relativa motociclo e VO	Velocidade VO (m/s)	Velocidade motociclo (m/s)
1	1	4	3	9.8	0
2	1	1	4	6.7	13.4
3	4	1	3	6.7	13.4
4	4	1	2	6.7	13.4
5	4	1	4	6.7	13.4
6	2	2	5	0	13.4
7	4	1	3	0	13.4

Na Tabela 9 é possível observar que a maior parte dos impactos ocorrem na zona 1 e 4/2 do motociclo a velocidade compreendidas entre os 0 m/s e os 13.4 m/s [37].

2.2.6 Condições de impacto

A utilização de um motociclo de TT é distinta da utilização de um motociclo utilizado em estrada. Por este motivo, as condições de impacto de um motociclo de TT também são bastante distintas de um motociclo de estrada.

Com base numa amostra de quedas com motociclos de estrada, é possível chegar às principais zonas de impacto, representadas na Figura 23 [38].

Tendo em conta os ensaios propostos com a Norma ISO 13232:2006 [36], [37], [39]–[44], apresentada na seção anterior, é possível comprovar que os ensaios propostos pela norma são, efetivamente, nas zonas onde existe maior percentagem de impacto.

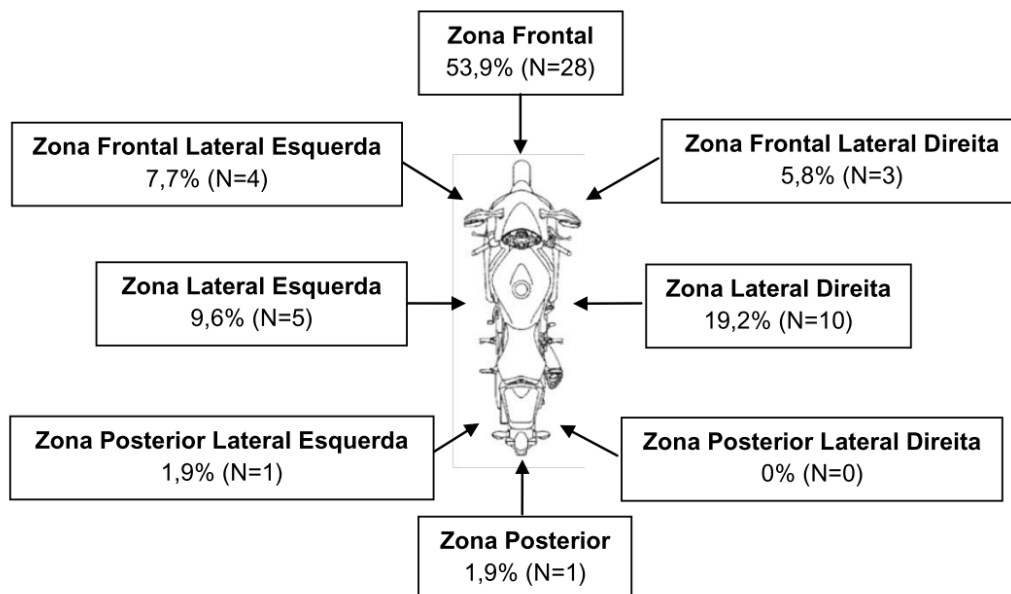


Figura 23 - Principais zonas de impacto de um motociclo de estrada [38]

Já no TT, os impactos mais frequentes são nas zonas laterais da moto. Este tipo de impacto é muito frequente ocorrer na prática de TT, principalmente para os mais inexperientes, uma vez que, devido às irregularidades do terreno, é bastante fácil perder-se o equilíbrio em cima do motociclo, e o controlo do mesmo. Na Figura 24, é possível observar um caso de impacto lateral de um motociclo de TT.



Figura 24 - Queda mais frequente de um motociclo TT [45]

Em suma, o desenvolvimento da PR irá focar-se em resistir a este tipo de impacto.

2.3 Ensaaios estruturais

2.3.1 Normalizados

2.3.1.1 Ensaio de tração

Através de ensaios de tração, é possível aferir o comportamento característico de um material. Este comportamento é aferido para uma solicitação de carregamento específico, deformando-se durante o período de solicitação, e recuperando após o descarregamento. Este comportamento é registado num gráfico, que após a sua análise, possibilita a aferição de características como rigidez do material, deformação e ductilidade do mesmo. Através deste gráfico, também é possível caracterizar o comportamento elástico do material (Tensão de Cedência), através da lei de Hooke, e o ponto de rotura do mesmo (Tensão de rotura).

2.3.1.2 Ensaio de compressão

Assim como nos ensaio de tração, o objetivo de um ensaio de compressão é determinar a tensão de cedência do material, só que neste caso, comprimindo o mesmo.

Estes ensaios devem seguir a norma ASTM E9 para o caso dos metais [46]. Na Figura 25 é possível observar um ensaio de compressão realizado segundo a norma ASTM C365, uma vez que o material estudado seria a cortiça.

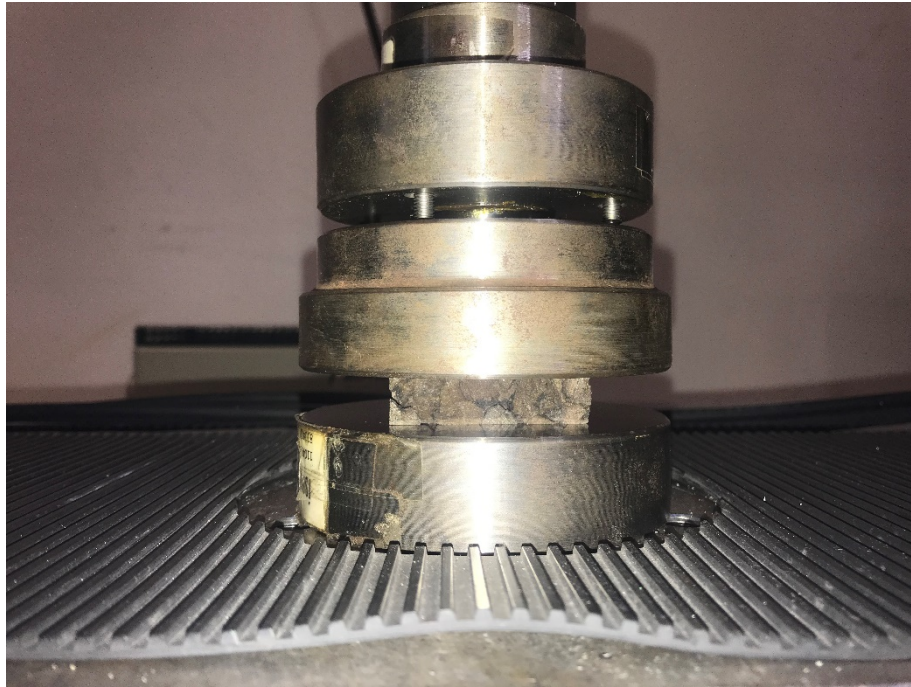


Figura 25 - Ensaio de compressão

Como o caso em estudo é o desenvolvimento de uma PR, o ensaio de compressão não será utilizado, uma vez que o motociclo, em caso de queda, está sujeito a um esforço de impacto. Por esse motivo, será necessário desenvolver um equipamento específico que permita simular a queda do motociclo da forma mais fiável.

2.3.2 Ensaios Específicos

Para além dos ensaios normalizados, muitas vezes surge a necessidade de criar ensaios específicos para testar ou validar um determinado produto. Os ensaios específicos têm como principal objetivo testar peças/conjuntos em condições idênticas às de utilização.

Tabela 10 - Referências bibliográfica de ensaios específicos

Referências Bibliográficas	Descrição do Trabalho
Z. Zhang, Y. Zhu, X. Huang et al. [47]	Z. Zhang et al. [47], após o desenvolvimento de uma estrutura de revestimento de um túnel, quiseram testar este órgão mecânico a fim de descobrir qual o comportamento em utilização. Para tal, Z. Zhang et al. [47] viram-se obrigados a desenvolver uma metodologia de ensaio específica para esta estrutura, devido à sua dimensão. Neste caso, os ensaios realizados à estrutura foram testes de carga em larga escala, que permitiram tirar conclusões quando a estrutura estava sujeita ao peso próprio, e quando sujeita a uma sobrecarga.

2.3.3 Simulação Computacional

A simulação é utilizada para reproduzir sensações físicas de um mecanismo num *software*. Este método permite aos utilizadores economizarem bastante dinheiro, uma

vez que, não necessitam de dispor de recursos, e os resultados que estas apresentam são próximos da realidade. Os simuladores podem ser aplicados nas mais diversas áreas, como no desporto e na indústria. Na indústria, um dos métodos de simulação mais utilizados para o DP é o método de elementos finitos (MEF).

2.3.3.1 Método dos elementos finitos

O MEF é um método numérico, que permite desenvolver aproximações numéricas de equações constitutivas integrais ou diferenciais, relativas a estruturas ou elementos estruturais, através de equações algébricas. Estas equações algébricas devolvem soluções aproximadas para as variáveis de campo, unindo assim um número discreto de pontos do domínio. Esta união de pontos num domínio é designada por malha.

Este método, aplicado a um *software*, divide-se em três fases: pré-processamento, processamento e resultados [48] - [49].

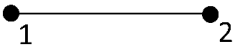

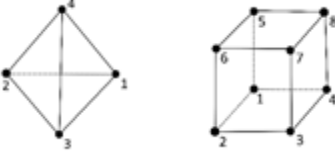
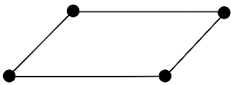
2.3.3.1.1 Pré-Processamento

O pré-processamento, é o local onde se define o tipo de material da peça ou conjunto, as condições fronteiras, tipos de contacto entre peças, cargas aplicadas e o tipo de malha e o seu refinamento. Dos pontos apresentados anteriormente, os mais importantes são: escolha do tipo de malha e o seu refinamento e a definição das condições fronteira. Estes serão detalhados em seguida [50].

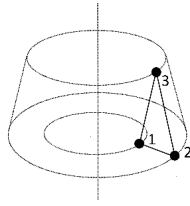
- **Malha:**

Os elementos utilizados para caracterizar o domínio de pontos podem ser divididos da seguinte forma (Tabela 11):

Tabela 11 - Tipos de elementos e suas aplicações gerais

Tipos de elementos		Aplicações
1D		Estruturas articuladas ou reticuladas (Trelças)
2D		Análise de problemas no plano (Estado plano de tensões/deformações)
3D		Problemas tridimensionais
Placa		Simulação de corpos de espessura fina sujeitos a esforços de membrana e/ou flexão

Axi-simétrico



Problemas em que a geometria e condições fronteira têm simetria em relação ao eixo de rotação do corpo

Na Figura 26 é apresentado um corpo onde foi aplicada uma malha composta por elementos triangulares de três nós.

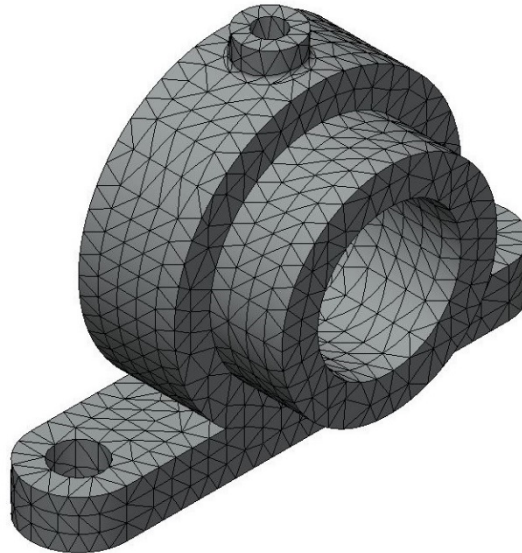


Figura 26 - Aplicação de malha a corpo

Com o aumento da complexidade dos corpos, é importante aplicar uma malha adaptativa que permitirá que haja uma malha mais refinada (maior número de nós) nos locais geométricos onde é previsível que surjam concentração de tensões. Para além da utilização da malha adaptativa e dos exemplos apresentados na Tabela 11, quando o objetivo é melhorar a precisão da simulação, a geometria de triangulação deverá variar, aumentando o número de nós e, conseqüentemente, o número de arestas da triangulação. Deste modo, a análise permitirá a obtenção de resultados mais precisos com a utilização de uma malha adaptativa e com o aumento de número de nós na triangulação. No entanto, a utilização de uma malha adaptativa permite uma discretização mais grosseira nas zonas onde a distribuição de tensões é mais suave. Assim, é possível obter um bom compromisso entre o tempo computacional, que é significativamente reduzido, sem comprometer a fiabilidade dos resultados [51] [52].

Na Figura 27 e na Figura 28, é possível observar as diferenças entre uma malha uniforme e uma malha adaptativa. Uma vez que os vértices do hexágono no interior do cubo são pontos de concentração de tensões, é possível observar na Figura 28 uma malha mais refinada nessa área envolvente, em comparação com a Figura 27. Este refinamento permitirá determinar de uma forma mais exata as deformações e as tensões existentes nesta região.

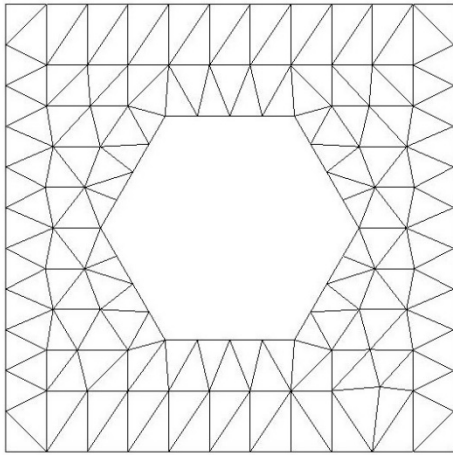


Figura 27 - Malha uniforme

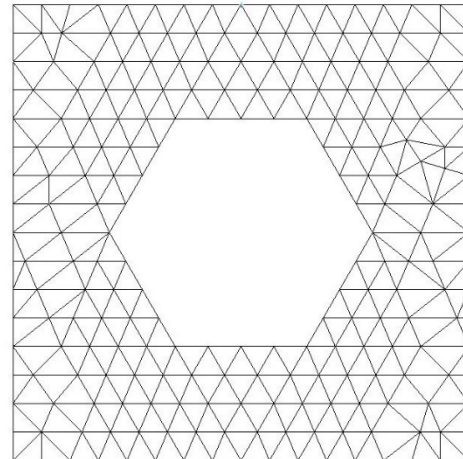


Figura 28 - Malha adaptativa

Comparando a Figura 29 e a Figura 30, é possível encontrar as diferenças de precisão entre uma malha uniforme e uma malha adaptativa. Nesta simulação, foram tidas em conta as mesmas condições de fronteira, e apenas houve a variação do tipo de malha aplicado.

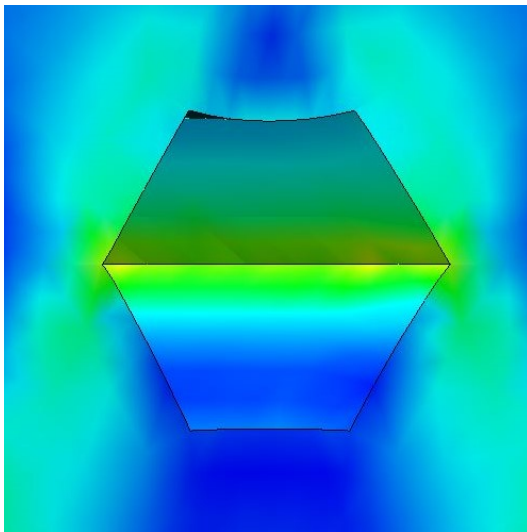


Figura 29 - Caso de Tensões para Malha uniforme

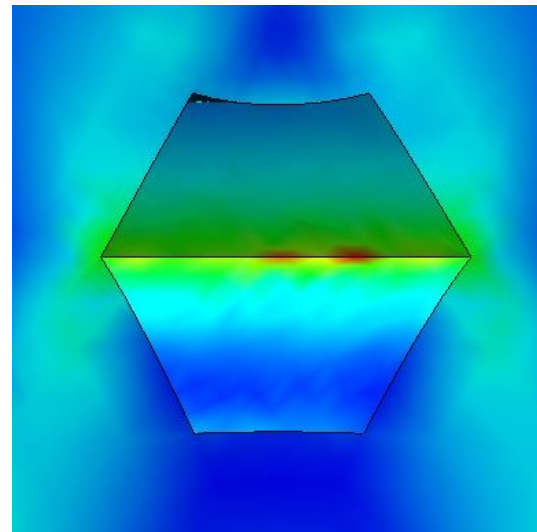


Figura 30 - Caso de Tensões para Malha adaptativa

- **Condições de fronteira**

A etapa de aplicação das condições fronteira (CF) é a etapa mais importante da aplicação do MEF. As CF podem dividir-se em dois tipos: CF essenciais e CF naturais. As CF essenciais definem os nós de deslocamento, enquanto as CF naturais representam as forças/binários aplicados na peça/conjunto e as condições de contacto entre peças.

Uma vez que as simulações computacionais (SC) devem ser sempre validadas por ensaios experimentais, as CF definidas nos modelos numéricos deverão ser possíveis de

reproduzir com o maior rigor possível nestes ensaios. Por este motivo, a definição das CF é o principal passo para o sucesso de uma SC, uma vez que influencia significativamente o resultado da SC e pode ditar uma elevada discrepância entre as soluções numéricas obtidas na SC e os resultados experimentais.

Na Figura 31 é possível observar as CF aplicadas na peça, onde a cor-de-rosa são expressas as CF naturais e a verde as CF essenciais [53].

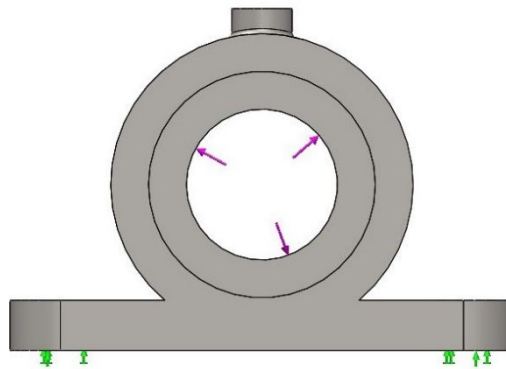


Figura 31 - Aplicação de CF

2.3.3.1.2 Processamento

O processamento depende de vários fatores que já foram descritos no capítulo 2.3.3.1.1. No entanto, deve haver um compromisso entre o refinamento da malha, objetivos pretendidos, duração da SC e a capacidade computacional exigida.

2.3.3.1.3 Pós-Processamento

O pós-processamento, por defeito e tendo em conta o *software* SolidWorks®, apresenta os resultados representados na Tabela 12.

Como é possível observar na Tabela 12, os resultados são apresentados através de um gradiente de cores, cuja escala se encontra do lado direito das imagens, onde a cada cor é possível associar um valor correspondente. Para além deste gradiente de cores, também são representados os pontos na peça onde a grandeza em estudo é máxima e mínima. Por outro lado, também é possível analisar os resultados obtidos em forma de lista.

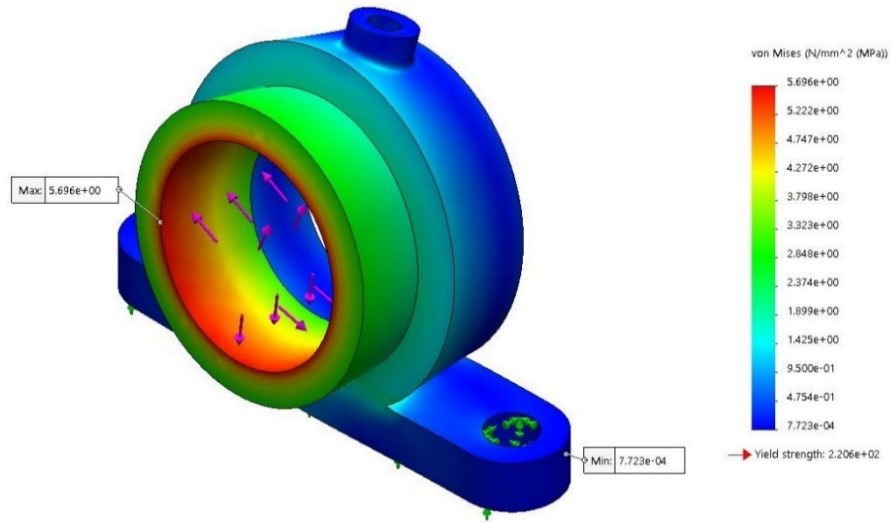
Estes resultados apresentados pelo processamento da SC, devem ser interpretados criticamente e validados por ensaios experimentais [54].

Tabela 12 - Resultados apresentados pelo Processamento em SC

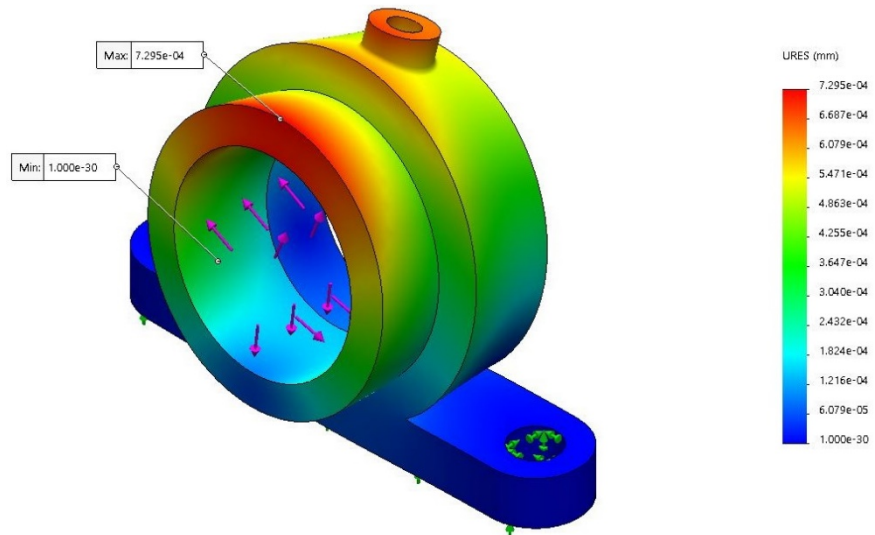
Grandezas

Apresentação de Resultados

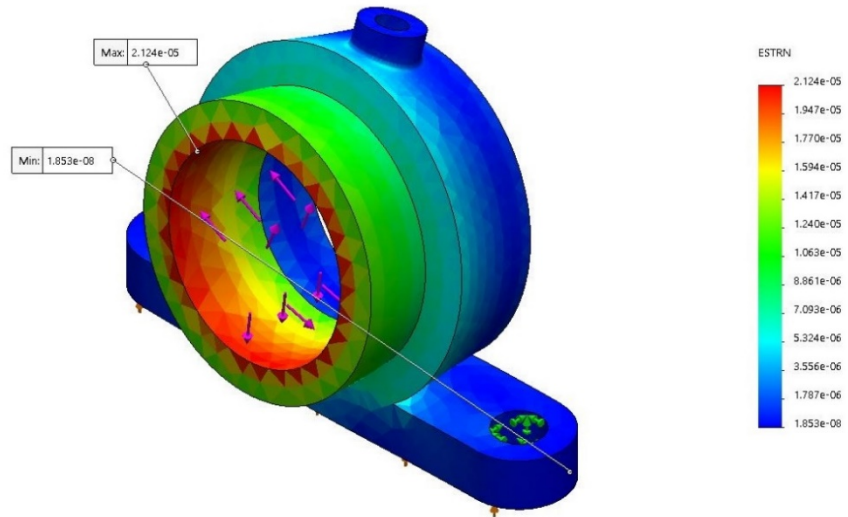
Tensão



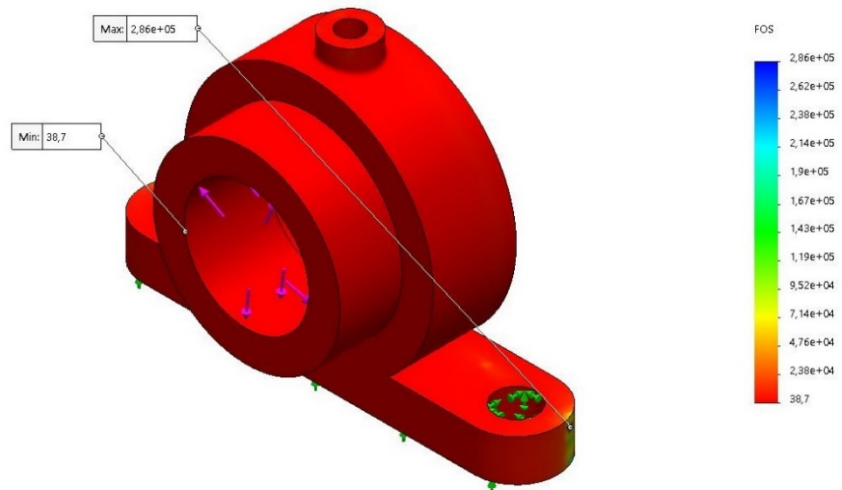
Deslocamento



Deformação



Coefficiente de Segurança



CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA, DO PRODUTO E DO PROBLEMA

- 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA
- 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO
- 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA
- 3.4 DEFINIÇÃO DE ESTRATÉGIA

3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA, DO PRODUTO E DO PROBLEMA

3.1 *Caracterização da Empresa*

Este subcapítulo apresenta uma breve descrição do Grupo Polisport, tendo como foco principal a empresa Polisport Plásticos, S.A., uma vez que foi o local onde foi desenvolvido este trabalho.

3.1.1 *Grupo Polisport*

O Grupo Polisport foi fundado por Pedro Araújo, na década de 70, e surgiu com a necessidade de aquisição de peças plásticas para motociclos de TT. Desde então, o Grupo Polisport tem vindo a focar-se e a especializar-se na indústria dos plásticos, nomeadamente nos acessórios de bicicleta e motociclos de TT, estando já estabelecido como líder deste mercado. A sua filosofia, tendo como base a internacionalização, inovação e qualidade de serviço prestada ao cliente, consistiu em alargar a sua carteira de clientes e mercados, estando hoje presente em mais de 60 países em todo o mundo. O Grupo Polisport exporta 95% da sua produção, e é hoje constituído aproximadamente, por 355 colaboradores, distribuídos por sete empresas, que permitem trabalhar as diversas marcas do seu portefólio e que cobrem, em grande medida, todo o processo produtivo do Grupo [55].

3.1.1.1 *História*

A Polisport nasceu do entusiasmo e da paixão do seu fundador pelas duas-rodas em 1978. Esta paixão ainda é, até aos dias de hoje, um dos principais valores do grupo. Dada a dificuldade de aquisição de peças plásticas para motociclos de TT, o fundador sentiu a necessidade de reproduzir réplicas deste tipo de produto, que facilmente se tornou na sua área de negócio. Inicialmente, estas peças eram produzidas em polímeros reforçados com fibra de vidro, extraídas de moldes artesanais, também estes constituídos por polímeros reforçados com fibra de vidro. Com o sucesso do seu negócio, aliado à incapacidade de dar resposta às encomendas, Pedro Araújo viu-se obrigado a encontrar outro método de fabrico mais produtivo. O método encontrado foi a termoconformação de peças plásticas. Passo seguinte à termoconformação, foi o desenvolvimento de moldes para injeção e, foi nessa altura que se deu um crescimento exponencial da Polisport [56].

Em 1988, saíram da linha de produção os primeiros acessórios para bicicleta. Primeiro as cadeiras para bicicleta, seguiram-se os pára-lamas, os bidões e os capacetes, nos oito anos que se seguiram.

Desde 1978, a Polisport foi crescendo e adquirindo outras empresas que deram origem ao grupo Polisport.

Atualmente, o grupo é líder mundial na produção de cadeiras de criança para bicicletas, com mais de meio milhão de unidades por ano. São fornecedores oficiais de primeiro equipamento (OEM) para grandes marcas como a KTM, HUSQVARNA, TRIUMPH e DECATHLON. É detentor de 33 patentes, 10 marcas registadas e 26 registos de *design*, que já deram origem a reconhecimentos e prémios de organizações mundiais [56].

Em 2008, a empresa ganha o seu primeiro IMDA (*Inmold Decoration Association Award*) para Melhor Molde de Injeção com IPD (*Inmold Plastic Decals*). Em 2009, a empresa recebeu mais dois prémios IMDA, para Melhor Peça de Molde de Injeção e Melhor Produto Durável IMD. Em 2010, a empresa foi reconhecida como a Empresa Portuguesa Mais Inovadora do ano, com o Prémio de Inovação COTEC-BPI SME, além de ganhar o prémio *Portuguese SME Excellence*. Em 2012, a empresa recebeu uma menção honrosa nos prémios INSEAD Entrepreneurship. A cadeira de criança para bicicleta Guppy venceu o prémio Taipei Cycle, e foram ganhos ainda dois prémios IF Design: “*Product Design*” para o porta-bebé Guppy e “*Material Design*” para o bidão de água Corky. Em 2015, o Guppy Junior foi premiado com o prestigiado If Design Award. Em 2017 o *Bike stand* elevatório, vence o prestigiado *Red Dot Award* com a categoria “*Best of the best 2017*”.

Paixão, Inovação e Globalização. É isto que inspira o trabalho diário na Polisport, fazendo da empresa o que é, e possibilitando todos os reconhecimentos atrás referidos.

3.1.1.2 Constituição do Grupo Polisport

O Grupo Polisport é constituído por sete empresas que estão apresentadas na Tabela 13 [57].

Tabela 13 - Empresas do Grupo Polisport

Empresas Grupo Polisport	
POLISPORT PLÁSTICOS, S.A.	<ul style="list-style-type: none"> • Inovação: Pesquisa e Desenvolvimento • Linha de montagem de acessórios para bicicleta • Armazém e expedição de acessórios para bicicleta
POLINTER PLÁSTICOS, S.A.	<ul style="list-style-type: none"> • Fábrica de injeção de plástico
POLISPORT MOLDS, LDA.	<ul style="list-style-type: none"> • Fabrico de moldes
POLISPORT MOTORCYCLE	<ul style="list-style-type: none"> • Armazém e expedição de produtos de TT
HEADGY HELMETS	<ul style="list-style-type: none"> • Produção, armazém e envio de Capacetes
BOBIKE	<ul style="list-style-type: none"> • Produção e comercialização de cadeiras de criança para bicicleta

POLISTAR	<ul style="list-style-type: none"> • Produção e comercialização destinada ao mercado Brasileiro, de acessórios para TT e para bicicleta.
POLIPROMOTION	<ul style="list-style-type: none"> • Personalização de garrafas desportivas

Para além das sete empresas, o grupo detém ainda as seguintes marcas:

- Polisport Off-Road;
- Polisport Bicicletas;
- Headgy Helmets;
- Bobike;
- Polipromotion.

3.1.2 POLISPORT PLÁSTICOS S.A.

A Polisport Plásticos S.A. é, atualmente, a sede do Grupo Polisport, onde estão inseridos os principais departamentos do Grupo. O Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento é um dos principais departamentos e é onde se encontra inserido o desenvolvimento deste trabalho. O projeto foi desenvolvido na área de Engenharia no Projeto de Motociclos. Para uma melhor compreensão da sua constituição, a Figura 32 mostra a estratificação do grupo Polisport [13].

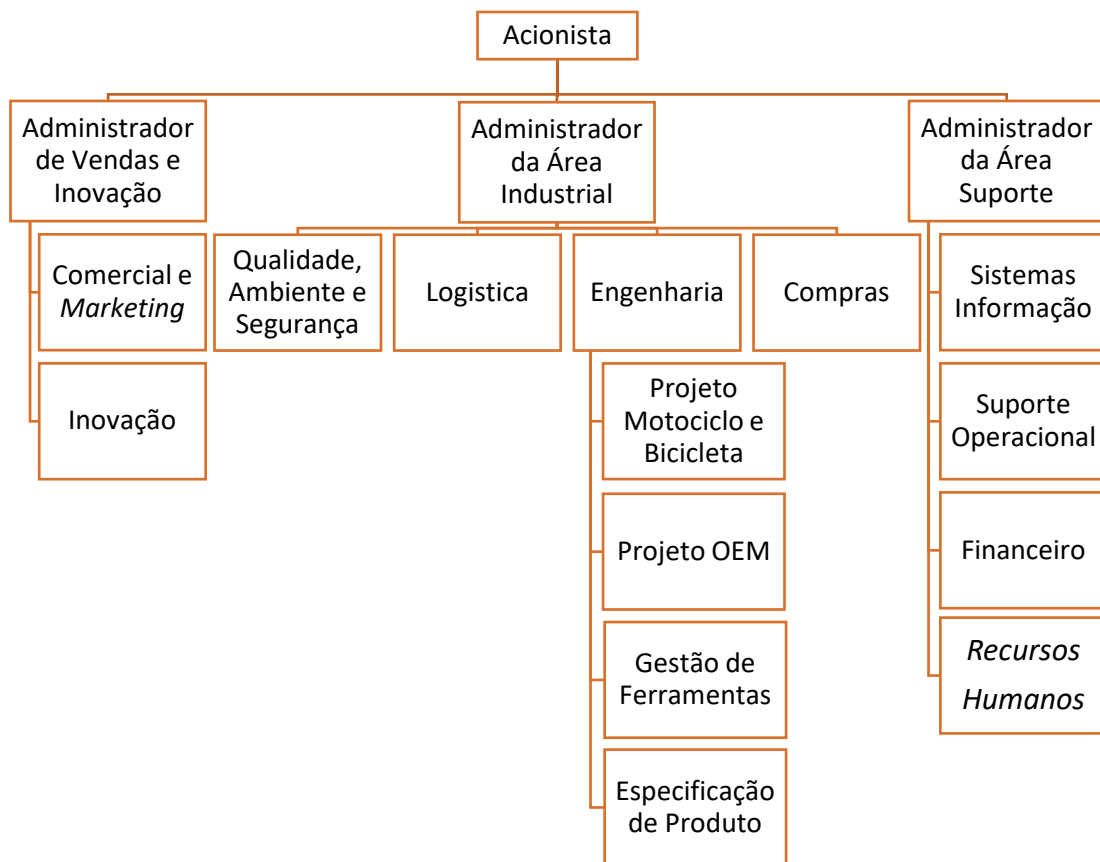


Figura 32 – Organograma Simplificado da Polisport Plásticos S.A.

3.1.2.1 Missão, Valores e Visão

Missão, valores e visão, são os princípios fundamentais que guiam o modo de ação da empresa, mantendo o foco na competitividade e boas práticas. Assim sendo, a Tabela 14 apresenta a definição destes princípios [58].

Tabela 14 – Princípios fundamentais da Polisport Plásticos S.A.

Missão	Produção de produtos inovadores e diferenciados para veículos de duas rodas (bicicleta e moto), aliados ao desempenho e à segurança.
Valores	Os colaboradores devem seguir os seguintes valores: <ul style="list-style-type: none"> • Orientação para o cliente; • Inovação e criatividade; • Ética; • Flexibilidade; • Pessoal multifacetado.
Visão	Cimentar a sua posição como líder do setor, alavancando o prestígio da sua marca e ganhando o reconhecimento pela inovação, qualidade, diferenciação tecnológica e a singularidade dos seus produtos.

3.1.2.2 Departamento de Projeto de Motos

Neste departamento, são desenvolvidos produtos para a marca Polisport Off-Road, tais como: peças plásticas para motocicletas, assim como produtos e acessórios diversos associados à prática do todo terreno de motocicletas.

Este departamento é dotado de qualidades excepcionais, que já mereceram reconhecimento internacional, tais como: a capacidade de inovação, qualidade do serviço e conhecimento técnico. Estas qualidades conseguiram que a Polisport, S.A. atraísse a atenção de grandes marcas de motos, entre as quais a KTM, HUSQVARNA, TRIUMPH e GASGAS, o que, por sua vez, permitiu criar longas parcerias com as mesmas em diversas áreas [57] - [55].

3.2 Caracterização do produto

3.2.1 Definição e função do produto

As PR, como o próprio nome indica, têm como função a proteção dos radiadores para motocicletas e o seu público alvo são os praticantes iniciados e de Enduro. Este tipo de proteção tem características muito próprias, relacionadas com o nível de proteção, montagem, *design*, massa, durabilidade, entre outras.

A definição do produto passou inicialmente por um processo de *briefing* com vários elementos do DEPARTAMENTO DE MARKETING E COMERCIAL (DMC). A primeira

abordagem permitiu verificar a viabilidade do novo produto, e foram definidos alguns requisitos pretendidos para o mesmo, como por exemplo o tipo de proteção em função da análise de mercado.

Com esta análise, foi compreendido que o mercado apresenta três grandes grupos de proteções: as frontais, as laterais e envoltentes. Na Figura 33, são apresentados os três grupos de proteções, recorrendo a uma esquematização [59]–[63].

A principal função da PR é evitar a rotura do radiador. Entende-se por rotura de radiador quando existe um vazamento do fluido de refrigeração do motor, a partir do radiador. Esta rotura normalmente ocorre devido a deformações geométricas provenientes de impactos em situações de queda ou situações de impacto de pedras ou paus, ou outro tipo de objetos projetados durante a circulação.



Figura 33 - Tipos de PR

Este tipo de PR, encontra-se na região frontal do motociclo, como demonstra a Figura 34, e é constituído por duas partes, parte esquerda e a parte direita.



Figura 34 - Localização da PR

De seguida, serão apresentadas com mais detalhe cada tipo de proteção: Frontal, Lateral e Envolvente.

1. PR Frontal

As PR frontais são proteções utilizadas com o objetivo de proteger a região frontal do radiador. Nesta região, os motociclos que saem de fábrica são equipados com grelhas plásticas, com a função de canalizar o ar, como é possível observar na Figura 35 destacada a azul. Esta grelhas OEM são normalmente frágeis e, por isso, oferecem pouca proteção ao radiador.

Neste contexto, surgem as PR frontais que substituem as grelhas de radiador OEM, oferecendo uma maior resistência contra impactos frontais, mantendo a circulação de ar. Habitualmente, este tipo de proteção oferece uma maior área de proteção, cobrindo toda a região frontal do radiador, o que não acontece com as grelhas OEM. Na Figura 35, destacado a roxo, é possível observar um exemplo de uma região não coberta pelas grelhas OEM. A Figura 36 apresenta um exemplo de uma PR Frontal montada num motociclo da marca KTM.



Figura 35 - Grelha de Radiador KTM OEM [64]

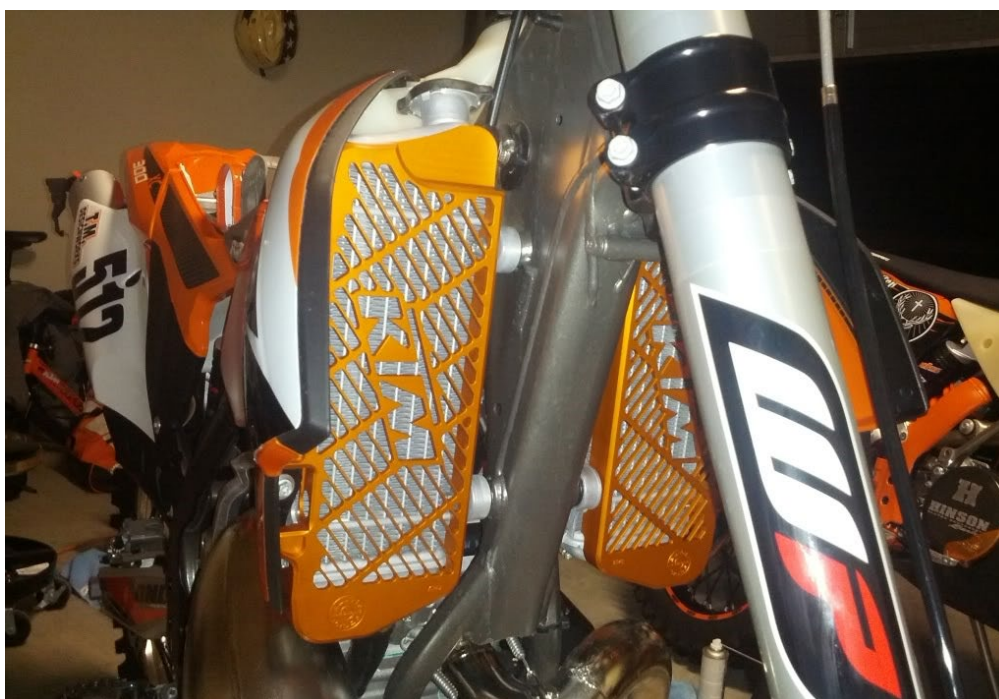


Figura 36 - PR Frontal KTM [60]

2. PR Lateral

As PR laterais são proteções utilizadas com o objetivo de proteger o radiador contra impactos na região lateral do radiador, em situação de queda. Na Figura 37, é possível observar um radiador danificado devido a um impacto lateral.

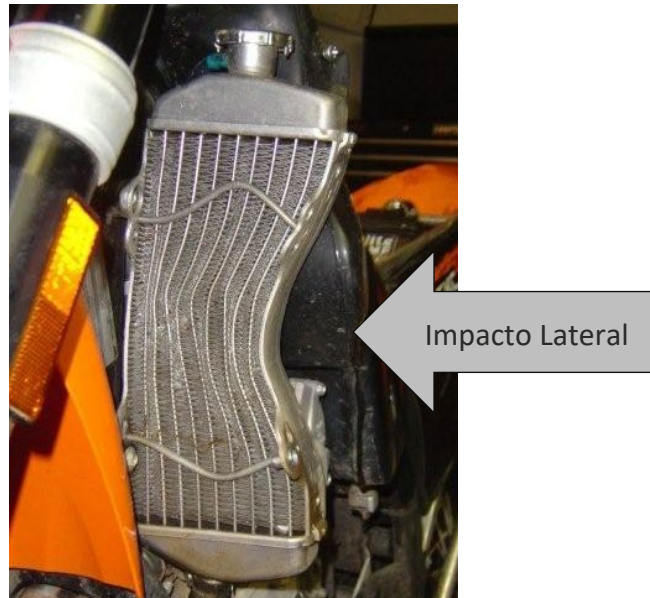


Figura 37 - Radiador deformado por impacto lateral [65]

Assim sendo, o objetivo das PR Laterais é que estas absorvam toda a energia de impacto, transmitindo-a aos seus pontos de fixação. Os pontos de fixação deste tipo de proteção são habitualmente no quadro, uma vez que é um elemento estrutural de elevada resistência, capaz de aguentar a energia transmitida pela PR. Na Figura 38 é possível observar uma PR lateral, e os pontos de fixação da mesma ao quadro do motociclo.



Figura 38 - PR Lateral [66]

3. PR Envolvente

As PR Envolventes apresentam uma solução que combina as PR Frontais e Laterais, com o objetivo de obter um elevado nível de proteção, tendo em conta que os impactos que ocorrem no TT têm origem nas áreas laterais e frontais. A Figura 39 e a Figura 40 apresentam um exemplo de uma PR envolvente da marca B&B Off-Road em duas perspetivas.



Figura 39 - PR Envolvente B&B região frontal [67]

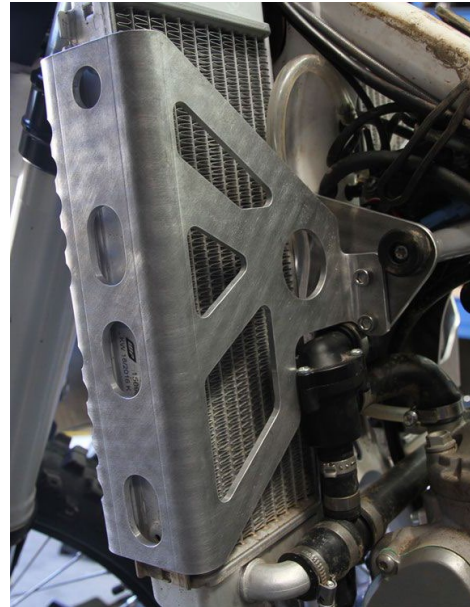


Figura 40 - PR Envolvente B&B região lateral [68]

3.2.2 *Análise SWOT ou vantagens e desvantagens*

A análise SWOT foi utilizada com o objetivo de identificar todos os pontos fortes, pontos fracos, as oportunidades e as ameaças do produto. Para além dos objetivos apresentados anteriormente, esta análise também permitiu a apresentação de uma lista de informações importantes para a organização da definição de um plano de ação, de forma a reduzir riscos e aproveitar oportunidades. A Tabela 15 apresenta o resultado da análise SWOT efetuada.

Tabela 15 - Análise SWOT

Forças	Fraquezas
Alargamento da gama de acessórios; Reforço das proteções para modelos de Enduro; Anos de aplicação alargada em algumas marcas (exemplo: KTM); A importância da proteção na prática de Enduro e Extreme Enduro.	Produtos semelhantes à concorrência; Necessidade de encontrar uma matéria prima plástica de elevada resistência, que permita cumprir os requisitos técnicos exigidos; Definição da tipologia/tipo de proteção pretendida; Complexidade na montagem das PR; Custo de produção da PR.
Oportunidades	Ameaças
Expansão de mercado; Modelos com anos de aplicação alargados (Exemplo: KTM e Husqvarna de 2016-2020); A afirmação da Polisport na vertente de proteções TT, tendo uma gama extremamente completa, eficiente, do ponto de vista a proteção, e acessível; Aposta em modelos de Enduro de gama inicial – Sherco; Beta; GasGas; Crescimento da prática do TT.	Utilização de peças plásticas que habitualmente são metálicas; Confiança do consumidor em proteções plásticas em detrimento das metálicas;

3.3 Caracterização do Problema

3.3.1 Enquadramento/ Necessidade de um novo produto

Na Polisport, a necessidade de um novo produto pode surgir de duas formas: através de uma rede de ideias, ou através do DMC. A Rede de Ideias é uma plataforma *online* desenvolvida pela Polisport, onde qualquer colaborador pode sugerir um novo produto através da identificação de uma necessidade, de acordo com a sua sensibilidade e visão do mercado. No caso do DMC, é identificadas as necessidades de um novo produto analisando o mercado, através do contacto com os clientes, feiras de divulgação nacionais e internacionais, e competências do departamento no sector. A Figura 41 representa, de uma forma esquemática, o que foi descrito anteriormente.

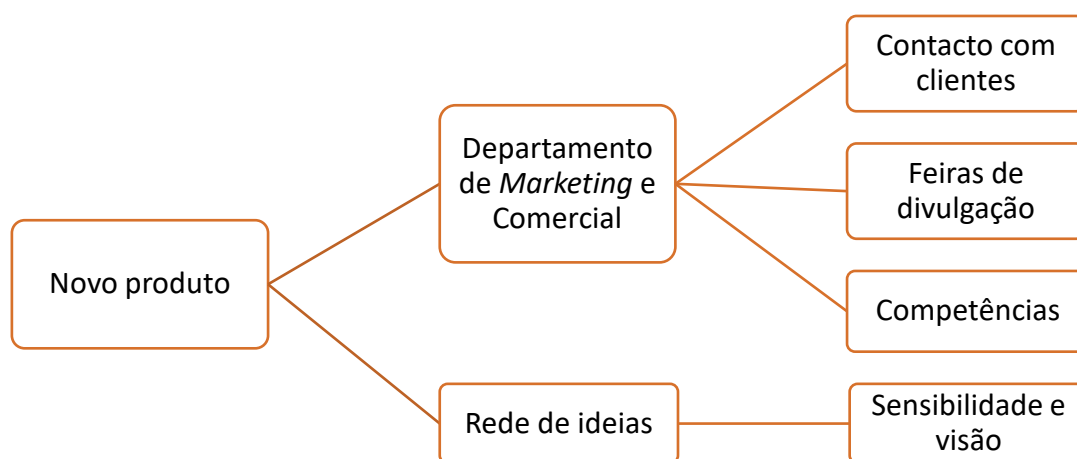


Figura 41 - Formas de inovação de produtos

A PR surge de uma necessidade identificada pelo DMC. Tendo em conta os acidentes e/ou quedas de motociclos de TT, os radiadores revelaram uma fragilidade nestes veículos, nomeadamente na prática de Enduro e Extreme Enduro. Concluiu-se que os radiadores utilizados não estavam devidamente protegidos para este tipo de atividade, sendo de salientar que estes motociclos TT não apresentam qualquer tipo de proteção de fábrica dedicado ao radiador. É de salientar que o custo unitário de cada radiador, para a sua substituição, é dispendioso e a imobilização do motociclo pode representar paragens indesejadas. Assim, a utilização de PR representa um interesse elevado para os utilizadores, no sentido de proteger este componente.

O crescimento da prática do TT levou a um crescimento na procura deste tipo de proteções, e neste sentido, o DMC reconheceu a importância de acrescentar este produto ao seu portfolio de proteções dentro do seu público-alvo.

3.3.2 *Problema*

Na prática do Enduro, é recorrente a perda de controlo do motociclo, desde logo, quer seja de uma forma entusiasta ou devido a más condições do terreno, má visibilidade, entre outros. Os impactos mais comuns são os impactos laterais. De certa forma, é fácil explicar a ocorrência deste tipo de quedas, seguindo a sequência de imagens que tem início na Figura 42 até Figura 45, onde é possível observar que o motociclo é subjugado pelo condutor e cai em queda livre sobre o solo. Na Figura 42 o motociclista inicia a subida da fraga, que representa o seu obstáculo, e quando sente que perdeu o controlo do motociclo, projeta o mesmo para cima, para sua proteção, como representa a Figura 43. No seguimento da projeção, o motociclo, ainda suspenso no ar, inicia uma queda livre, por gravidade, até embater no solo como está representado na Figura 45. Assim sendo, as variáveis que devem ser consideradas neste tipo de queda são: a aceleração gravitacional e a massa do motociclo.



Figura 42 – Abordagem do obstáculo [69]



Figura 43 – Perda do controlo do motociciclo [69]



Figura 44 – Queda livre do motociciclo [69]



Figura 45 – Embate no solo [69]

3.3.3 Características objetivo

Com base na sequência de figuras entre a Figura 42 e Figura 45, é de fácil percepção que uma das características objetivo seja uma boa proteção contra impactos laterais, uma vez que a grande maioria das roturas de radiadores ocorrem devido a impactos laterais. No entanto, ao analisar com detalhe a Figura 46, pode-se concluir que existem duas pequenas secções frontais de radiador que não são abrangidas pelas proteções OEM (*Original Equipment Manufacturer*). Assim sendo, pretende-se que a nova PR a ser

desenvolvida ofereça proteção nestas regiões, contra impactos frontais, como pedras, paus, entre outros.



Figura 46 - Região de apoio do Radiador KTM [70]

3.4 Definição de estratégia

Após a caracterização do produto e do problema, é necessário definir uma estratégia eficiente com o objetivo de tornar as etapas do desenvolvimento de produto mais eficaz, de forma a se reduzir o total de custos e o *time to market* do produto.

Assim sendo, foi definida uma estratégia para o desenvolvimento da nova PR com base na literatura estudada em 2.1.1. Esta estratégia deu origem a um plano tempo em *Microsoft Project*, definido pela empresa, com todas as atividades e a respetiva duração, apresentado na Figura 47.

Uma vez que este trabalho estava a ser desenvolvido no âmbito académico, foi necessário adequar o plano temporal ao de estágio curricular. Assim sendo, obteve-se o plano temporal que se encontra na Figura 50 e a descrição das atividades encontram-se na Tabela 16.

Devido ao surgimento do vírus da COVID-19 o planeamento não foi cumprido, uma vez que a empresa teve que se reajustar à nova realidade, o que se fez sentir em atrasos no projeto.

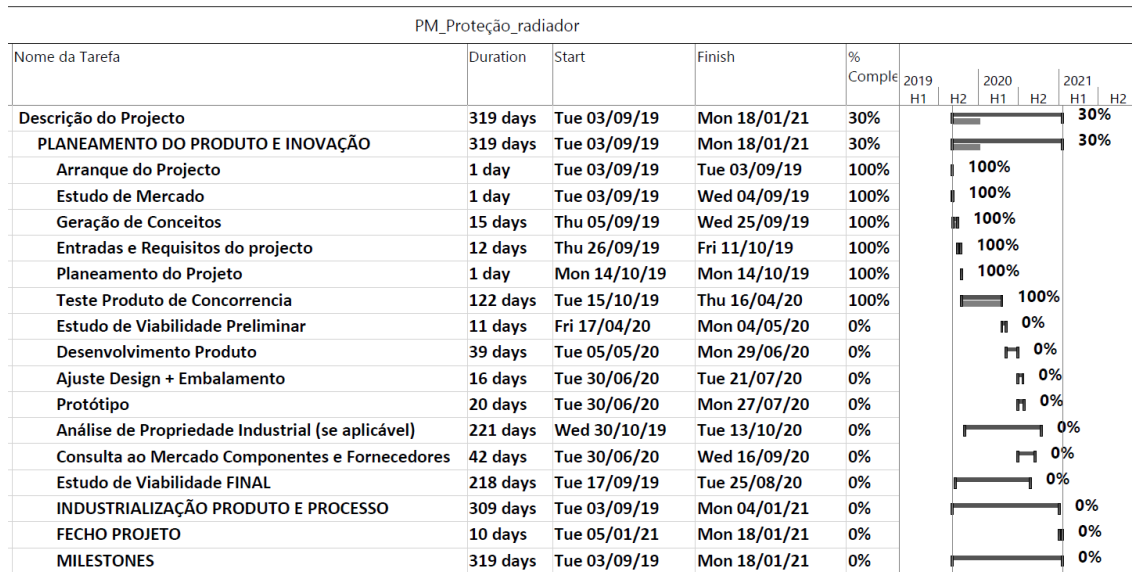


Figura 47 - Calendarização das atividades do projeto.

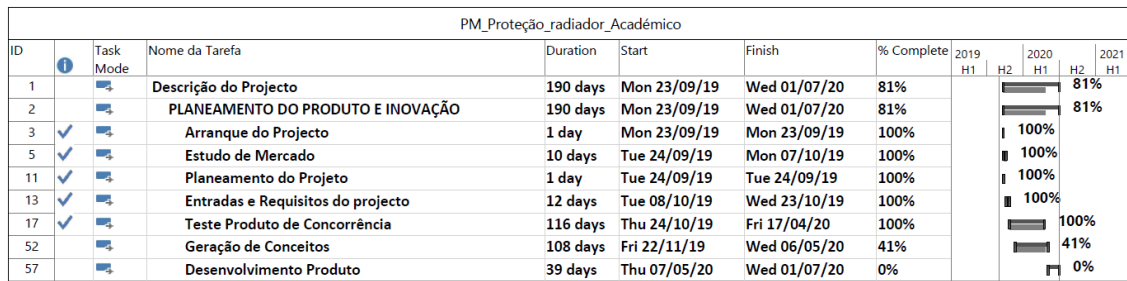


Figura 48 - Calendarização das atividades do projeto.

Tabela 16 – Descrição das atividades do plano temporal

Atividade	Descrição
Arranque do projeto	Realização da caracterização do produto e do problema.
Estudo de mercado	Definição de lista de aplicação; Análise qualitativa do mercado.
Planeamento do projeto	Definição do plano temporal do projeto.
Entradas e requisitos do projeto	Definição de atributos e objetivos do produto.
Teste de produtos da concorrência	Análise quantitativa do mercado com ensaio laboratorial; Desenvolvimento de um equipamento laboratorial assim como o ensaio laboratorial.
Geração de conceitos	Definição das linhas de orientação para o desenvolvimento da PR.

ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE PRODUTOS CONCORRENTES

- 4.1 Lista de aplicação
- 4.2 Análise Qualitativa do Mercado
- 4.3 Análise Quantitativa do Mercado
- 4.4 Análise crítica do trabalho desenvolvido

4 Análise exploratória de Produtos concorrentes

4.1 Lista de aplicação

O produto em estudo é uma PR. Esta proteção já existe no mercado e é muito utilizada na prática de TT, principalmente na vertente de Enduro e Extreme Enduro. Após uma breve análise ao catálogo da Polisport [57], foi possível concluir que existe uma vasta gama de motocicletas, apresentados na Figura 47 e na Figura 48, que utilizam a mesma grelha de radiador. Assim sendo, é possível concluir que os modelos onde são montadas estas grelhas, contêm radiadores com as mesmas dimensões. Por esse motivo, a PR terá como objetivo ser montada em todos os modelos que utilizem a grelha com referência 84668XXXXX, sendo que os últimos cinco dígitos, representados com um “X”, correspondem à cor do componente da mesma.

HUSQVARNA		RADIATOR LOUVERS			MESH		
TC 125	14-15	BK	8455300001	30	BK	8459700001	20
		HQ-BL	8455300003	30			
	16-21	BK	8466800002	24	BK	8468300001	20
		HQ-BL	8466800003	24			
WK		8466800004	24				
TC 250	14-16	BK	8455300001	30	BK	8459700001	20
		HQ-BL	8455300003	30			
	17-21	BK	8466800002	24	BK	8468300001	20
		HQ-BL	8466800003	24			
WK		8466800004	24				
FC 250/ 350/ 450	14-15	BK	8455300001	30	BK	8459700001	20
		HQ-BL	8455300003	30			
	16-21	BK	8466800002	24	BK	8468300001	20
		HQ-BL	8466800003	24			
WK		8466800004	24				
TX 300 FX 350/450	17-21	BK	8466800002	24	BK	8468300001	20
		HQ-BL	8466800003	24			
		WK	8466800004	24			
TE 125/150/ 250/300	14-16	BK	8455300001	30	BK	8459700001	20
		HQ-BL	8455300003	30			
	17-21	BK	8466800002	24	BK	8468300001	20
		HQ-BL	8466800003	24			
WK		8466800004	24				
FE 250/350/ 450/501	14-16	BK	8455300001	30	BK	8459700001	20
		HQ-BL	8455300003	30			
	17-21	BK	8466800002	24	BK	8468300001	20
		HQ-BL	8466800003	24			
WK		8466800004	24				

Figura 49 - Catálogo PoliSport 2021 - Grelha de Radiador Husqvarna

KTM		RADIATOR LOUVERS		MESH			
SX 125/150 /200	07-15	BK	8455300001	30	BK	8459700001	20
		OR-KTM	8455300002	30			
		OR-K16	8466800001	24	BK	8468300001	20
		BK	8466800002	24			
		WH	8466800004	24			
SX 250	07-16	BK	8455300001	30	BK	8459700001	20
		OR-KTM	8455300002	30			
		OR-K16	8466800001	24	BK	8468300001	20
		BK	8466800002	24			
		WH	8466800004	24			
SX-F 250/350 /450/505	07-15	BK	8455300001	30	BK	8459700001	20
		OR-KTM	8455300002	30			
		OR-K16	8466800001	24	BK	8468300001	20
		BK	8466800002	24			
		WH	8466800004	24			
EXC 125/200 /250 /300 /450/500	08-16	BK	8455300001	30	BK	8459700001	20
		OR-KTM	8455300002	30			
		OR-K16	8466800001	24	BK	8468300001	20
		BK	8466800002	24			
		WH	8466800004	24			
EXC-F 250/350 /450/500	08-16	BK	8455300001	30	BK	8459700001	20
		OR-KTM	8455300002	30			
		OR-K16	8466800001	24	BK	8468300001	20
		BK	8466800002	24			
		WH	8466800004	24			
XC 250/300	08-16	BK	8455300001	30	BK	8459700001	20
		OR-KTM	8455300002	30			
		OR-K16	8466800001	24	BK	8468300001	20
		BK	8466800002	24			
		WH	8466800004	24			
XC-F 250/350 /450	08-15	BK	8455300001	30	BK	8459700001	20
		OR-KTM	8455300002	30			
		OR-K16	8466800001	24	BK	8468300001	20
		BK	8466800002	24			
		WH	8466800004	24			
XC-W 125/150 /250/300	08-16	BK	8455300001	30	BK	8459700001	20
		OR-KTM	8455300002	30			
		OR-K16	8466800001	24	BK	8468300001	20
		BK	8466800002	24			
		WH	8466800004	24			
XCF-W 250 /350/450	08-16	BK	8455300001	30	BK	8459700001	20
		OR-KTM	8455300002	30			
		OR-K16	8466800001	24	BK	8468300001	20
		BK	8466800002	24			
		WH	8466800004	24			

Figura 50- Catálogo PoliSport 2021 - Grelha de Radiador KTM

Uma vez que as marcas KTM e Husqvarna se destacaram pelo facto de utilizarem em vários modelos de motociclos as mesmas grelhas de radiador, foi necessário aferir se o mesmo se refletia no número de motociclos utilizados pelos praticantes destas modalidades. Assim sendo, foi realizada uma análise a uma lista de inscritos de uma competição mundial de Extreme-Enduro, denominada de “Extreme Lagares”. Nesta análise, conclui-se que 72,9% dos motociclos inscritos são das marcas Husqvarna e KTM. Esta lista de inscritos encontra-se resumida na Tabela 17.

Tabela 17 - Motociclos inscritos na Competição Extreme Lagares

Contagem de 2T/4T						
Contagem Marca	Numérico			Porcentagem		
	2T	4T	Total Geral	2T	4T	Total Geral
BETA	42	1	43	10,4%	0,2%	10,6%
GASGAS	11	0	11	2,7%	0,0%	2,7%
HONDA	0	3	3	0,0%	0,7%	0,7%
HONDA	1	0	1	0,2%	0,0%	0,2%
HUSABERG	1	5	6	0,2%	1,2%	1,5%
HUSQVARNA	101	5	106	24,9%	1,2%	26,2%
KAWASAKI	0	1	1	0,0%	0,2%	0,2%
KTM	183	6	189	45,2%	1,5%	46,7%
SHERCO	35	2	37	8,6%	0,5%	9,1%
TM	3	0	3	0,7%	0,0%	0,7%
YAMAHA	3	2	5	0,7%	0,5%	1,2%
Total Geral	380	25	405	93,8%	6,2%	100,0%

No caso de não ser possível abranger todos os modelos Husqvarna e KTM apresentados na Figura 49 e na Figura 50, devido a limitações dimensionais e geométricas, os motociclos que devem ter mais importância devem ser os motociclos com motores de combustão interna a dois tempos, uma vez que representam 70,2% dos 72,9% das marcas Husqvarna e KTM.

Dentro dos motociclos com motores de combustão interna dois tempos, os motociclos que se destacaram pelo seu número, segundo a Tabela 18, foram o KTM EXC 300 e o Husqvarna TE 300.

Tabela 18 - Lista de inscritos na Competição Extreme XL Lagares com motociclos Husqvarna e KTM

Marca	Modelo	Cilindrada	Quantidade
HUSQVARNA	FC	300	1
		150	1
	TE	250	18
		300	81
		150	2
KTM	EXC	250	32
		300	149

4.2 Análise Qualitativa do Mercado

No seguimento da identificação da necessidade do produto PR para motociclo TT, serão apresentados neste capítulo os diferentes tipos de PR existentes no mercado, assim como a identificação e uma análise qualitativa das suas principais características.

4.2.1 Requisitos de mercado

Numa fase inicial do projeto, antes da realização de uma análise qualitativa dos produtos existentes no mercado, foi necessário definir quais as características/variáveis a analisar em cada uma delas. Devido à ausência de fichas técnicas deste tipo de proteções, esta análise tornou-se mais complexa, pelo facto de não ser possível recolher características/variáveis de uma forma uniforme e igualmente ponderada de todas as PR. Assim, tendo em conta os conhecimentos adquiridos para outros tipos de acessórios do mesmo sector desenvolvidos na empresa, foram definidas e analisadas no DMC as seguintes variáveis: custo, nível de proteção, massa, características diferenciadas e *design*. Os motivos de seleção das características/variáveis encontram-se na Tabela 19.

Tabela 19 – Requisitos do mercado

Característica / Variável	Motivo da seleção
Custo	O custo foi a primeira variável a ser selecionada e foi considerada a variável de maior importância, uma vez que estas proteções são peças importantes para a prática do TT. No entanto, estes componentes podem ser prescindíveis. Para além do facto de poderem ser prescindíveis, muitas vezes os praticantes de TT não possuem habilitações técnicas para identificar qual é a melhor PR e, por isso, fazem a sua escolha pelo preço da mesma.
Nível de proteção	O nível de proteção de um PR também é uma variável de elevada importância, uma vez que esta variável define o nível de eficácia da PR. Quando um consumidor adquire uma PR, tem como principal objetivo que esta cumpra a sua funcionalidade e que efetivamente proteja o radiador.
Massa	A massa da PR é uma característica igualmente importante, uma vez que influencia a ciclística do motociclo, assim como a sua <i>performance</i> . Por isso, é uma característica a ter em conta na altura de adquirir uma PR, caso seja uma informação fornecida pelo fornecedor.
Características Diferenciadas	As características diferenciadoras podem ser uma variável que faça realçar uma PR das restantes. As características diferenciadoras mais comuns são: pontos de fixação, acabamentos diferenciadores (cores e texturas), material e geometria.
<i>Design</i>	No que se refere ao <i>Design</i> , o seu peso é inferior em comparação direta com as restantes variáveis, uma vez que as PR ficam numa região dos motociclos menos visível, podendo mesmo ficar encoberta pelas carenagens do motociclo, como é possível observar na Figura 51.



Figura 51 - Husqvarna 300TPI 2020 [71]

4.2.2 Apresentação dos produtos da concorrência

No mercado, existem várias marcas especializadas no desenvolvimento de proteções para motociclos de TT, que já possuem este tipo de proteções no seu catálogo de produtos. As marcas analisadas nesta fase inicial são as seguintes: AXP Racing, Enduro Engineering, Works connection, 7602 Racing, Yamaha GTYR, Husqvarna/KTM Power Part, CrossPro, 4MX, Trail Tech, FLO Motosports, B&B Off-Road, Start-Racing e a UNABIKER. No Anexo 1 encontra-se uma apresentação das marcas acima referidas, assim como as PR que as mesmas produzem. Com base neste anexo, foi possível elaborar a Tabela 20, que é uma tabela resumo da apresentação dos produtos da concorrência.

Tabela 20 – Resumo da apresentação dos produtos da concorrência

Marca	País de produção	Tipo de proteção	Material	Na lista de aplicação contém Husqvarna e KTM?	Custo médio (€)
AXP Racing	França	Lateral	Alumínio	Sim	95
Enduro Engineering	Estados Unidos	Lateral, Frontal e Envoltente	Alumínio e Aço	Sim	95
Works connection	Estados Unidos	Lateral	Alumínio	Sim	95
7602 Racing	Estados Unidos	Frontal e Envoltente	Alumínio e Aço	Sim	95
Yamaha GTYR	Japão	Lateral	Alumínio	Não	145
Husqvarna/KTM Power Part	Áustria	Lateral e Frontal	Plástico Injetado, Alumínio e Aço	Sim	112,5

Marca	País de produção	Tipo de proteção	Material	Na lista de aplicação contém Husqvarna e KTM?	Custo médio (€)
CrossPro	Portugal	Lateral, Frontal e Envolvente	Alumínio	Sim	95
4MX	Portugal	Lateral	Alumínio	Sim	70
FLO Motosports	Estados Unidos	Frontal	Alumínio	Sim	290
Trail Tech	Estados Unidos	Frontal	Aço	Sim	180
B&B Off-Road	Austrália	Lateral	Alumínio	Sim	150
Start-Racing	Brasil	Lateral	Alumínio	Sim	65
UNABIKER	Estados Unidos	Envolvente	Alumínio	Sim	120

Nota: Os custos apresentados na tabela não contemplam os custos de transporte e os custos alfandegários, caso sejam PR fora da união europeia.

4.2.3 Matriz de seleção

Com base na análise realizada no subcapítulo 4.2.1, a equipa responsável por este projeto definiu, na reunião de entradas e requisitos, as propriedades/atributos e a importância de cada uma delas para a seleção das PR mais eficazes. Esses requisitos são: custo, nível de proteção, *design*, massa, características diferenciadoras. Os graus de importância estão definidos na Figura 52 e surgem numa escala de zero até oito com o objetivo de melhorar a precisão na definição das características. Estes graus de importância serão aplicados na matriz de seleção. A metodologia utilizada para a matriz de seleção encontra-se apresentada no Anexo 2.

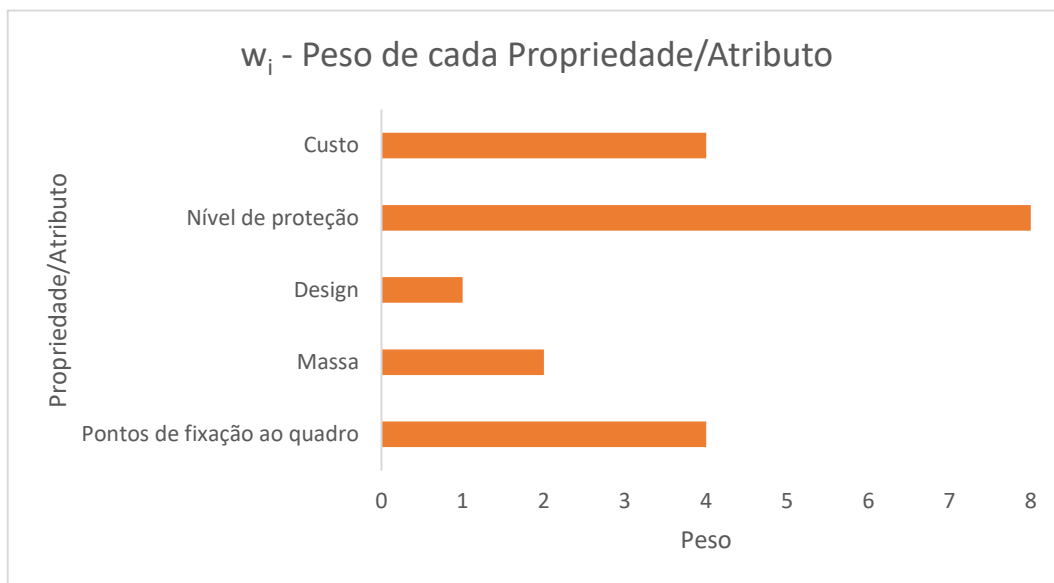


Figura 52 - Definição do peso de cada Propriedade/Atributo

Uma vez que algumas das propriedades definidas na matriz de seleção não eram quantificáveis, a equipa definiu uma quantificação das mesmas. No que se refere ao *Design*, é possível observar a sua quantificação na Tabela 21. No que se refere à massa e ao nível de proteção, é possível observar a sua quantificação na Tabela 22.

Tabela 21 - Quantificação do atributo *Design*

Quantificação do tipo de acabamento			
Propriedade	Conjugação de cores	Polido/ acabamento simples	Em bruto
Design	100	60	40

Tabela 22 - Quantificação das variáveis Massa e Nível de Proteção

Quantificação da proteção que a PR oferece			
Propriedade	Frontal (%)	Lateral (%)	Integral (%)
Nível de Proteção	30	50	100
Massa	50	50	100

Com base na explicação anterior, foi possível calcular a matriz de seleção que se encontra no Anexo 3.

Com base nos valores apresentados no Anexo 3, foram elaborados gráficos dos índices de desempenho de cada propriedade correspondente às PR analisadas. Estes gráficos encontram-se nas Figura 53 a Figura 57.

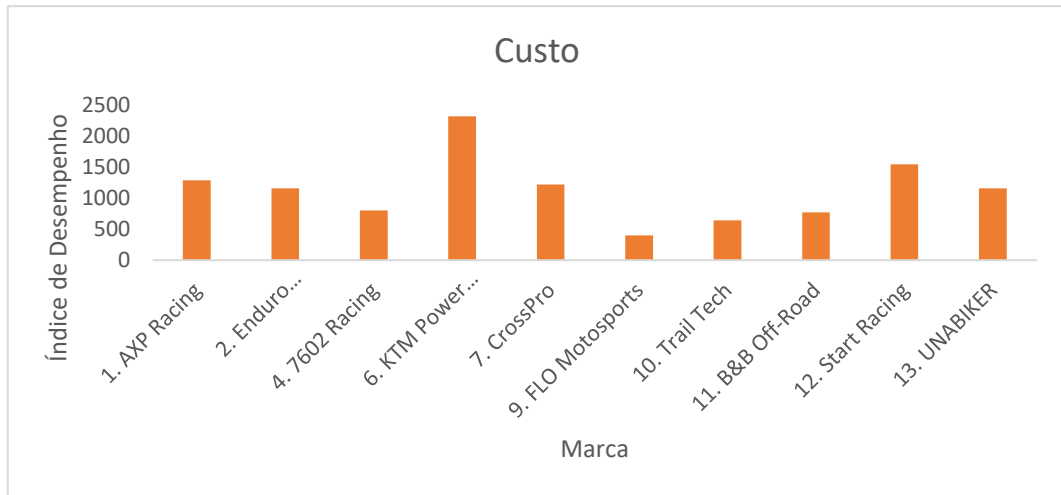


Figura 53 - Índice de desempenho da propriedade Custo

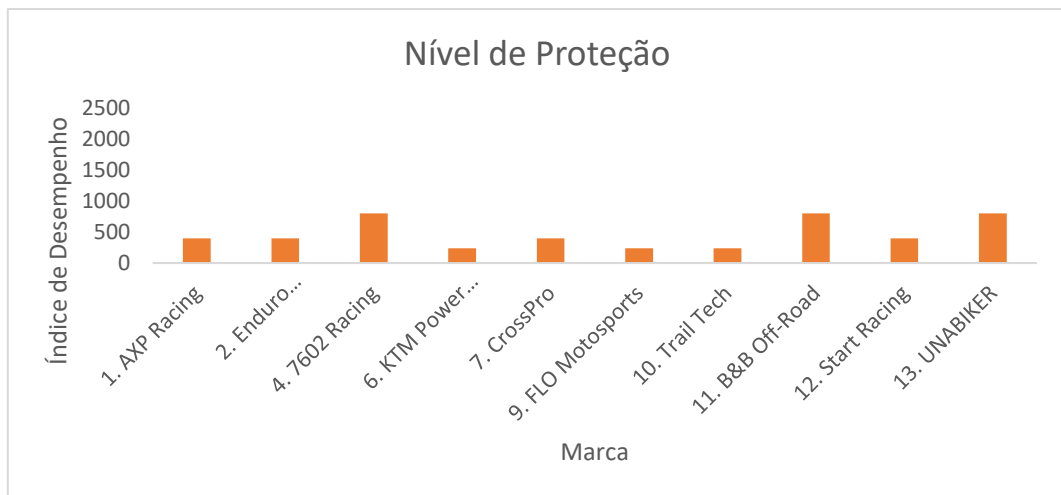


Figura 54 - Índice de desempenho da propriedade Nível de Proteção

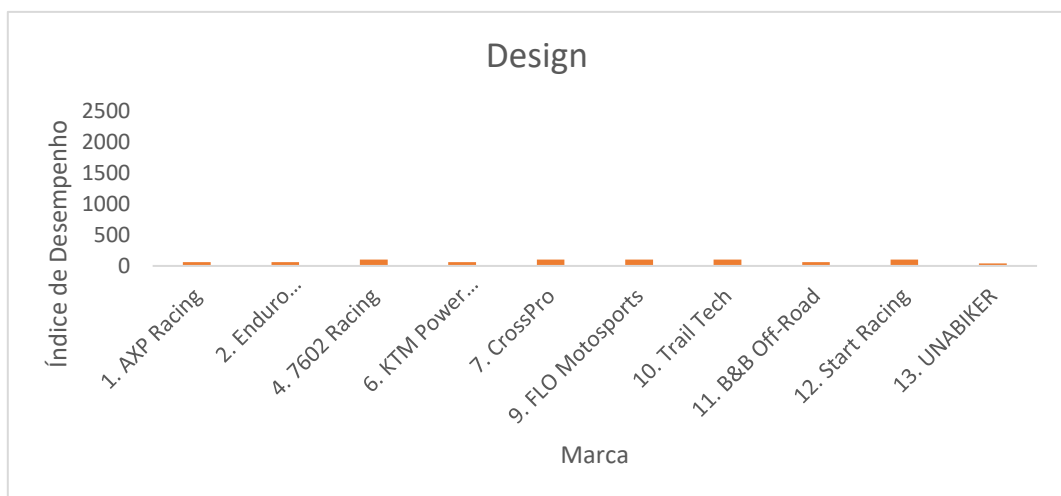


Figura 55 - Índice de Desempenho da Propriedade Design

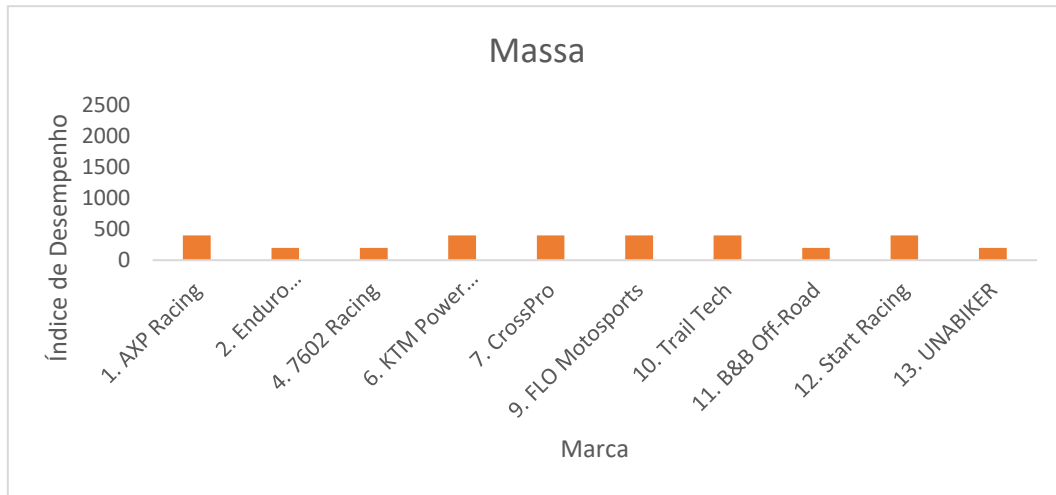


Figura 56 - Índice de desempenho da propriedade Massa

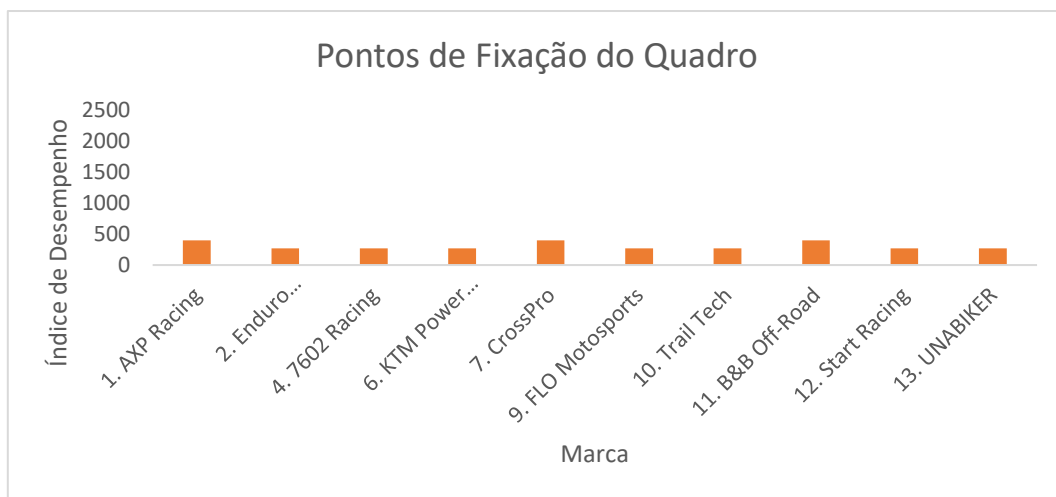


Figura 57 - Índice de desempenho da propriedade Pontos de Fixação ao quadro

Tabela 23 - Tabela resumo da matriz de seleção

Resumo da Matriz de seleção		
Tipo de Proteção	Marca	γ - Índice de desempenho
Integral	M. UNABIKER	2466,7
	K. B&B Off-Road	2233,33
	D. 7602 Racing	2166,67
	B. Enduro Engineering	2086,67
Lateral	L. Start Racing	2713,33
	A. AXP Racing	2548,9
	G. CrossPro	2521,1
Frontal	F. KTM Power Parts e Husqvarna accessories	3286,7
	J. Trail Tech	1651,1
	I. FLO Motosports	1406,7

Com base no Índice de Desempenho apresentado na Tabela 23, foram adquiridas amostras das duas PR melhor classificadas por cada tipo de PR. No entanto, as proteções do tipo frontal foram excluídas da análise devido à caracterização do impacto realizado no sub-capítulo 3.3, onde demonstra que o principal dano causado por queda ocorre na região lateral do radiador. Assim sendo, nas PR do tipo integral foram adquiridas duas amostras da PR UNABIKER e três amostras da PR B&B Off-Road. No caso das PR Laterais, a Matriz de seleção não foi seguida à risca, uma vez que, se optou por adquirir a PR da marca CROSSPRO, pelo facto de esta oferecer maior proteção ao radiador e um *design* inovador, em comparação com a PR AXP Racing. Assim, do tipo de PR lateral foram adquiridas três amostras da PR Start Racing e da PR CROSSPRO.

4.3 Análise Quantitativa do Mercado

Após a análise realizada pelo departamento de *marketing* (MKT), seguiu-se uma reunião de entradas e requisitos. Essa reunião teve como objetivo definir a equipa que iria acompanhar o projeto nas diferentes áreas (engenharia, qualidade, MKT e comercial). Para além de definir a Equipa de Acompanhamento do Projeto (EAP), essa reunião teve como objetivo definir alguns requisitos do produto, por parte das diversas áreas. Os requisitos definidos podem ser vistos na Tabela 24 e Tabela 25.

Tabela 24 - Requisitos de construção da PR

Requisitos de construção da PR
A proteção deve ser do tipo Proteção Lateral, para proteger contra impactos laterais;
Esta proteção deve ser uma proteção estrutural, com o objetivo de absorver os impactos e dissipá-los, mantendo a integridade e funcionalidade do radiador;
Deverá possibilitar fácil montagem, agregando o menor número de peças possível;
Deverá ser realizada em materiais híbridos (metal + plástico ou metal + elastómero), e que com isso permita melhorar a sua resistência mecânica e o seu <i>design</i> , ao permitir peças em várias cores;
A montagem da PR não deve impedir a montagem de qualquer peça da moto;
As grelhas de radiador (OEM) devem ser mantidas, para evitar a alteração do fluxo de ar ao radiador;
Os pontos de fixação utilizados na PR devem ser o mais universais possível, com o objetivo de tentar criar uma PR também o mais normalizada possível;
O metal utilizado na proteção resistente à oxidação, ou ser capaz de ser tratado contra a oxidação por processos acessíveis do ponto de vista económico, uma vez que a proteção, após montada, localiza-se numa região de difícil acesso para manutenção, e só necessita ser desmontada em caso de substituição.

Tabela 25 - Requisitos de industrialização da PR

Designação do Produto	Proteção de Radiador
Descrição sumária do produto	Peça estrutural com função de PR. Esta deve evitar danos estruturais quando existirem quedas/impactos.
Data de entrada em produção	out/20
Previsão de vendas anuais	300 + 300 + 600 (cor + cor + preto)
Período de amortização (anos)	4
Preço de custo (objetivo)	6 € (a validar mediante o conceito selecionado)
Preço de venda (objetivo)	20 € (a validar mediante o conceito selecionado)
Amostras	jul/20
Cliente alvo	Polisport

Com a definição dos requisitos que a PR deve cumprir e na seleção efetuada no capítulo 4.2, avançou-se para a aquisição de amostras à concorrência. A apresentação das amostras selecionadas encontra-se no Anexo 4 e o estudo das mesmas vai ser apresentado nos capítulos que se seguem.

4.3.1 Teste de montagem

Para a execução dos Testes de Montagem (TM), foram selecionados alguns motociclos da lista de aplicação da PR, dentro do conjunto de motociclos que a Polisport tinha disponível para realizar teste, e foram testadas as amostras. Para a análise destes testes de montagem, foram tidas em conta as seguintes variáveis: componentes a desmontar, principais dificuldades sentidas, pontos de interferência e características relevantes. Estas variáveis foram selecionadas com base nos motivos apresentados na Tabela 26. O principal objetivo na seleção destas variáveis foi a retirada de conclusões importantes para o desenvolvimento da nova PR, diminuindo assim o número de interações no desenvolvimento de novos produtos deste género.

Tabela 26 - Justificação da seleção das variáveis para a análise dos testes de montagem

Variável	Motivo
Componentes a desmontar	A variável Componentes a Desmontar foi uma das selecionadas, uma vez que se pretende que a PR seja o mais fácil possível de montar, e que obrigue a desmontar o menor número possível de componentes.
Principais dificuldades sentidas	Esta variável é uma das mais importante na análise destes testes, uma vez que permite identificar as principais dificuldades que o utilizador/mecânico irá sentir na montagem da PR. Assim sendo, é possível ter alguns aspetos em conta na altura do desenvolvimento da nova PR, tornando a sua montagem mais intuitiva e fácil.
Pontos de interferência	Os pontos de interferência foram uma das variáveis selecionadas, uma vez que se pretende que a nova PR seja montável no maior número de motociclos possível, dentro dos apresentados na lista de aplicação, e, por isso, as amostras adquiridas tiveram de ser testadas em outros modelos, para além dos apresentados na sua lista de aplicações, com o intuito de entender as regiões de interferência e qual a forma mais correta de as contornar.

As características relevantes foram mais uma variável a ter em conta, porque permitem identificar algumas melhorias efetuadas nas PR, em comparação com as restantes amostras. Combinando estas características numa nova PR, permitirá obter um produto melhor.

A. CROSSPRO

A amostra CROSSPRO foi testada nos seguintes modelos: Husqvarna TE 250 2T 2019 com escape FMF e Husqvarna FE 450 2017. As análises elaboradas aos resultados dos testes encontram-se na Tabela 27.

Tabela 27 - Análise do TM CROSSPRO

Variável	Motociclo	Análise
Peças a desmontar	Husqvarna TE 250 2T 2019 Husqvarna FE 450 2017	<ul style="list-style-type: none"> • Tampa lateral de radiador esquerda, • Tampa lateral de radiador direita, • Tampa de filtro, • Banco do condutor, • Grelha de radiador esquerda, • Grelha de radiador direita, • Depósito de combustível.
Principais dificuldades	Husqvarna TE 250 2T 2019 Husqvarna FE 450 2017	A principal dificuldade sentida foi na colocação dos suportes interiores e no aparafusamento dos espaçadores, devido à falta de espaço para colocação da chave entre o quadro e o radiador.
Interferências	Husqvarna TE 250 2T 2019	Interferência entre o escape e a PR, no entanto, com uma ligeira alteração geométrica da peça, a mesma monta sem qualquer interferência, como é possível observar na Figura 58.
Características relevantes		Nenhuma característica relevante.

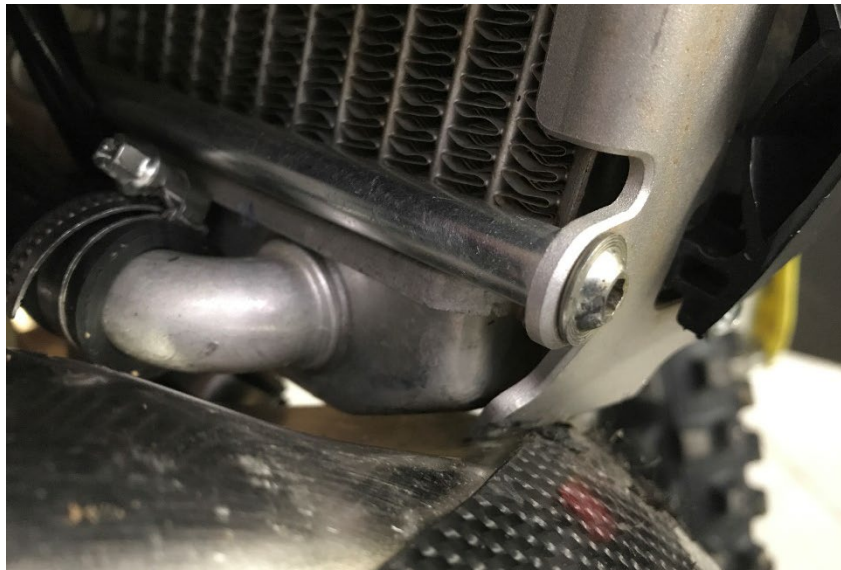


Figura 58 – Interferência entre a PR CROSSPRO e o escape FMF



Figura 59 – TM da amostra CROSSPRO lado Esquerdo vista 1,2 e 3

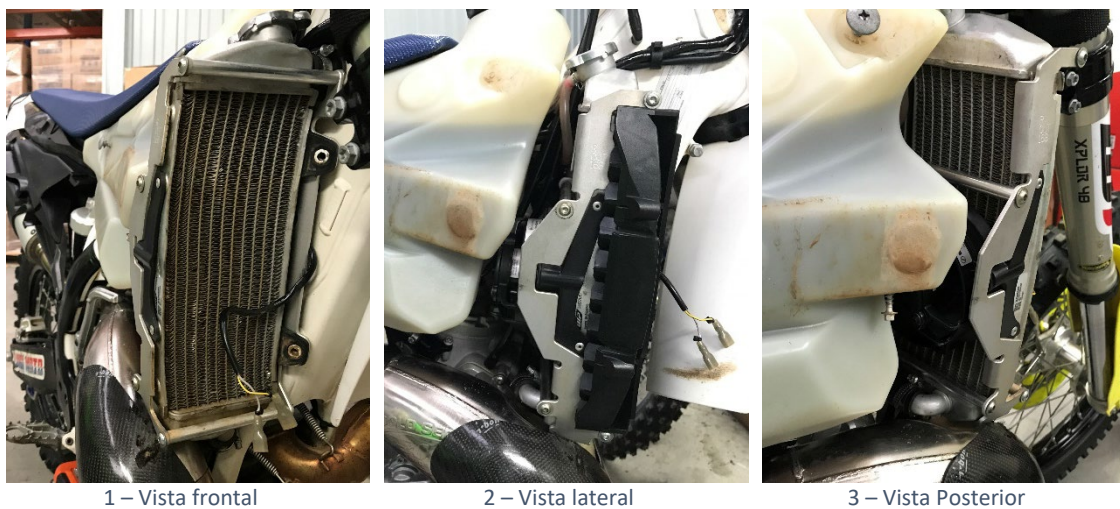


Figura 60– TM da amostra CROSSPRO lado Direito vista 1,2 e 3

B. UNABIKER

A amostra UNABIKER foi testada nos seguintes modelos: Husqvarna TE 250 2T 2019 com escape FMF e KTM EXC 450 2020. As análises destes testes encontram-se na Tabela 28.

Tabela 28 - Análise do TM UNABIKER

Variável	Motociclo	Análise
Peças desmontar	Husqvarna TE 250 2T 2019, KTM EXC 450 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Tampa lateral de radiador esquerda, • Tampa lateral de radiador direita, • Tampa de filtro, • Banco do condutor, • Grelha de radiador esquerda, • Grelha de radiador direita, • Depósito de combustível, • Radiador direito, • Termo-ventilador.
Principais dificuldades	Husqvarna TE 250 2T 2019, KTM EXC 450 2020	A desmontagem do termoventilador é uma tarefa que exige alguma habilitação técnica, uma vez que é necessário executar as seguintes etapas: verter o fluido de refrigeração do motor, retirar o suporte do termoventilador, reinstalar o termoventilador para a PR da UNABIKER, remontar o radiador, e introduzir novo fluido de arrefecimento e purgar todo o sistema de refrigeração. Das etapas referidas anteriormente, a mais crítica é a desmontagem do suporte OEM, uma vez que este pode estar rebitado ao radiador, sendo necessário remover os rebites com a utilização de uma ferramenta perfurante. Esta ferramenta perfurante tem de ser utilizada com muita destreza, para que o radiador não seja danificado. Uma outra tarefa crítica a executar na montagem desta PR, é a purga do sistema de arrefecimento, uma vez que se não for devidamente efetuada, pode levar ao sobreaquecimento do motor e, por sua vez, ao aparecimento de danos.
Interferências	Husqvarna TE 250 2T 2019	Esta proteção não contém interferências com as peças plásticas do motociclo, nem com os constituintes mecânicos, como é possível verificar nas Figura 61 e Figura 62, com a exceção do escape. Uma vez que a PR esquerda não foi montada devido à necessidade de desmontagem do termoventilador, que é uma tarefa de elevado nível de dificuldade, não é possível afirmar que não haja contacto entre a PR e o escape, principalmente com a utilização de escapes de alto rendimento, como é o caso do escape FMF que estava montado neste motociclo.
	KTM EXC 450 2020	Esta proteção contém interferências com as peças plásticas do motociclo, como representado na Figura 63, e com componentes mecânicos do circuito de refrigeração, como representado na Figura 64. Este componente mecânico é de um material não metálico frágil, o que, com o contacto com a PR, o tempo, e devido à vibração do motor, iria causar a sua rotura. No caso da interferência entre a tampa de radiador e PR, esta não permite que os furos dos pontos

de fixação fiquem concêntricos, o que não permite realizar a sua ligação. Com pequenas alterações geométricas nas peças, e retirando o espaçador curto que liga a PR esquerda com a PR direita, seria possível estender a lista de aplicação incluindo este modelo, uma vez que não existe mais nenhum outro ponto de interferência, como é possível observar na Figura 63 e Figura 64.

Características relevantes

Husqvarna
TE 250 2T
2019,
KTM EXC
450 2020

A principal característica relevante desta PR foi a utilização de parafusos de sextavado exterior na região interna da PR, uma vez que a distância entre o quadro e a PR é muito reduzida e não permite a entrada de chaves para realizar o aperto na região frontal do parafuso. Assim sendo, a utilização de um parafuso com cabeça sextavada exterior seria a melhor opção, porque permitia o aperto dos parafusos após a montagem.



1 – Vista frontal

2 – Vista lateral

3 – Vista Posterior

Figura 61 – TM UNABIKER sem plásticos Husqvarna vista 1, 2 e 3



Figura 62 - TM UNABIKER Husqvarna TE 250 2T 2019



Figura 63 – Inferência entre a PR UNABIKER e peças plásticas KTM EXC 450 2020



Figura 64 – Inferência entre a PR UNABIKER e peças do circuito de refrigeração KTM EXC 450 2020



1 – Vista frontal



2 – Vista lateral



3 – Vista Posterior

Figura 65 - TM UNABIKER sem plásticos KTM EXC 450 2020 vista 1,2,3



Figura 66 - TM UNABIKER KTM EXC 450 2020

C. Start Racing

A amostra Start Racing foi testada nos seguintes modelos: Husqvarna TE 250 2T 2019 com escape FMF e KTM EXC 450 2020. Dos modelos apresentados, não foi possível realizar a montagem completa em nenhum dos motocicletos, uma vez que seria necessário desmontar o sistema de refrigeração do motociclo. A análise elaborada aos TM encontra-se na Tabela 29.

Tabela 29- Análise do TM Start Tacing

Variável	Motociclo	Análise
Peças desmontar	a Husqvarna TE 250 2T 2019, KTM EXC 450 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Tampa lateral de radiador esquerda, • Tampa lateral de radiador direita, • Tampa de filtro, • Banco do condutor, • Grelha de radiador esquerda, • Grelha de radiador direita, • Depósito de combustível, • Radiador direito, • Termo-ventilador.
Principais dificuldades	Husqvarna TE 250 2T 2019, KTM EXC 450 2020	A desmontagem do termoventilador é uma tarefa que exige alguma habilitação técnica, uma vez que é necessário executar as seguintes etapas: verter o fluido de refrigeração do motor, retirar o suporte do termoventilador, reinstalar o termoventilador para a PR da UNABIKER, remontar o radiador, introduzir novo fluido de arrefecimento e purgar todo o sistema de refrigeração. Das etapas referidas anteriormente, a mais crítica é a desmontagem do suporte OEM, uma vez que este pode estar rebitado ao radiador, sendo necessário remover os rebites com a utilização de uma ferramenta perfurante. Esta ferramenta perfurante tem de ser utilizada com muita destreza para que o radiador não seja danificado. Uma outra tarefa crítica a executar na montagem desta PR é a purga do sistema de arrefecimento, uma vez que, caso não seja efetuada devidamente, pode levar ao sobreaquecimento do motor e, por sua vez, a avaria.
Interferências	Husqvarna TE 250 2T 2019	Interferência com o sistema de ignição impossibilita a montagem do Espaçador Superior, como é possível observar na Figura 67.
	KTM EXC 450 2020	Interferência com o quadro e com o sistema de refrigeração do motor, como é possível observar nas Figura 68 e Figura 69.
Características relevantes		Nenhuma característica relevante.



Figura 67 – Interferência do espaçador superior com o sistema de ignição



Figura 68 - Interferência do espaçador superior com o quadro do motociclo

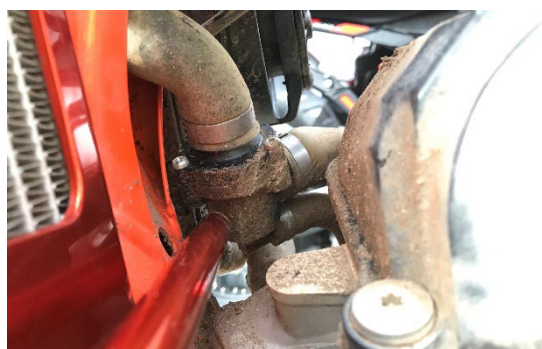


Figura 69 - Interferência do espaçador inferior com o sistema de refrigeração do motociclo

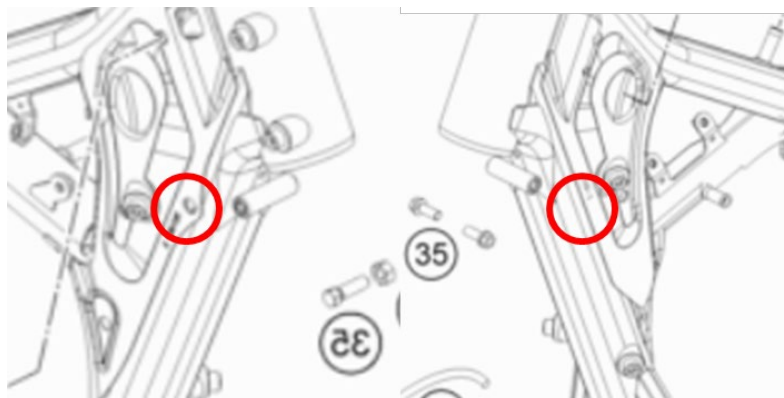
D. B&B Off-Road

A amostra B&B Off-Road foi testada nos seguintes modelos: Husqvarna TE 250 2T 2019 com escape FMF, Husqvarna FE 450 2017, Husqvarna TC 125, Husqvarna TE 300I 2018, Husqvarna TE 300I 2020 e KTM EXC 450 2020. Dos modelos apresentados, apenas foi possível realizar a montagem completa no motociclo Husqvarna FE 450 2017, que era um dos motociclos apresentados na lista de aplicação desta PR. Os restantes modelos continham pontos de interferência com a PR. As análises elaboradas aos TM encontram-se na Tabela 30.

Tabela 30 - Análise do TM B&B Off-Road

Variável	Motociclo	Análise
Peças a desmontar	Husqvarna TC 125, Husqvarna TE 300I 2018, Husqvarna TE 250 2T 2019, Husqvarna TE 300I 2020 Husqvarna FE 450 2017, KTM EXC 450 2020.	<ul style="list-style-type: none"> • Tampa lateral de radiador esquerda, • Tampa lateral de radiador direita, • Tampa de filtro, • Banco do condutor, • Grelha de radiador esquerda • Grelha de radiador direita, • Deposito de combustível.
Principais dificuldades	Husqvarna FE 450 2017	<ul style="list-style-type: none"> • A colocação do suporte interior direito e esquerdo; • O alinhamento das peças, uma vez que durante a montagem da PR verificou-se que

		alguns furos de aperto entre peças não estavam concêntricos.
Interferências	Husqvarna TC 125,	Inexistência de furo no quadro necessário como ponto de fixação. Na Figura 70 encontra-se assinalado a vermelho o local geométrico da inexistência desse furo.
	Husqvarna TE 300I 2018,	Interferência entre Aro D e o escape, o que impossibilita a sua montagem, como é possível verificar na Figura 71.
	Husqvarna TE 250 2T 2019,	Interferência do suporte externo D e do suporte interior D com o circuito de refrigeração, como é possível observar nas Figura 72 e Figura 73, assinalado a laranja.
	Husqvarna TE 300I 2020,	
Interferências	KTM EXC 450 2020	<p>Suporte Interior D fica em contacto com a cablagem do motociclo, como se pode observar na Figura 74, o que pode levar a rotura de algum fio condutor.</p> <p>Suporte Exterior Direito colide com sistema de refrigeração, como é possível observar na Figura 75;</p> <p>Interferências entre o Aro D e o Aro E com as peças plásticas do motociclo, como é possível observar na Figura 76, assinalado a laranja.</p>
	Husqvarna TE 300I 2020,	Variação dos pontos de fixação do Suporte Interior D e do Suporte Interior E, como é possível observar nas Figura 77 e Figura 78.
	KTM EXC 450 2020	
Características relevantes	<p>Husqvarna TC 125</p> <p>Husqvarna TE 300I 2018</p> <p>Husqvarna TE 250 2T 2019</p> <p>Husqvarna TE 300I 2020</p> <p>Husqvarna FE 450 2017</p> <p>KTM EXC 450 2020</p>	A principal característica a realçar desta PR foi a utilização de rebites roscados em regiões de difícil acesso. Com este tipo de componentes, foi possível simplificar significativamente o processo de montagem destas amostras.



Husqvarna TE 300

Husqvarna TC 125

Figura 70 – Comparação geométrica entre o quadro do motociclo Husqvarna TE 300 e Husqvarna TC 125



Figura 71 - Interferência entre Escape FMF e a Grelha radiador B&B Off-Road



Figura 72 – Interferência entre o suporte interior e o sistema de refrigeração



Figura 73 – Interferência entre o suporte exterior e o sistema de refrigeração



Figura 74 – Interferência entre suporte interior D e a cablagem do motociclo KTM EXC 450 2020



Figura 75– Interferência entre suporte exterior D e sistema de refrigeração do motociclo KTM EXC 450 2020



Figura 76 - Interferência entre tampa lateral de radiador e a Grelha radiador B&B OffRoad



1 – Desalinhamento do ponto de fixação frontal



2 – Vista Geral



3 – Desalinhamento do ponto de fixação posterior

Figura 77 – Desalinhamento de pontos de fixação do suporte interior esquerdo vista 1, 2 e 3



1 – Desalinhamento do ponto de fixação posterior



2 – Vista Geral



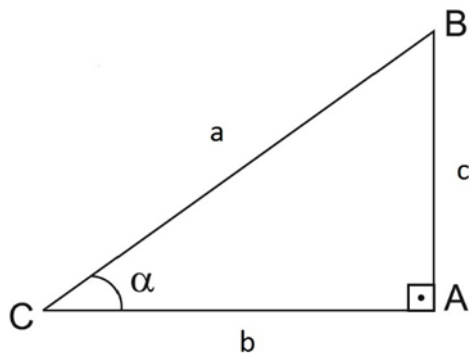
3 – Desalinhamento do ponto de fixação frontal

Figura 78 – Desalinhamento de pontos de fixação do suporte interior direito vista 1, 2 e 3

4.3.2 Condições de resistência mecânica

No que se refere à direção da carga, esta foi estimada pela equipa de trabalho com base em testemunhos de atletas patrocinados, tendo estes referido que o tipo de acidente mais comum é a queda lateral com uma baixa velocidade para a frente.

A direção definida foi ascendente e faz um ângulo de +11 graus com o plano vertical, plano esse que contém a linha média dos radiadores e é perpendicular ao solo.



A – Ponto de intercessão entre plano vertical que contém a linha média dos radiadores e o plano vertical médio do motociclo

B – Ponto de contacto do radiador com o solo

C – Ponto de contacto do pneu traseiro com o solo

$$\sin^{-1}(\alpha) = c/a$$

$$a = 1307 \text{ mm}$$

$$c = 250 \text{ mm}$$

$$\alpha = 11^{\circ}$$

As distâncias apresentadas de **a** e **c** foram medidas em laboratório num motociclo KTM EXC 450 2020 com recurso a uma fita métrica. Apesar de não aparecer na Figura 79 a espessura do pneu traseiro, uma vez que a imagem aparente não é de um motociclo de TT, esta dimensão foi tida em conta durante as medições.

Nas Figura 79 e Figura 80, está representada de uma forma mais clara a direção de impacto. É de salientar que esta direção, numa situação real, pode ter uma grande variação devido à irregularidade do terreno.

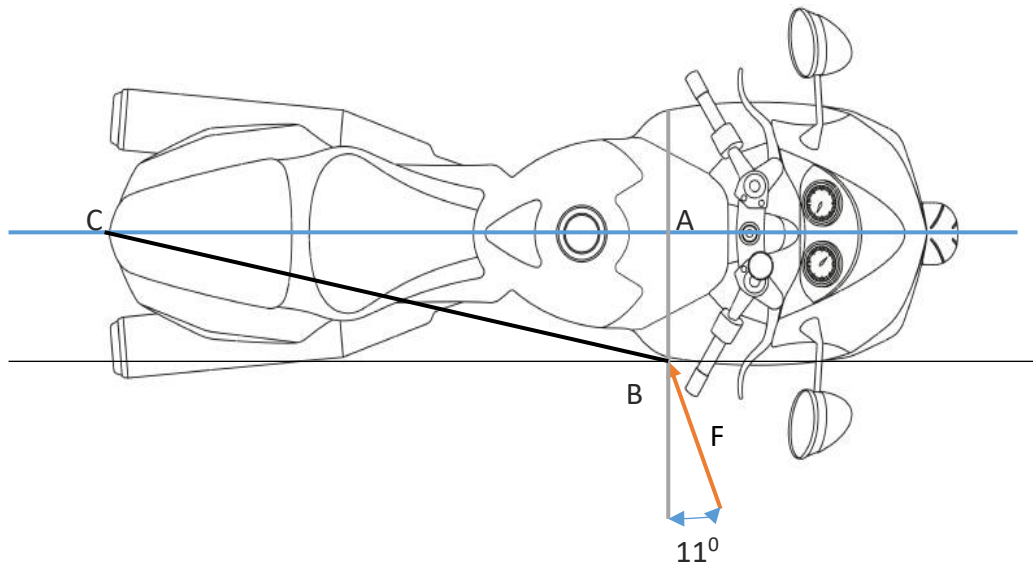


Figura 79 - Identificação da região de impacto com o solo [72]

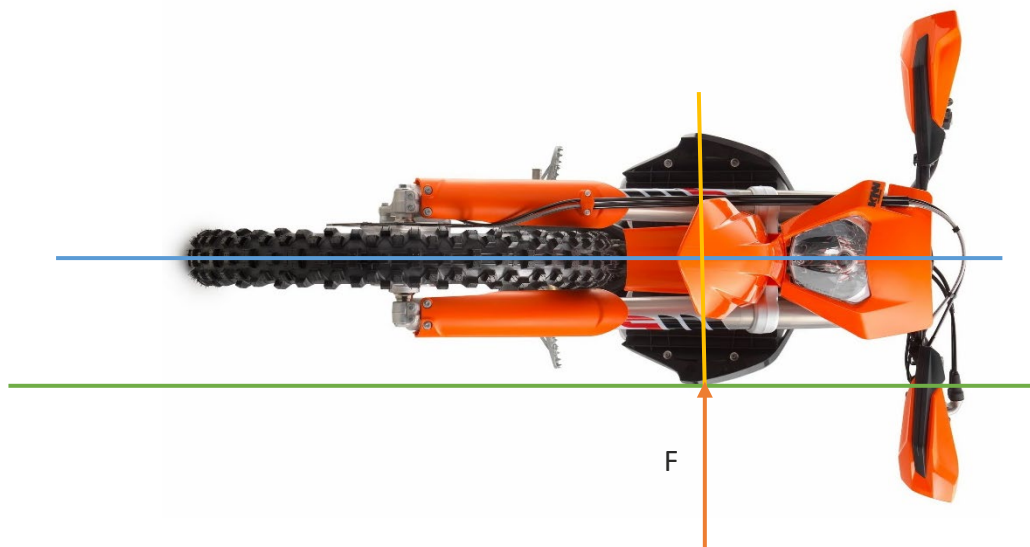


Figura 80 - Identificação da região de impacto com o solo de um motociclo TT

Uma vez definida a direção de impacto, é necessário quantificar a sua intensidade.

Para quantificar a intensidade, teve-se como base o catálogo de produtos e os modelos apresentados no subcapítulo 4.1, assinalados a preto na Figura 49 e na Figura 50. Com a lista de motociclos definida, foi possível encontrar a massa dos diferentes modelos e elaborar os gráficos representados na Figura 81 e Figura 82. Caso fosse necessário elaborar algum teste tendo em conta a massa do condutor, existe uma massa regulamentada para o efeito, a qual deve ser considerado como sendo de 75 kg, tendo em conta o Decreto-Lei n.º 1332010 [73].

A Figura 81 e a Figura 82 permitem a observação da evolução das massas de cada motociclo entre os anos de 2017 e 2020. A gama de massas apresentada no gráfico,

corresponde à massa do motociclo com o depósito de combustível cheio. O cálculo da massa do combustível foi efetuado tendo em conta a ficha técnica do combustível utilizado, ver Anexo 5. Neste tipo de motociclos, foi considerada uma massa volúmica de 0,775 kg/l [74]. Analisando o gráfico da Figura 81 e da Figura 82, é possível concluir que o motociclo com massa superior, entre os anos de 2017 e 2020, é o motociclo Husqvarna, correspondente ao modelo FE501, com uma massa de aproximadamente 118 kg. Este será o motociclo utilizado para o dimensionamento da PR, uma vez que, se esta PR resistir à carga aplicada por este motociclo, também resistirá à carga exercida pelos restantes, que apresentam menor massa.

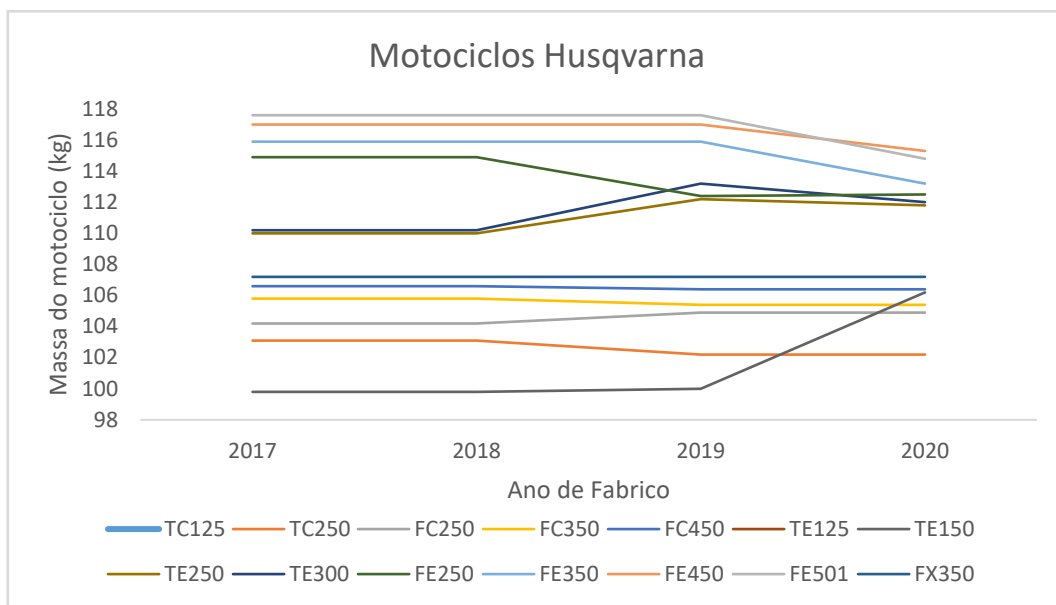


Figura 81 - Massa dos diferentes modelos de motociclos Husqvarda TT de 2017 a 2020 [75]–[136]

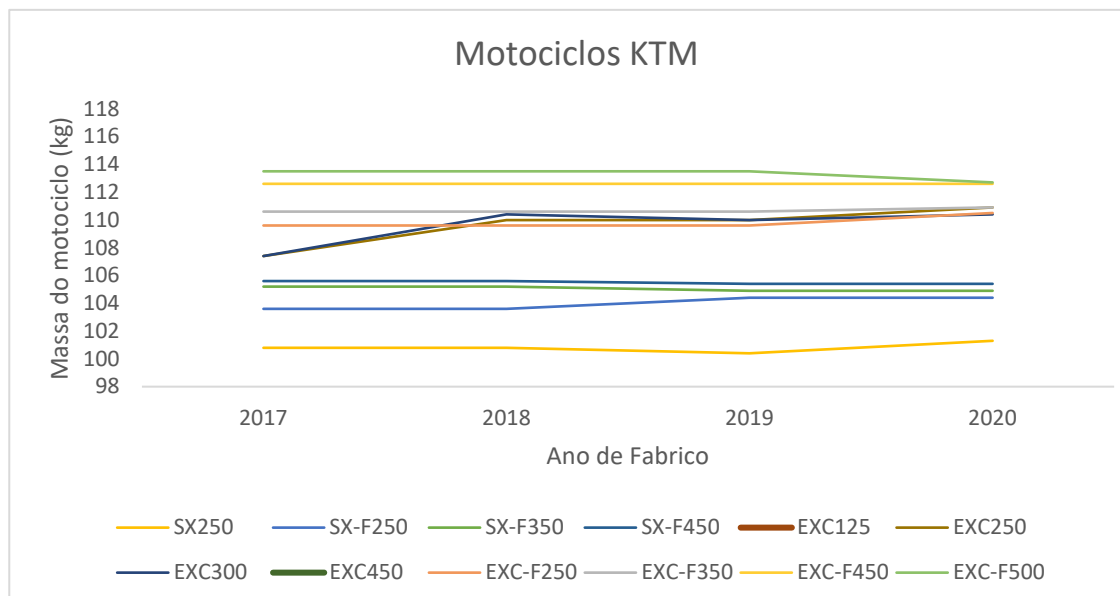


Figura 82 - Massa dos diferentes modelos motociclos KTM TT de 2017 a 2020 [137]–[194]

4.3.3 Modelação e Ensaio

Após a apresentação das amostras seleccionadas e das limitações, interferências e dificuldades de montagem das mesmas, deu-se início a uma análise mais aprofundada na componente técnica. Essa análise teve como base a modelação e ensaios de laboratório.

4.3.3.1 Modelação

Este subcapítulo teve como principal objetivo a avaliação geométrica das PR e qual a sua volumetria no espaço.

Uma vez que o objetivo da modelação foi transformar a PR e todos os seus constituintes em peças CAD, e montá-las com o recurso ao Solidworks®, a técnica utilizada foi de engenharia inversa, a qual se baseou nas seguintes etapas:

- Planificação do contorno da peça em estudo com recurso a ferramentas de desenho técnico (esquadro trigonométrico, compasso e régua), como pode ser visto na Figura 83;
- Medição das dimensões dos contornos, utilizando ferramentas de medição (régua, suta e paquímetro);
- Conversão da planificação para um modelo aproximado da peça em 3D;
- Refinação grosseira entre a peça em 3D e as dimensões reais da peça;
- Digitalização da peça em modelação através de um braço Faro®. Na Figura 84 está um exemplo de uma peça digitalizada pelo braço Faro®;
- Sobreposição da nuvem de pontos, obtida através da etapa anterior, com o modelo 3D, como pode ser visto na Figura 85;
- Elaboração de um relatório com os desvios do modelo 3D e a nuvem de pontos. Na Figura 86 é possível observar um exemplo dos desvios CAD/peça real;
- Início de um processo iterativo das três últimas etapas, com o intuito de refinar a geometria das peças modeladas, até se atingirem desvios inferiores a um milímetro.

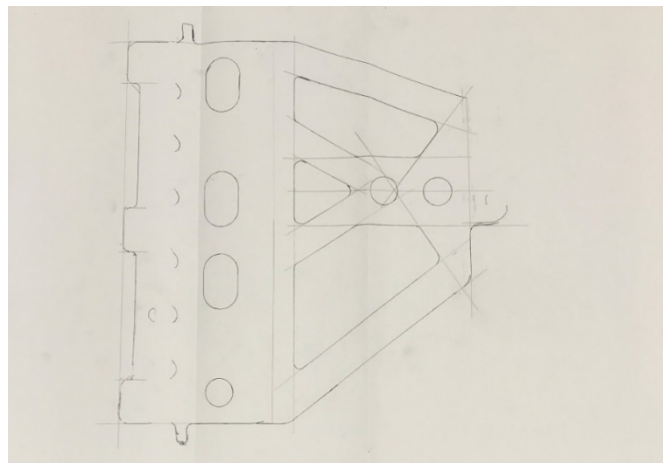


Figura 83 - Planificação de peças 3D e 2D

Após modelar todas as peças, foi necessário realizar a montagem de conjunto das peças modeladas, com recurso ao Solidworks®, e assim criar uma montagem das PR, como é possível observar na Figura 87. Esta montagem de conjunto permitiu, de forma objetiva, detetar defeitos geométricos nos conjuntos, defeitos estes que causavam interferências e desalinhamentos, não permitindo a montagem do conjunto sem que este estivesse em tensão permanente, como se pode ver na Figura 88.



Figura 87 – PR *StartRacing* modelada e montada

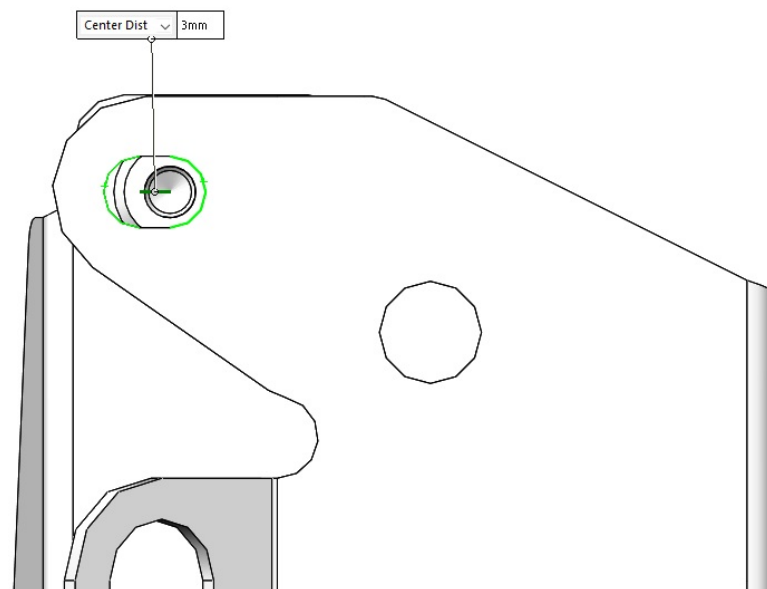


Figura 88 – Desalinhamento entre centros de 3mm

No final, foram modeladas 24 peças e montadas quatro proteções de radiador, como é possível observar entre a Figura 89 e a Figura 92.

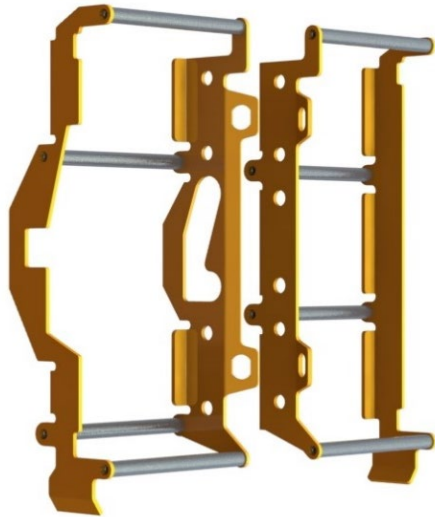


Figura 89 - Modelação PR CROSSPRO

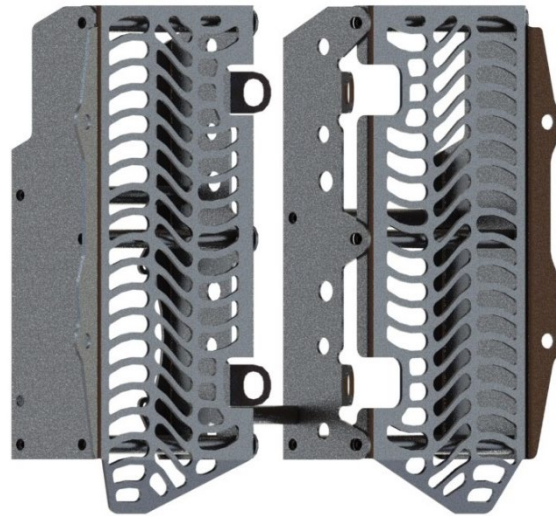


Figura 90 - Modelação PR Unabiker

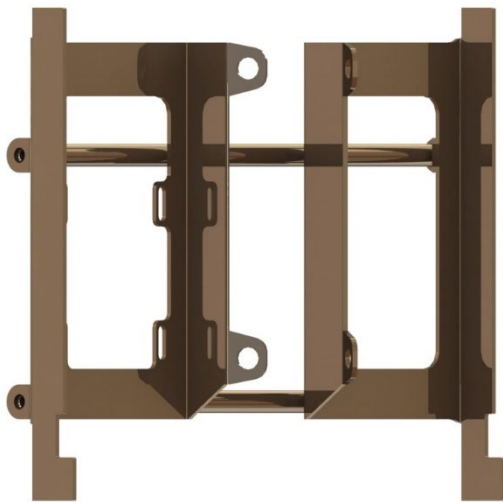


Figura 91 - Modelação PR Start Racing

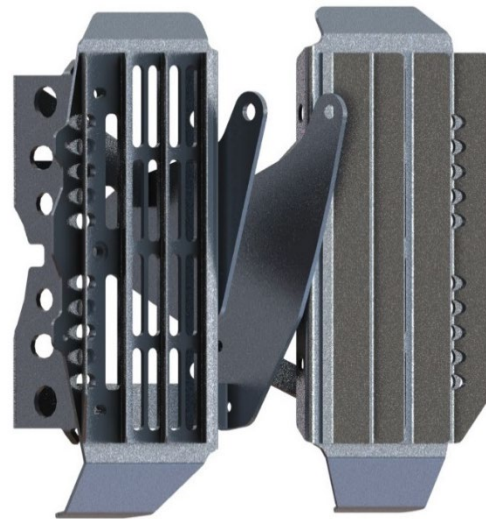


Figura 92 - Modelação B&B Offroad

4.3.3.2 *Ensaio de Impacto*

Após a montagem das amostras, foi necessário entender quais seriam os pontos de rotura de cada PR e de que forma esta se comportaria em condições iguais ou idênticas às condições de resistência definidas no subcapítulo 4.3.2. Para isso, fez-se uma breve pesquisa com o objetivo de identificar qual o ensaio que melhor replicava as condições de resistência, e chegou-se à conclusão que seria o Ensaio de Impacto (EI). Por definição, o EI tem como objetivo testar a resistência mecânica de um objeto, no qual este é libertado de uma altura previamente definida, ganhando velocidade devido à ação da gravidade, e embatendo numa superfície em condições definidas. Para o estudo em questão, seria impensável a realização de um EI de um motociclo com uma PR para ensaiar a mesma, devido ao seu elevado custo. Assim sendo, inverteu-se o cenário, e o EI realizou-se com uma massa definida, libertada a uma altura específica da PR, embatendo num local previamente definido.

Com o ensaio definido, fez-se uma breve visita ao laboratório da Polisport com o objetivo de identificar um equipamento já existente no laboratório, que permitisse realizar o ensaio nas condições pretendidas. No decorrer da visita, foi possível identificar dois equipamentos destinados a EI. Estes dois equipamentos tinham o mesmo objetivo, no entanto, a característica que os diferenciava era a carga de impacto, sendo um utilizado para elevada carga (cargas superiores a 3.5 quilogramas) e o outro para baixa carga (cargas inferiores a 3.5 quilogramas). Uma vez que as PR selecionadas são produzidas em alumínio com espessuras de chapa inferiores a quatro milímetros, optou-se por selecionar o equipamento destinado a EI para baixa carga, que pode ser visto na Figura 93.

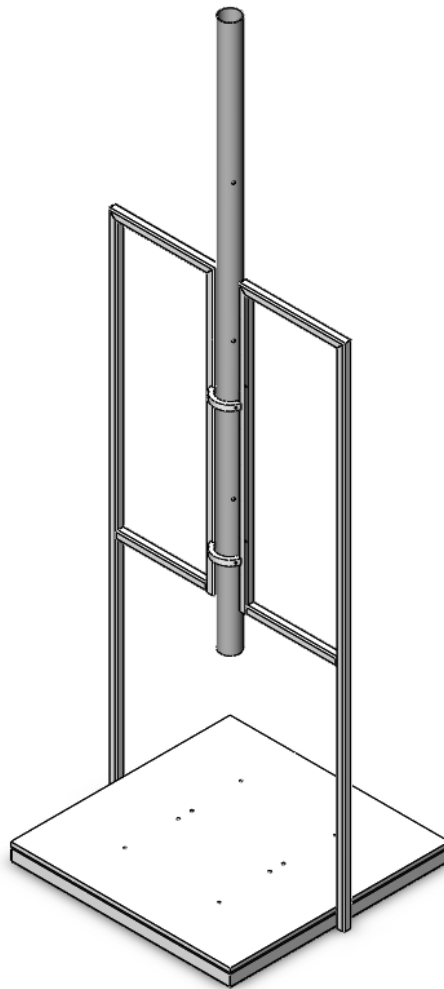


Figura 93 - Equipamento de teste de queda - baixa carga

Este equipamento pode utilizar dois punções, que são apresentados nas Figura 94 e Figura 95, tendo o punção 1 uma massa de 1,223 quilogramas e o punção 2 uma massa de 2,483 quilogramas. Estes punções podem ainda ser combinados, obtendo-se assim uma massa de 3,706 quilogramas. No que se refere à altura de que é lançado o punção, esta tem três posições que são as seguintes: 0,5 metros, 1 metro e 1,5 metros de distância à peça.



Figura 94 - Punção 1 – Massa: 1,223 quilogramas



Figura 95 - Punção 2 – Massa: 2,483 quilogramas

Com a seleção do equipamento, surgiu a necessidade de desenvolver um outro equipamento capaz de suportar a violência do ensaio de impacto e garantir a posição desejada da PR nesse momento. O desenvolvimento deste equipamento encontra-se descrito no capítulo 5.

Tendo em conta a metodologia seguida no EI, surgiu a necessidade de reajustar a posição representada na Figura 79, obtendo-se assim a nova representação na Figura 96.

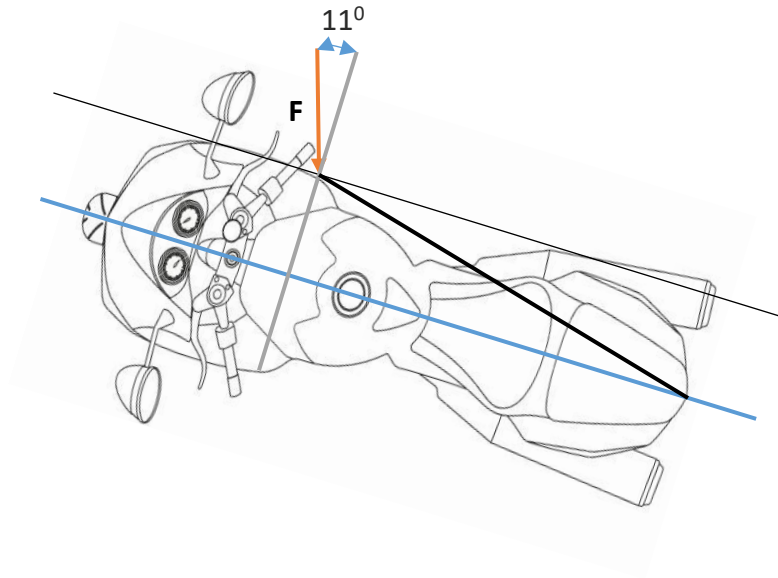


Figura 96 - Posição de ensaio da PR

Transpondo a posição apresentada na Figura 96 para o equipamento de fixação, obtém-se a Figura 97.

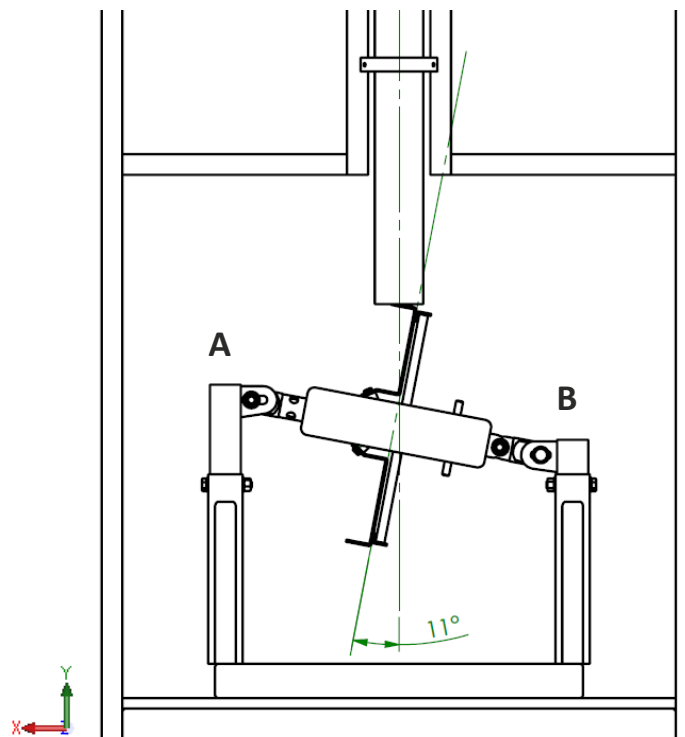


Figura 97 – Orientação da carga no EI

4.3.3.2.1 Posição do Equipamento de Fixação

Para se obter esta posição no equipamento de fixação, uma vez que este permite inúmeras regulações, este necessita de estar na configuração apresentada na Tabela 31, no caso da PR a testar ser uma PR esquerda, e na configuração apresentada na Figura 97, no caso da PR a testar ser uma PR Direita.

Tabela 31 – Posição de Montagem do Gabarito

Para uma PR Esquerda		
Eixo de liberdade	Peça	Posição
Eixo X e Z	Base fixação A Base fixação B	Posição central, como representado na Figura 98
Eixo de rotação paralelo ao Eixo X	Gabarito de fixação	Posição como representado na Figura 99 e Figura 100
Eixo Y	Haste A Haste B	Haste A - Posição da Figura 101 Haste B – Posição da Figura 102
Eixo X	Haste Elevada e Dobradiça	Posição como representado na Figura 103
Para uma PR Direita		
Eixo X e Z	Base fixação A Base fixação B	Posição central, como representado na Figura 98
Eixo de rotação paralelo ao Eixo X	Gabarito de fixação	Posição como representado na Figura 99 e Figura 100
Eixo Y	Haste A Haste B	Haste A - Posição da Figura 102 Haste B – Posição da Figura 101
Eixo X	Haste Elevada e Dobradiça	Posição como representado na Figura 103

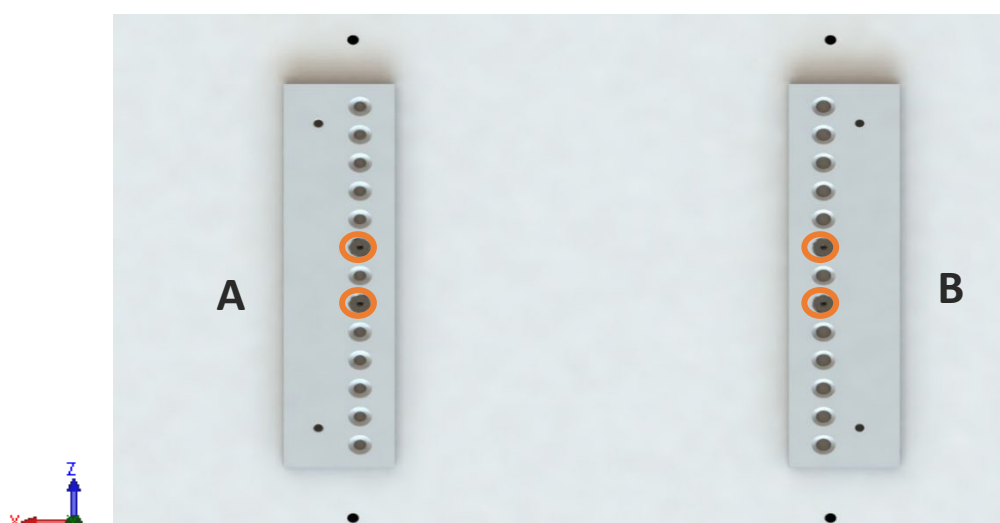


Figura 98 – Posição de fixação Base A e B

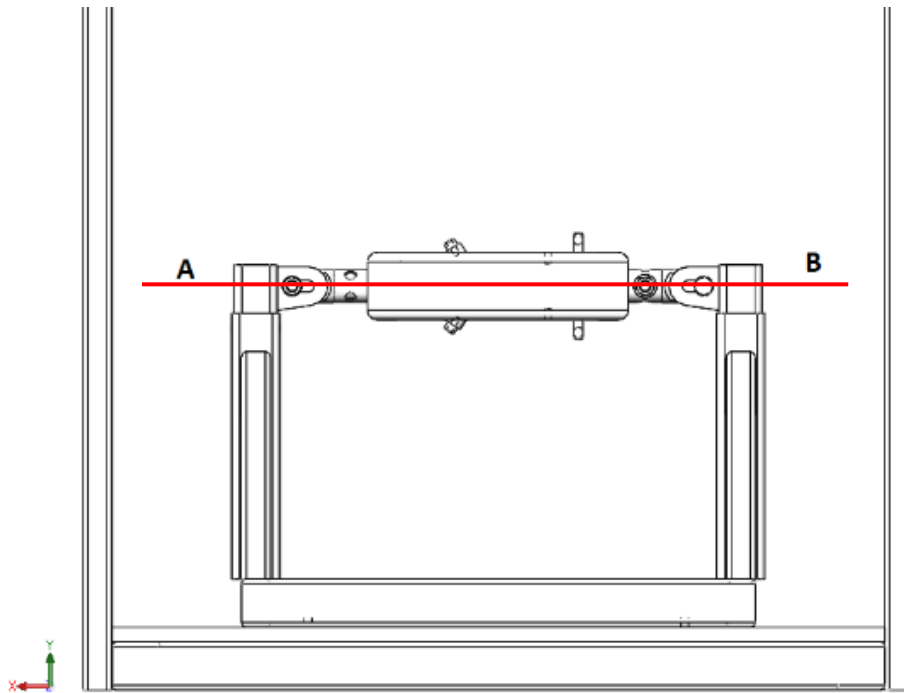


Figura 99 – Representação esquemática da montagem do dispositivo de ensaio para diferentes ângulos de rotação (Vista Lateral)

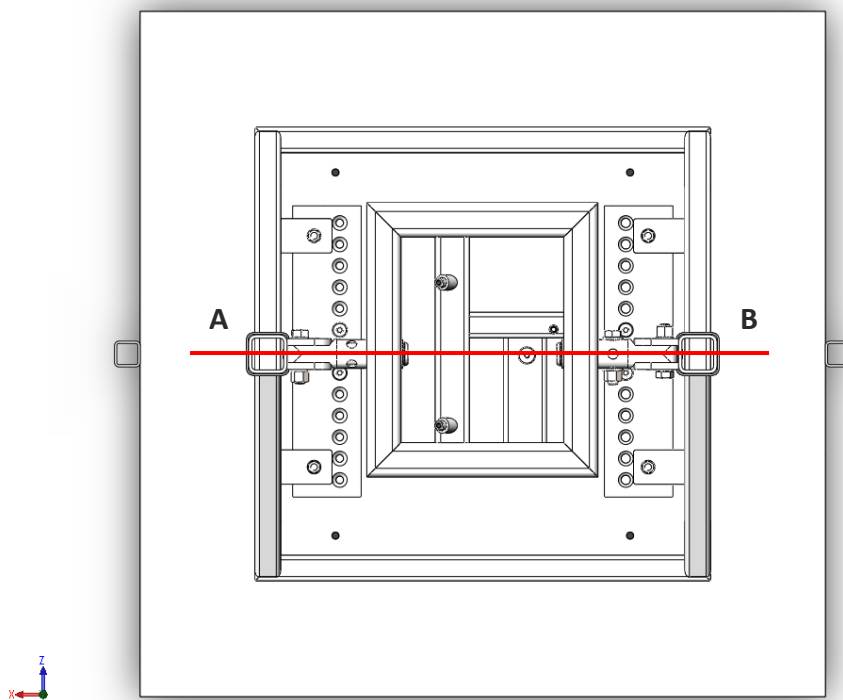


Figura 100 - Representação esquemática da montagem do dispositivo de ensaio para diferentes ângulos de rotação (Vista de topo)

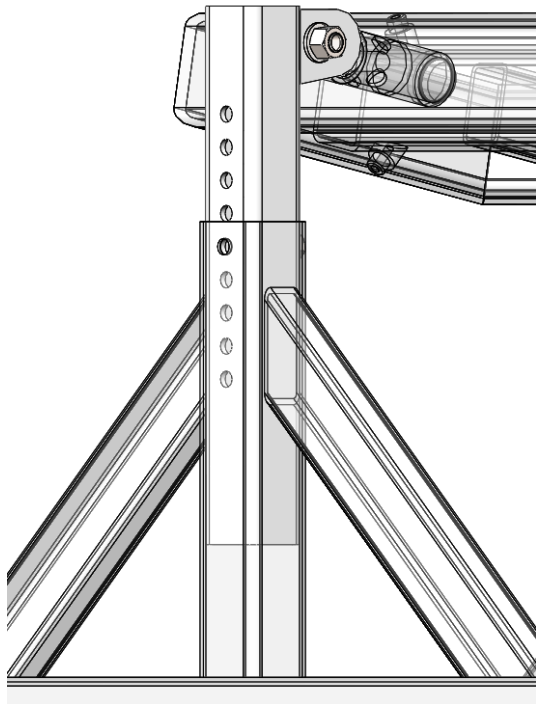


Figura 101 - Posição da Haste 1

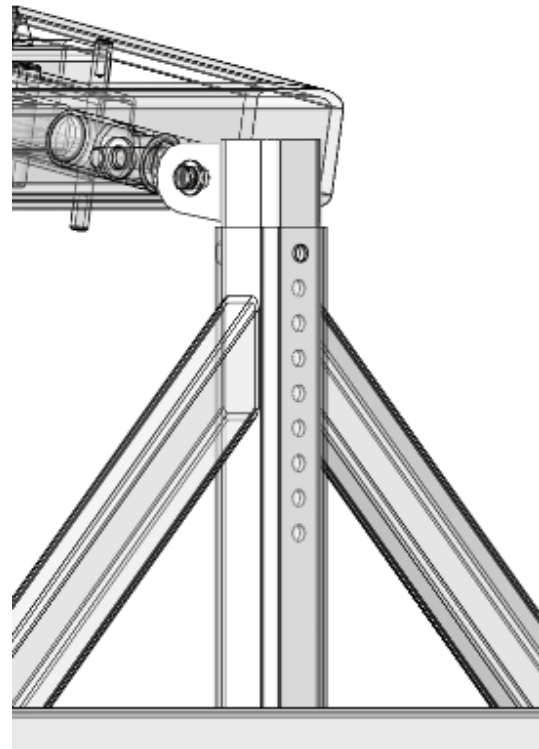


Figura 102 - Posição da Haste 2

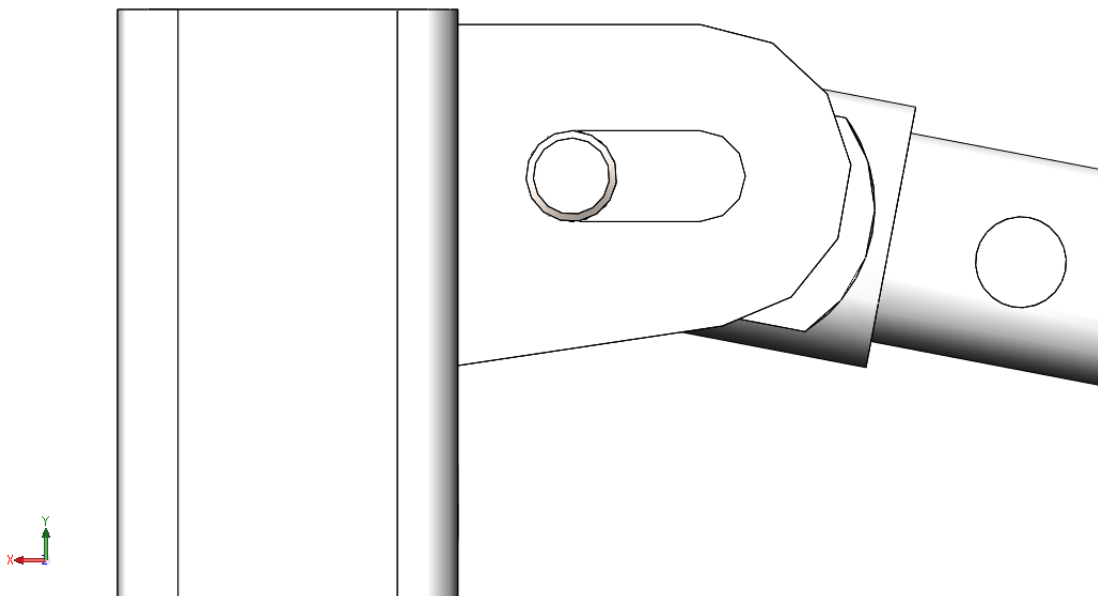


Figura 103 – Posição da dobradiça relativamente à Haste Elevada

4.3.3.2.2 Metodologia de ensaio

Após a montagem do Equipamento de Fixação (EF) no EI, realizaram-se uns ensaios de teste com perfis quadrangulares dotados das seguintes características:

- Material - aço estrutural S275 com espessura de 1,5 milímetros;
- Dimensões - estão representadas na Figura 104.

Este ensaio teve como objetivo a determinação da massa do punção a utilizar e altura a que este deveria ser libertado, com base na deformação que os perfis quadrangulares tivessem sofrido nos testes preliminares.

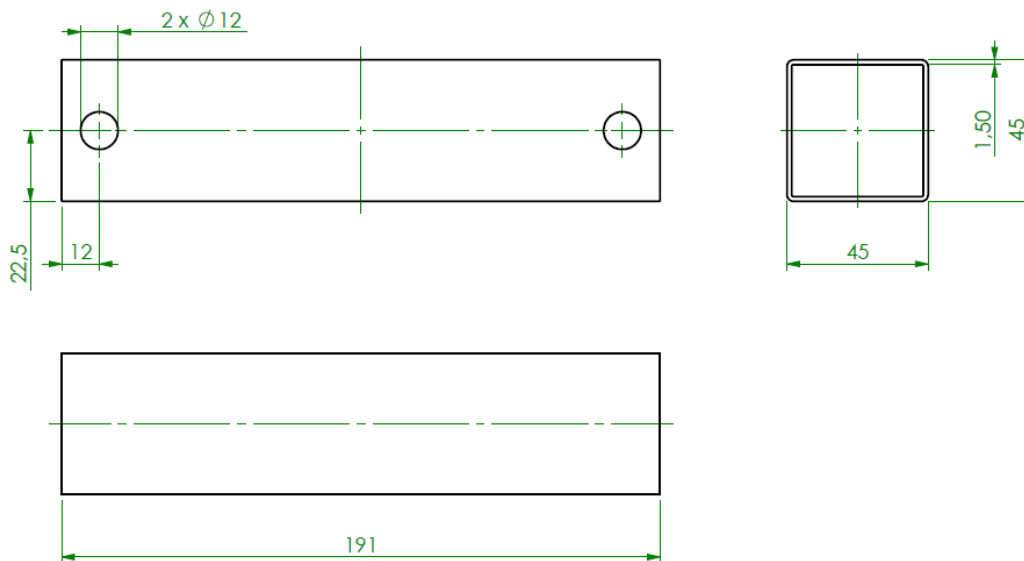


Figura 104 - Desenho 2D do perfil de ensaio

Considerando que não há dissipação de energia ao longo da descida da massa pelo tubo, pode-se dizer que:

$E_p + E_c = 0$	m – Massa em queda (kg)
$E_p = m g h$ (J)	g – Aceleração gravítica (9,81 m/s ²)
$E_c = 1/2 m v^2$ (J)	h – Altura de queda (m)
	v – Velocidade de impacto (m/s)

Com base nas equações apresentadas anteriormente, e também nas condições de trabalho do EI, foi possível obter os valores apresentados na Tabela 32. Assim sendo, decidiu-se transpor o Ensaio 8 e obteve-se uma deformação máxima de aproximadamente 4 mm, como é possível observar nas Figura 105 e Figura 106. Estas figuras foram retiradas do relatório apresentado no Anexo 6.

Tabela 32 – Parâmetros para definição da massa e altura de queda nos testes EI

Ensaio	Condições de Ensaio	Energia Potencial (J)	Energia Cinética (J)	Velocidade de Impacto (m/s)
1	h = 0.5 m m = 1223,1 g	5999,31	$9,81v^2$	3,13
2	h = 1 m m = 1223,1 g	11998,61	$19,62v^2$	4,43
3	h = 1.5 m m = 1223,1 g	17997,92	$29,43v^2$	5,42
4	h = 0.5 m m = 2482,6 g	12177,15	$9,81v^2$	3,13
5	h = 1 m m = 2482,6 g	24354,31	$19,62v^2$	4,43
6	h = 1.5 m m = 2482,6 g	36531,46	$29,43v^2$	5,42
7	h = 0.5 m m = 3705,7 g	18176,46	$9,81v^2$	3,13
8	h = 1 m m = 3705,7 g	36352,92	$19,62v^2$	4,43
9	h = 1.5 m m = 3705,7 g	54529,38	$29,43v^2$	5,42

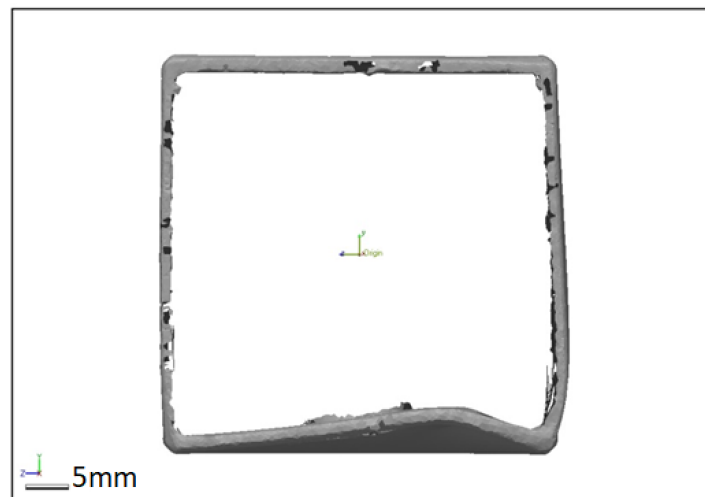


Figura 105 – Vista Frontal do perfil retangular após ensaio nas condições previamente estipuladas 8

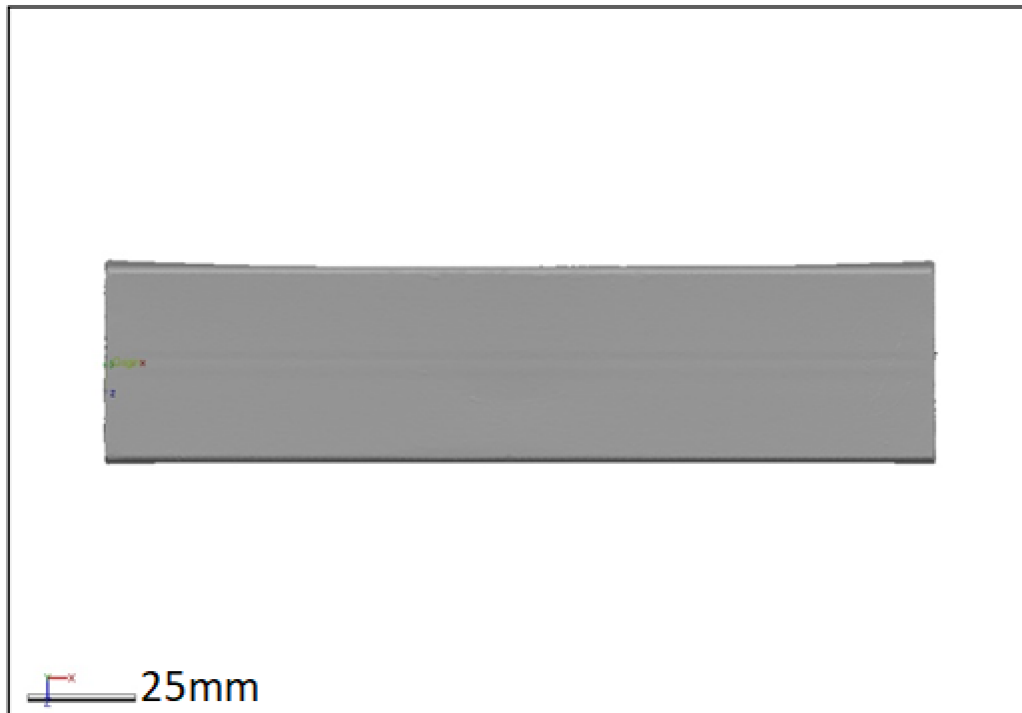


Figura 106 - Vista Lateral do perfil retangular após Ensaio nas condições de Ensaio 8

Uma vez que o objetivo deste ensaio seria verificar deformações à vista desarmada e, tendo em conta que o material a testar é alumínio e este tem um módulo de Young três vezes inferior ao do aço, pode concluir-se que para uma peça de alumínio com espessura de 4,5 mm, a deformação será idêntica e na casa de 1 mm na região de impacto. Uma vez que as peças a testar têm espessuras inferiores a 4,5 mm, as deformações serão superiores, o que é o objetivo. Com base nos factos descritos anteriormente, definiu-se que se iam utilizar as duas massas combinadas, e que estas iriam ser libertadas de uma altura de 1 m em relação à superfície da peça.

4.3.3.2.3 Estrutura do relatório dos ensaios de impacto das PR

A estrutura do relatório foi realizada pelo Laboratório da Polisport, assim como a análise das deformações, aplicando as ferramentas que a empresa considerou mais adequadas.

O relatório encontra-se estruturado da seguinte forma:

1. Folha de rosto com as especificações do relatório (nome do produto, nome da peça, número da peça, departamento de elaboração, pessoa que elaborou o relatório, data e as unidades de medição);
2. Apresentação da peça padrão (CAD elaborado) segundo quatro vistas (isométrica, frontal, lateral e superior);
3. Apresentação da peça a comparar (Peça digitalizada) segundo quatro vistas (isométrica, frontal, lateral e superior)
4. Apresentação das deformações através de um espetro de cores denominado de 3D COMPARE 1, onde os valores de deformação máxima e mínima apresentados no espetro, os valores máximo e mínimo da peça;

5. Apresentação das deformações através de um espectro de cores denominado de 3D COMPARE 2, onde os valores de deformação máximo e mínimo apresentados no espectro são:
 - Valor de máximo – Valor máximo de deformação medido entre as três peças iguais;
 - Valor mínimo - Valor mínimo de deformação medido entre as três peças iguais;

4.3.3.2.4 Execução dos ensaios de impacto das PR

Antes de se executarem os ensaios, foi necessário entender quais os esforços a que as peças iram estar sujeitas, e qual a melhor forma para analisar estas peças após o impacto. Assim, realizou-se uma análise preliminar das PR, com base na sua geometria e em conceitos mecânicos, estabelecendo-se uma metodologia de análise do impacto.

Com esta análise preliminar das PR foi possível excluir algumas peças do estudo. Essas peças são:

- Parafusos e anilhas das ligações mecânica, uma vez que estes são em aço e, por essa razão, têm uma resistência superior à do alumínio;
- As grelhas frontais presentes nas PR Unabike e PR B&B Offroad, uma vez que, se pretende estudar uma PR do tipo lateral;
- As peças de geometria cilíndrica, uma vez que é possível afirmar que uma peça de geometria cilíndrica consegue distribuir muito melhor as tensões que uma peça plana em chapa.

A metodologia seguida para a análise dos ensaios de impacto foi a seguinte:

1. Análise do funcionamento da PR e definição de qual dos lados a ensaiar (esquerdo, direito ou ambos);
2. Sequência de imagens da PR montada no EF antes do impacto, região de impacto e após o impacto;
3. Identificação das peças a analisar na PR;
4. Apresentação de uma tabela com as deformações máximas das amostras da mesma peça, com base nos valores apresentados no ponto quatro do relatório;
5. Análise das deformações máximas das amostras da mesma peça com base nas medições e valores apresentados nos pontos três e cinco do relatório;

Após a definição das peças a excluir da análise e do estabelecimento da metodologia a seguir, deu-se início aos ensaios. No final dos ensaios foram gerados relatórios, pelo laboratório da Polisport, onde é possível observar a deformação da cada componente de cada PR. A análise completa destes relatórios é apresentada no Anexo 7.

Com base na análise realizada no Anexo 7, foi possível elaborar a Tabela 33, que é uma tabela resumo das deformações das PR, com incidência e identificação das regiões de maior deformação.

Tabela 33 – Resumo das deformações das PR

PR	Peça	Local da medição da deformação	Deformação média (mm)
CROSSPRO	1	Região de Impacto	Superior a 25
	2	Região de fixação ao Quadro	1,6
	3	Região de fixação ao Quadro	9,9
	4	Região de Impacto	16,1
Unabiker	1	Região de ligação central	0,3
	3	Região de fixação ao Quadro	3,0
	4	Região de fixação ao Quadro	3,3
Start Racing	4	Região de Impacto	2,4
		Região de fixação ao Quadro	1,4
		Região de ligação da peça 1 com a peça 4	4,5
		Região Central	0,4
B&B Offroad	5	Região Central	0,4
	6	Região Central	0,4
	7	Região de impacto	0,7
	8	Região Central	1,2

4.4 Análise crítica do trabalho desenvolvido

Neste subcapítulo serão apresentadas as vantagens e desvantagens de cada amostra, em forma de resumo, tendo em conta tudo o que foi descrito no capítulo 4.3..

Tabela 34 - Vantagens e desvantagens de cada PR

Marca	Vantagens	Desvantagens
CROSSPRO	Baixo Custo; Baixa massa; Disponível em várias cores; Elevada lista de aplicações; Não necessita de desmontar os radiadores.	Baixa proteção contra impactos laterais; Tem interferência com os escapes dos motociclos 2T; Dificuldade em concretizar a ligação aparafusada entre as peças oito e dois e as peças oito e três.
Unabiker	Baixa deformação em situação de impactos laterais; Baixa massa.	Ser uma PR do tipo integral; Acabamento em bruto; Necessita de desmontar o radiador caso o motociclo contenha termoventilador de série; Interferências com alguns componentes do motociclo;

		Dificuldade em concretizar a ligação aparafusada entre as peças doze e as peças um, dois e quatro e as peças doze e as peças três, cinco e seis.
Star Racing	Disponível em várias cores; Baixa deformações contra impactos laterais; Elevada lista de aplicações; Baixa massa.	Necessita de desmontar o radiador caso o motociclo contenha termoventilador de série; Interferências com alguns componentes do motociclo em modelos fora da lista de aplicação.
B&B Off-Road	Facilidade de realizar ligações aparafusadas devido à colocação de rebites roscados; Baixas deformações contra impactos laterais; Não necessita de desmontar os radiadores.	Ser uma PR do tipo integral; Acabamento em bruto; Elevada Massa; Interferências com alguns componentes do motociclo em modelos fora da lista de aplicação; Elevado número de componentes; Elevada complexidade de montagem.

DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS DE FIXAÇÃO PARA ENSAIOS DE IMPACTO - ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE PRODUTOS CONCORRENTES

5.1 Requisitos estipulados para o equipamento

5.2 Anteprojeto

5.3 Dimensionamento e análise estrutural

5.4 Característica do Equipamento

5 DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS DE FIXAÇÃO PARA ENSAIOS DE IMPACTO

Como foi referido no subcapítulo 4.3.3.2, com a seleção do equipamento de impacto, surgiu a necessidade de desenvolver um EF das PR capaz de suportar a violência do EI, garantir a posição desejada da PR ao longo do ensaio e garantir a repetibilidade dos ensaios.

Este capítulo só é apresentado nesta fase do relatório de dissertação de forma a não quebrar o fluxo de informação entre a exposição do problema, teste realizados e o estudo das diretrizes para o desenvolvimento do produto.

5.1 *Requisitos estipulados para o equipamento*

Uma vez que se está a desenvolver um EF de PR para o EI, pretendia-se que este fosse uma EF modelar, de forma a poder fixar outros objetos sem modificações, ou seja o mais versátil e flexível possível, podendo assim ser utilizado em situações futuras.

Assim sendo, este deve ser capaz de suportar facilmente as solicitações descritas no subcapítulo 4.3.2., deve conter o maior número possível de graus de liberdade, sem comprometer a integridade estrutural do EF, e deve ser constituído por uma estrutura base e uma matriz. Esta matriz deverá ser de fácil substituição e deverá ser pensada e construída de acordo com o(s) objeto(s) a fixar. Neste caso, deve conter os pontos de fixação das PR da concorrência, que serão os produtos a ensaiar nesta fase inicial.

5.2 *Anteprojecto*

Antes de se iniciar o dimensionamento do EF, foi necessário entender quais seriam as restrições impostas pelo equipamento apresentado no capítulo 4.3.3.2, e qual o material a utilizar na construção do mesmo.

5.2.1 *Levantamento das restrições do equipamento de teste de queda*

O estudo das restrições iniciou-se pelo levantamento da volumetria de trabalho e pelas regiões de possível fixação no equipamento de teste de queda.

Na Figura 107 é possível observar a volumetria limite de trabalho com as seguintes dimensões: 800 mm x 800 mm x 760 mm.

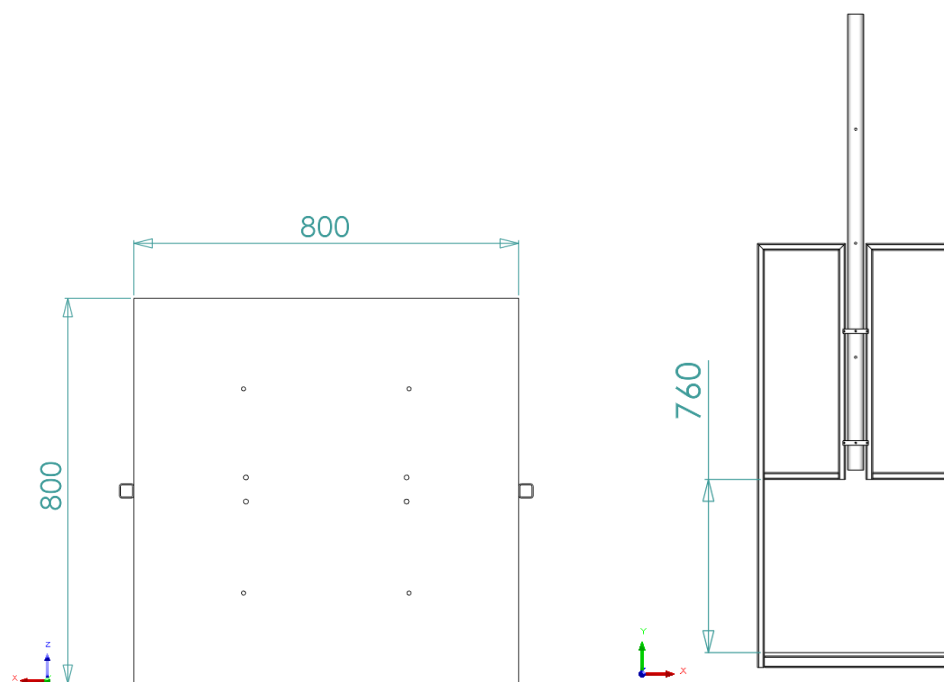


Figura 107 – Limites de trabalho do EI

No Anexo 8 é possível observar os pontos de fixação do EI ao equipamento de ensaios de impacto e a localização do local de impacto.

5.2.2 Seleção de Material

Neste subcapítulo, será apresentado o material para a elaboração do EI e a forma como este foi selecionado.

Para realizar a seleção de material, é necessário selecionar as propriedades mais relevantes para esta aplicação. Estas propriedades vão surgir na Tabela 35.

Tabela 35 - Propriedades definidas para a Seleção de Material

Propriedade	Motivo de seleção
1 Tensão de cedência	Pretende-se que o EI opere em regime elástico, devendo suportar esforços sem se deformar plasticamente.
2 Módulo de elasticidade	Mede a rigidez do material, o que significa que quanto maior o módulo de elasticidade, menor será a deformação elástica resultante da aplicação de uma determinada tensão.
3 Tenacidade à fratura	Evitar a rotura do EI ou seja, a geração e progressão de fendas.
4 Massa volúmica	Pretende-se que o EI tenha uma massa volúmica baixa.
5 Soldabilidade	Pretende-se que o EI tenha boa soldabilidade.
6 Maquinabilidade	Pretende-se que o EI tenha boa maquinabilidade.
7 Custo	Pretende-se que o EI tenha um baixo custo.

- 8 Disponibilidade de Pretende-se que o material para a estrutura tenha uma elevada disponibilidade no mercado.

Com base nas propriedades apresentadas na Tabela 35, é possível definir alguns limites de pré-seleção. Esses limites são: Módulo de Elasticidade superior a 200 GPa e densidade inferior a 9 Mg/m³.

Aplicaram-se estes limites a um Diagrama Ashby e obteve-se o retângulo a verde, representado na Figura 108, onde foi possível identificar dois grandes grupos de materiais, que são os cerâmicos técnicos e os metais.

O grupo dos cerâmicos técnicos pode ser automaticamente excluído, uma vez que são materiais frágeis. Então o material apenas pode ser do grupo dos materiais metálicos, em liga de aço ou de níquel.

Avaliando as ligas de aço e de níquel na ótica do custo, as segunda têm um custo aproximado de 10 vezes superior a uma liga de aço estrutural, o que é não é conveniente para a aplicação que se pretende[195].

Assim sendo, as ligas de níquel também foram desconsideradas para a seleção do material, ficando apenas com os vários tipos de aço.

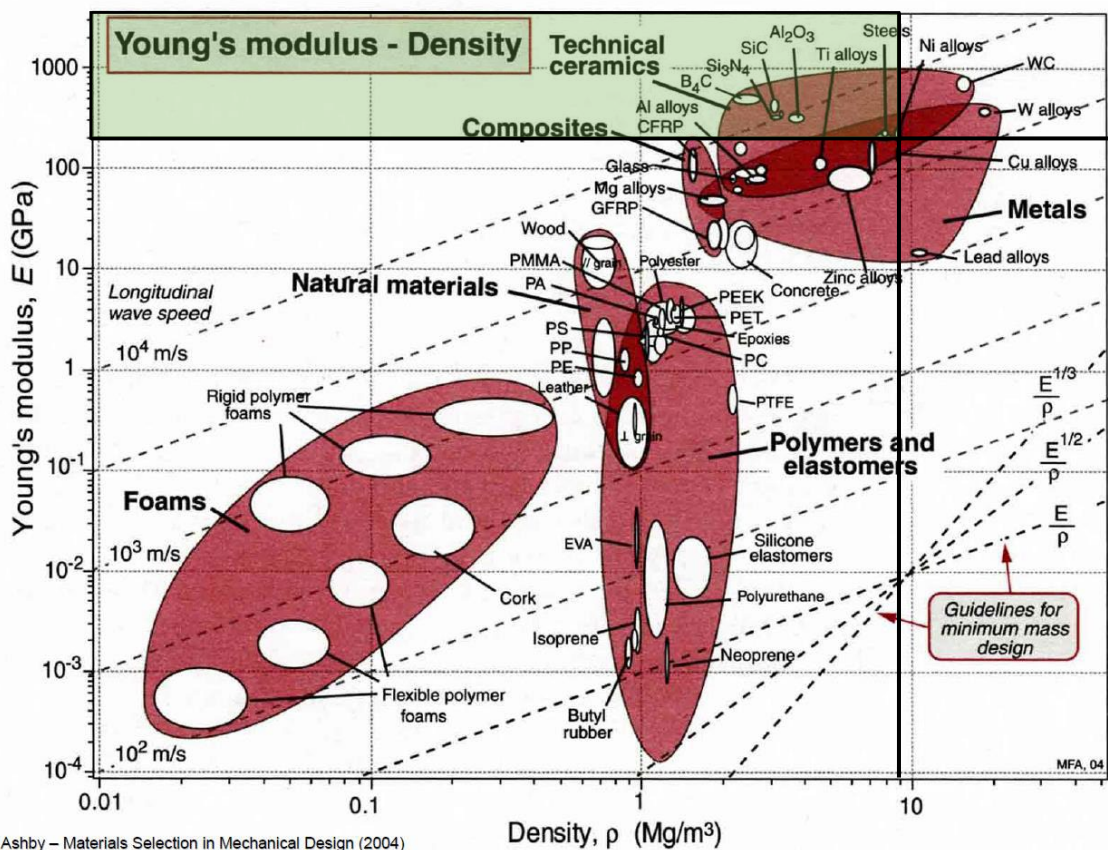


Figura 108 – Diagrama de Ashby com limites aplicados

Atendendo que o EI foi contruído numa empresa externa, a seleção do material foi adaptada ao inventário existente na empresa e aos materiais disponíveis no mercado, no momento da construção. Assim sendo, a liga de aço selecionada foi a S275JR.

5.2.3 *Objetivos de dimensionamento*

O EF deve cumprir os seguintes objetivos:

- Respeitar os requisitos apresentados no subcapítulo 5.1.;
- Ser seguro para o operador,
- Possibilidade de fácil construção, preferencialmente em construção soldada e aparafusada;
- Ser simples e com o menor número de peças maquinadas possível;
- Ser de fácil manuseamento para o operador;
- Não deve conter arestas cortantes nem afiadas;
- Deve ser composto por uma estrutura e por uma matriz.

Esta estrutura pode ser composta por mais do que uma peça, e tem de permitir o posicionamento da matriz nos eixos X, Y e Z, e a rotação da mesma sobre o eixo X. Os eixos referidos anteriormente encontram-se representados na Figura 107.

5.3 *Dimensionamento e análise estrutural*

Neste capítulo será apresentada a modelação e dimensionamento do EF.

5.3.1 *CAD*

Neste capítulo será apresentada a modelação CAD do EF, com base nos subcapítulos 5.1 e 5.2, e será dividido nas seguintes duas etapas: modelação da estrutura e modelação da matriz.



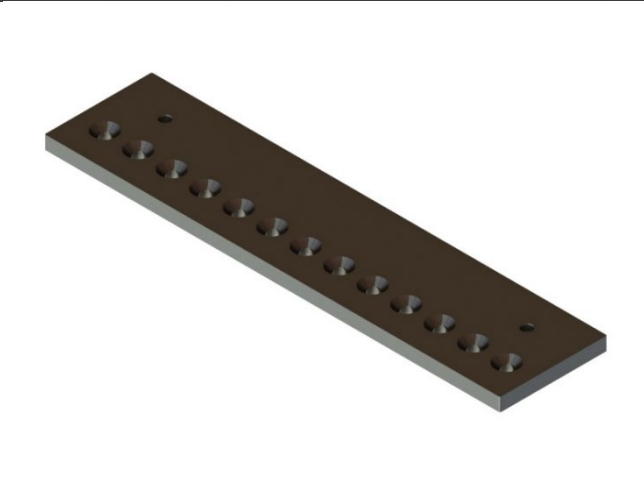
- **Estrutura**

A estrutura, como o próprio nome indica, é o que faz a ligação entre o equipamento de teste de queda e matriz. Esta deve permitir à matriz os seguintes graus de liberdade:

- Variação do ângulo de inclinação contido no plano XY;
- Variação da cota em X e em Z;
- Permitir a rotação sobre um eixo contido no plano XY.

A estrutura vai ser composta pelos seguintes componentes de fabrico:

Tabela 36 - Componentes de fabrico da estrutura

	Imagem	Componente	Quantidade
1		Base	1
2		Haste	2
3		Chapa Fixação Base - Equipamento	2

1. Base

Com base nas dimensões apresentadas na Figura 107, deu-se início ao dimensionamento de uma base. Esta base foi contruída com oito perfis retangulares de dimensão 50 mm x 30 mm x 2,6 mm e dois perfis quadrangulares de dimensão 50 mm x 50 mm x 2 mm, em material S275JR.

Esta contém dois perfis verticais, onde são montadas as hastes. A base também conta com quatro chapas soldadas na região interior, que permitem a ligação entre a base e a chapa de fixação.

2. Haste

A haste é um componente que pertence à estrutura e que é responsável por realizar a ligação entre a matriz e a estrutura. Esta é composta por um perfil quadrangular de dimensão 45 mm x 45 mm x 2 mm e por duas peças de corte laser soldadas no topo da haste em aço S275JR.

A haste contém nove furos de 10 mm, distanciados 20 mm entre si, que permitem a variação do ângulo da matriz, com a diferença de alturas entre as duas hastes que constituem a estrutura.

3. Chapa Fixação Base – Equipamento


A chapa de fixação base – equipamento é uma chapa em aço S275JR que permite a fixação do EF ao EI e permite o posicionamento EF segundo o eixo Z. Este posicionamento em Z é permitido pelos 13 furos, podendo variar a sua cota em Z em 125 mm.

- **Matriz**

A matriz é o componente da estrutura que deve conter todos os pontos de fixação das PR selecionadas no subcapítulo 4.2.3., e deve conter um mecanismo de rotação do mesmo.

A matriz é composta pelos seguintes componentes:

Tabela 37 - Componentes de fabrico da Matriz

	Imagem	Componente	Quantidade
1		Gabarito	1
2		Dobradiça	2

1. Gabarito

O gabarito é o componente onde a PR se vai fixar, por isso deve ser o mais aproximado possível dos pontos de fixação que temos nos quadros dos motociclos em estudo. Estes pontos encontram-se assinalados com círculos pretos na Figura 109.



Figura 109 - Região frontal do Quadro de uma KTM EXC 2020

Para averiguar as posições exatas das furações representadas na Figura 109, realizou-se uma digitalização do quadro de alguns dos componentes envolventes de um motociclo KTM EXC-F 450 de 2020, como é possível observar na Figura 110, Figura 111 e Figura 112.



Figura 110 – Digitalização dos pontos de fixação posterior ao radiador



Figura 111 - Digitalização dos pontos de fixação anterior ao radiador



Figura 112 - Digitalização dos pontos do depósito de combustível

Com base na medição dos pontos recolhidos através da digitalização e nas dimensões do quadro do motociclo, foi possível desenvolver a primeira versão do gabarito em CAD. Esta primeira versão é composta por quatro perfis 70 mm x 40 mm x 3 mm e dois perfis de dimensão 60 mm x 40 mm x 3,2 mm.

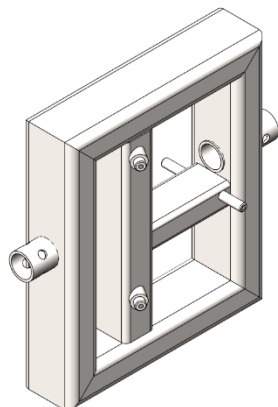


Figura 113 - Primeira versão do gabarito

Com a chegada das PR da concorrência, verificou-se que a lista de aplicação das mesmas variava entre si e não abrangia todos os modelos apresentados na Figura 49 e Figura 50. Assim sendo, fez-se uma breve análise com o intuito de perceber os fatores limitativos da aplicabilidade das PR da concorrência na lista de aplicações apresentadas. Esta análise é exposta no subcapítulo 4.2.2, onde foram ensaiadas as PR em modelos que não estavam na sua lista de aplicação. Dos fatores apresentados no subcapítulo 4.2.2, os mais importantes para a elaboração da matriz são os fatores relacionados com os pontos de fixação ao quadro, com a exclusão dos pontos de fixação do radiador, uma vez que já se sabia de antemão que esses não variavam.

Desta análise conclui-se que os restantes pontos variavam conforme o modelo (modelos com motores dois tempos e modelos com motores quatro tempos), e conforme o ano de produção.

Assim sendo, foi utilizado um motociclo da lista de aplicação (Husqvarna FE450 2017) para localizar os pontos de fixação no espaço da PR B&B Off-Road. Após isto, acrescentou-se o ponto de fixação em falta no gabarito, e assim obteve-se a versão final do mesmo, que por sua vez se encontra representado na Figura 114.

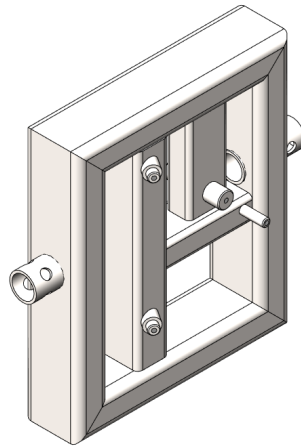


Figura 114 - Última versão do gabarito

Após o desenho das volumetrias das peças que constituem o equipamento de fixação, realizou-se a montagem de todos os componentes, com o objetivo de validar a inexistência de interferências entre o equipamento de fixação e o equipamento de ensaios de impacto. Esta validação foi realizada com sucesso, como é possível observar na Figura 115.

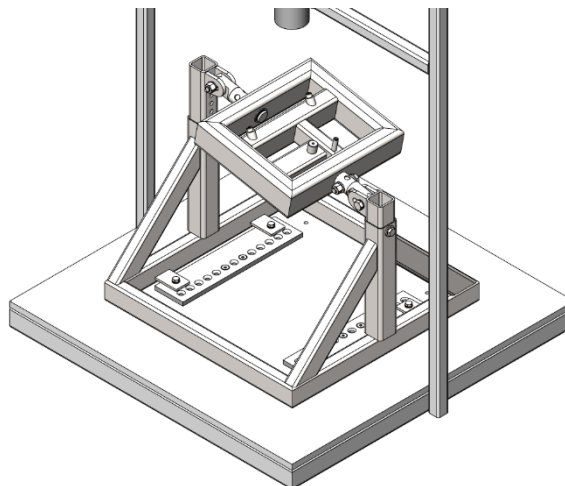


Figura 115 – Validação de interferências

Assim sendo, já se encontram reunidas todas as condições para avançar para o passo seguinte, que é a validação dos esforços.

5.3.2 Simulações

Neste capítulo vai ocorrer a validação do equipamento de fixação das PR com recurso a simulações executadas em Solidworks®. Este *software* é um pouco limitado e demorado no que diz respeito a simulações dinâmicas (solicitações de impacto), uma vez que não contém nenhum modo de simulação dinâmico ajustado ao problema e os modos que poderiam ser aplicados continuam vários tipos que não se conseguem definir com exatidão. Por isso, optou-se pela realização de simulações estáticas, tendo conhecimento que estas não são as mais adequadas.

Após definir o tipo de simulação a realizar, é importante definir o tipo de malha a utilizar e as condições fronteira a que cada peça está sujeita. A malha utilizada em todas as simulações foi a triangular adaptativa.

Quanto às condições fronteira, estas dividem-se nos seguintes pontos: tipo de conceção, pontos de fixação/restricção de movimento e carga, e estas são apresentadas na Tabela 38.

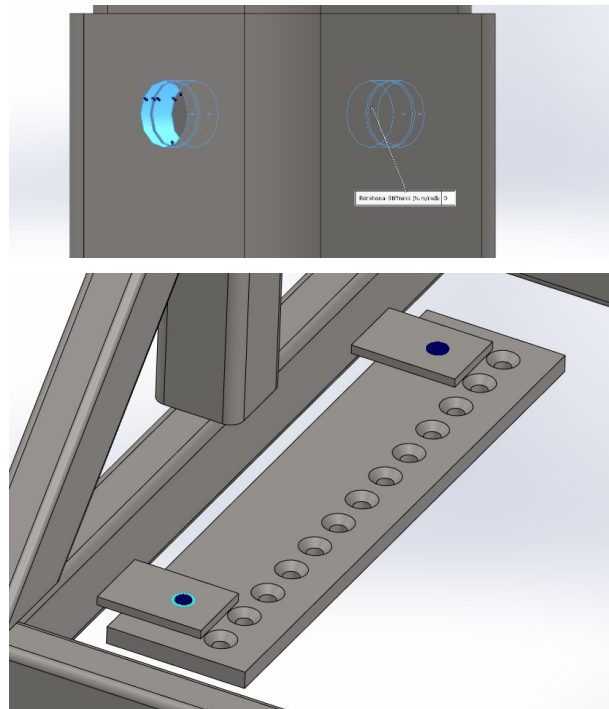
Tabela 38 - Condições fronteira Estrutura

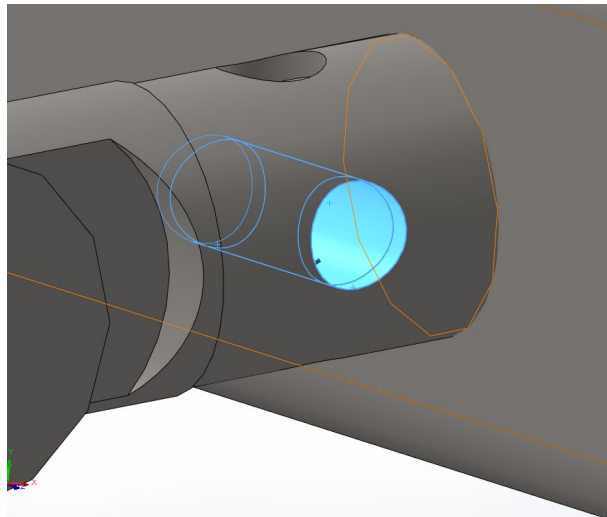
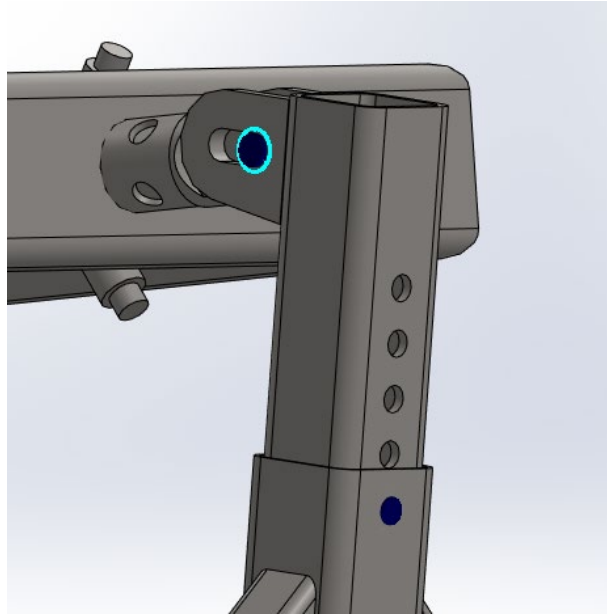
Condições fronteira

No local onde estava prevista a inclusão de parafusos, consideram-se ligações aparafusadas, para simplificação da simulação.

Conexões

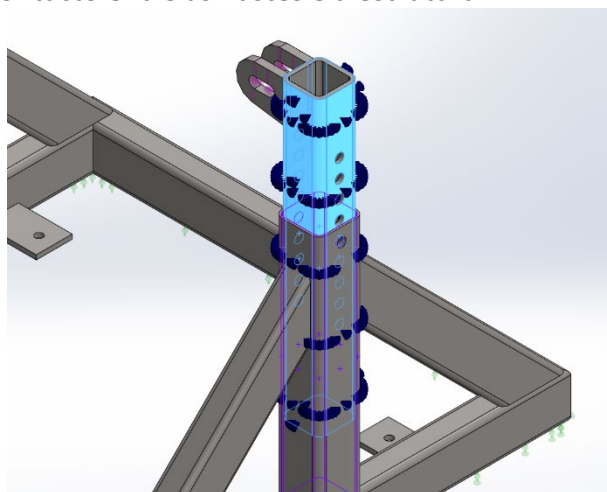
Aparafusada



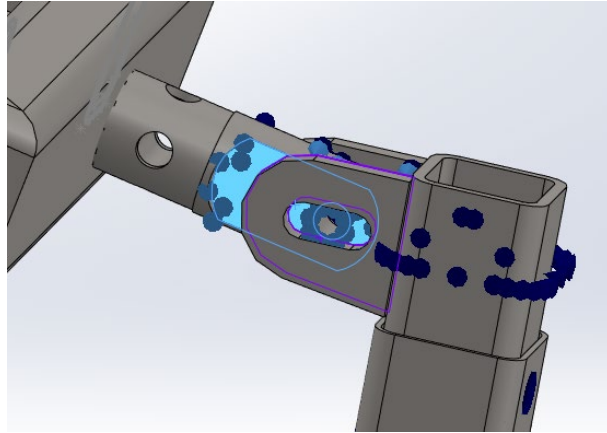


Considerou-se conexão rígida na região de contacto entre as hastes e a estrutura.

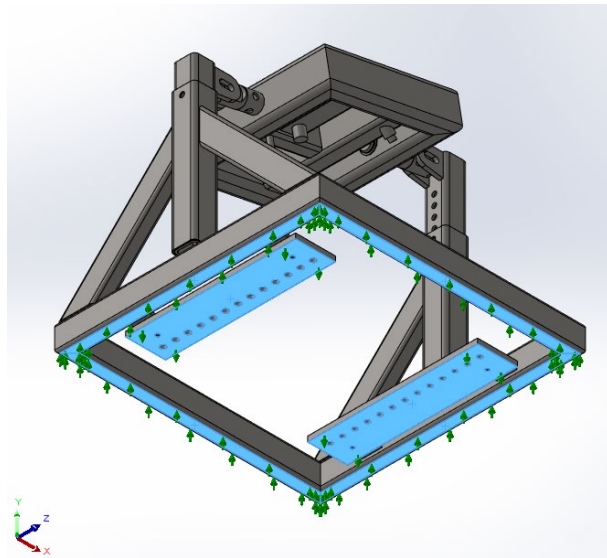
Rígida



Considerou-se conexão rígida na região de contacto entre as hastes e a dobradiça.

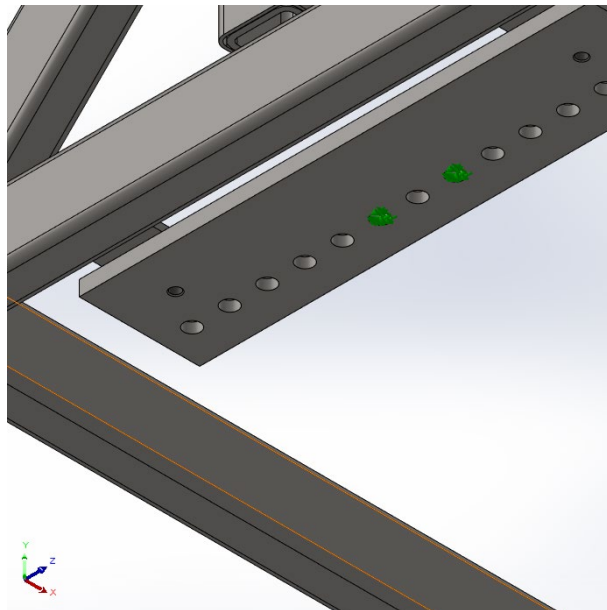


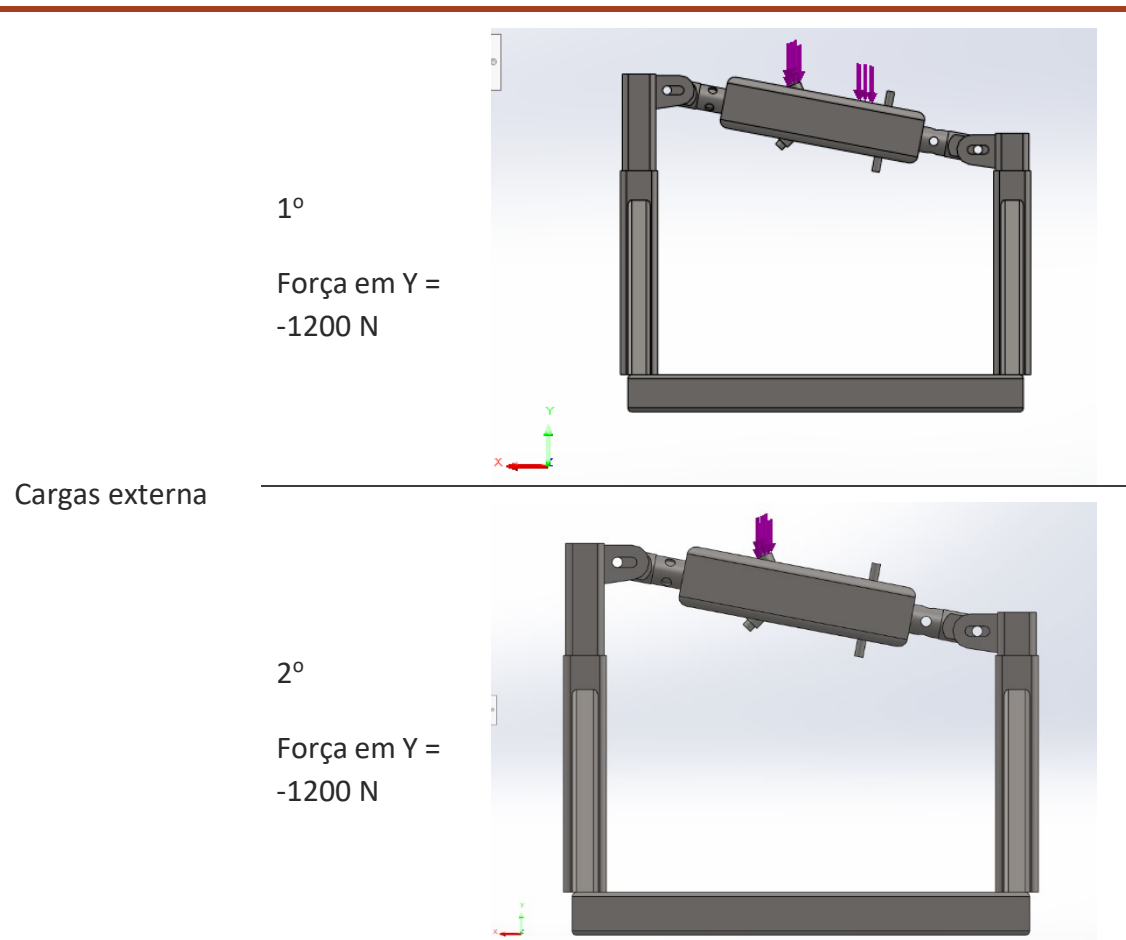
Base da
estrutura
($Y=0$ mm)



Fixações

Chapa
Fixação Base
(X e $Z = 0$
mm)



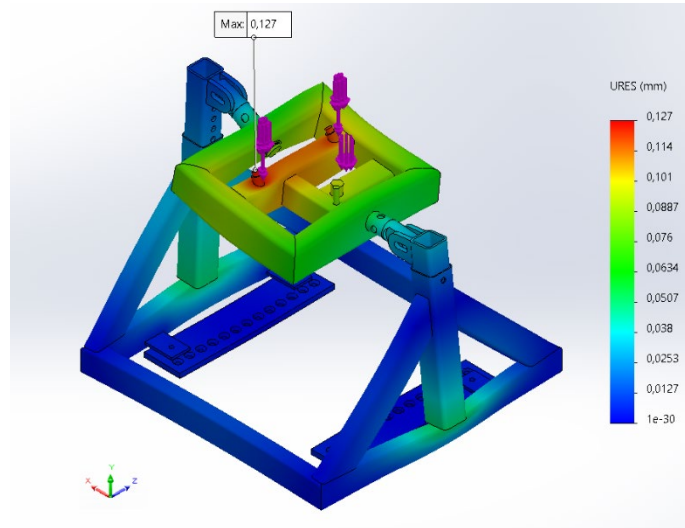


Com as condições fronteira definidas, deu-se início às simulações do Equipamento de Fixação na posição de trabalho. Os resultados das mesmas encontram-se na Tabela 39.

Tabela 39 - Resultados das simulações

Carga	Simulação
<p>1º</p> <p>Tensão</p> <p>Valor máximo</p> <p>103 MPa</p>	

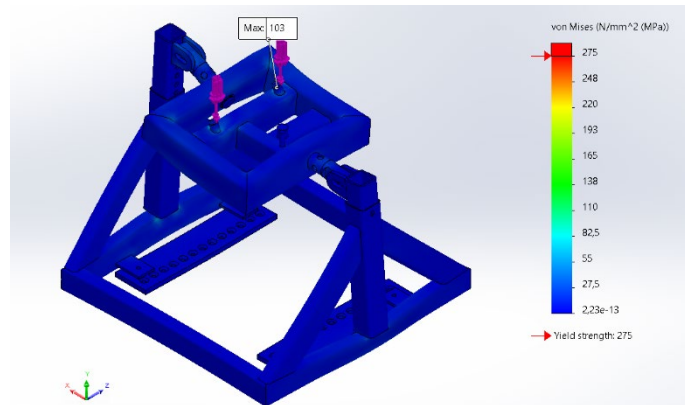
Deformação
Valor máximo
0,127 mm



Coeficiente de
segurança

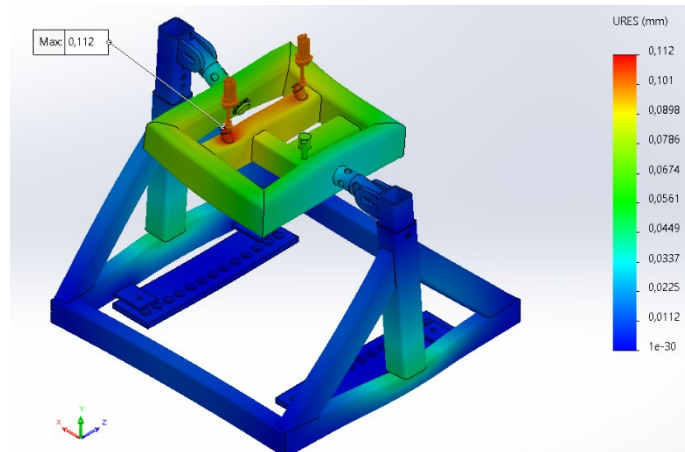
2,66

Tensão
Valor máximo
103 MPa



2º

Deformação
Valor máximo
0,122 mm



Coeficiente de
segurança

2,67

Com base nos resultados apresentados na Tabela 39 é possível afirmar que a estrutura resiste com segurança à carga objetivo, o que nos permite concluir que não é necessário fazer qualquer alteração estrutural no Equipamento de Fixação.

Após o dimensionamento utilizou-se simulação para apoio ao do mesmo. Posteriormente avançou-se para os desenhos técnicos do equipamento que se encontram-se no Anexo 9.

5.4 Características do Equipamento

O Equipamento de Fixação das PR é um equipamento que suporta cargas estáticas até 160 kg, considerando um coeficiente de segurança de 2, e que tem os seguintes graus de liberdade:

- Eixo X -> 2 graus de liberdade;
- Eixo Y -> 2 graus de liberdade;
- Eixo Z -> 1 grau de liberdade.

No eixo X tem 17 mm de liberdade e permite a rotação em X do gabarito nas posições seguintes: -180°, -90°, -45°, 0°, +45° e +90°.

No eixo Y permite a regulação das duas hastes em nove posições, distanciadas entre si 20 mm.

No eixo Z, permite a regulação das duas bases de fixação em 11 posições, distanciadas entre si 25 mm.

DEFINIÇÃO DAS LINHAS DE ORIENTAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO ALTERNATIVO

- 6.1 Propostas de diretrizes para dimensionamento de uma PR
- 6.2 Definição das orientações para o desenvolvimento de produto alternativo

6 DEFINIÇÃO DAS LINHAS DE ORIENTAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO ALTERNATIVO

6.1 Propostas de diretrizes para dimensionamento de uma PR

Com base em todo o trabalho desenvolvido até ao momento e, com base nos conceitos apresentados no subcapítulo 2.1.1 foi possível elaborar o fluxograma apresentado na Figura 116. Este fluxograma descreve todas as etapas que são necessário percorrer para o correto desenvolvimento de uma nova PR.

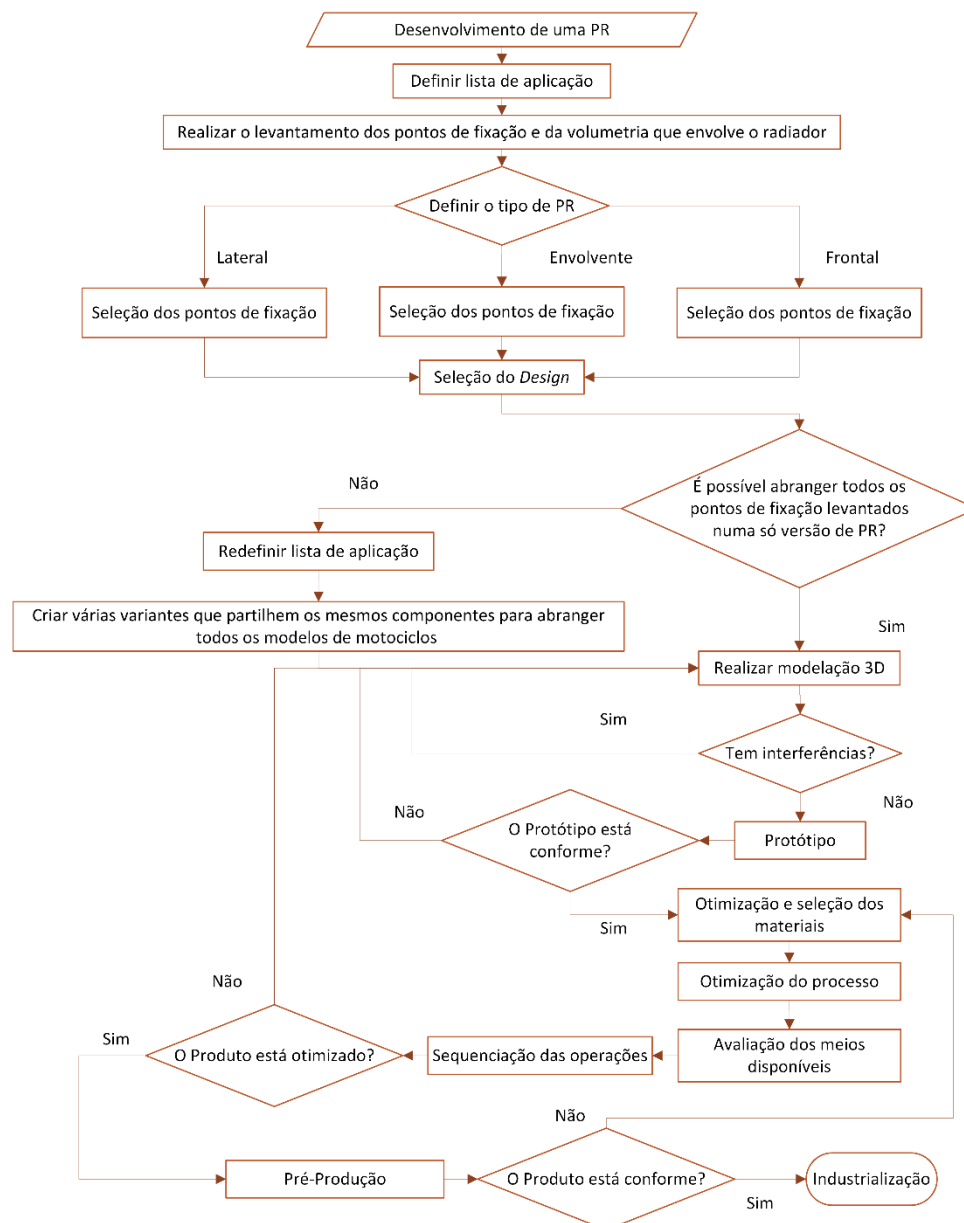


Figura 116 – Processo de desenvolvimento de uma nova PR

Após a definição da metodologia de desenvolvimento das PR e a definição de características objetivo, tendo como base os subcapítulos 4.3 e 4.4, é possível elaborar um conjunto de diretrizes que a nova PR deve seguir. Este conjunto de diretrizes tem o intuito de maximizar o desempenho da nova PR através da análise dos pontos positivos e das lacunas de cada PR analisada.

a) Análise volumétrica e Pontos de Fixação

A primeira operação que deve ser realizada no momento do dimensionamento da nova PR deve ser a digitalização dos motociclos da lista de aplicação proposta, com o intuito de fazer o levantamento dos pontos de fixação comuns a todos os motociclos da lista. Esta deve acontecer com os seguintes componentes desmontados: tampa lateral de radiador esquerda, tampa lateral de radiador direita, tampa de filtro, banco do condutor, grelha de radiador esquerda, grelha de radiador direita e depósito de combustível. Com estes componentes desmontados, é possível identificar um número de pontos de fixação superior e aferir com exatidão a localização dos mesmos. Assim, é possível realizar uma correlação de pontos de fixação entre modelos. Também é necessário digitalizar o depósito de combustível de cada um dos modelos para, posteriormente, proceder à montagem tridimensional de todas as peças, com a inclusão da nova PR, para a realização de uma análise de interferências.

b) Geometria a seguir

A geometria a seguir deve ser idêntica à da PR Start Racing, uma vez que esta geometria possibilita a utilização da PR frontal OEM, é de fácil montagem e contém poucas ligações aparafusadas. Uma outra vantagem desta geometria é a obtenção de uma deformação uniforme com o impacto, o que significa que a PR trabalha como uma peça única e é capaz de dissipar a energia absorvida no impacto pela proteção toda. Esta deve manter os dois elementos de ligação da PR Direita e PR Esquerda.

A nova geometria deve seguir o desenho da PR B&B Off-Road, uma vez que esta possibilita a sua montagem sem desmontar o termoventilador original utilizado em alguns modelos da lista de aplicação.

c) Locais de possível Interferência

Os locais de possível interferência situam-se na região central (entre o radiador esquerdo e direito), uma vez que difere entre os vários modelos da lista de aplicação, principalmente quando se pretende realizar uma ligação entre PR Direita e PR Esquerda. Os componentes que podem interferir são os seguintes: sistema de refrigeração, sistema de ignição e quadro do motociclo. No caso dos motociclos com motores 2T, em particular, existe também a possibilidade de interferência com o escape.

d) Tipo de ligações

O tipo de ligações utilizado na montagem deve ser o tipo aparafusado, uma vez que é o mais simples e acessível a qualquer utilizador. Este tipo de montagem não necessita de mão de obra qualificada. Sempre que possível deve-se evitar o uso de sistemas porca-parafuso, uma vez que são regiões de difícil acesso e tornam a montagem mais difícil e demorada. Assim sendo, deve-se utilizar porcas soldadas ou rebites roscados.

6.2 Definição das orientações para o desenvolvimento de produto alternativo

Com base nos subcapítulos 4.3 e 4.4, a grande maioria das PR são em alumínio e surgem de um processamento de chapa cortada e quinada posteriormente. Algumas das PR tem pequenas regiões de soldadura.

O processo de corte e quinagem de chapa é o mais adequado para a elaboração de uma nova PR, uma vez que é um processo rápido, eficiente, com pouca mão de obra e económico. A soldadura deve ser evitada sempre que possível, uma vez que o custo da soldadura é bastante superior ao processo de corte e quinagem. Também poderia ser utilizado o processo de estampagem, uma vez que possibilita a execução de um *design* de peça distinto. No entanto, e devido às baixas quantidades, não é um processo adequado porque a ferramenta tem um custo elevado, o que iria encarecer a peça, tendo em conta as quantidades pretendidas.

Devido ao facto da PR ser montada numa região muito restrita em termos de espaço, a PR a ser desenvolvida deve ser o mais compacta possível. Assim sendo, o material aplicado na PR deve ser resistente e de baixa espessura, para que não haja interferência entre peças. Se forem aplicadas as mesmas restrições que foram aplicadas no subcapítulo 5.2.2, o único material que atende às necessidades do produto é um aço estrutural de alta resistência (Exemplo: S355JR). Uma vez que, o alumínio tem um módulo de elasticidade inferior ao do aço em três vezes, aproximadamente, pode-se concluir que para a mesma deformação é necessária uma espessura de aço três vezes inferior à do alumínio. Portanto, a nova PR deve utilizar uma chapa de espessura de 2 mm, que é equivalente a uma chapa de 6 mm de alumínio, para se obter uma resistência estrutural superior a todas as amostras estudadas.

No que diz respeito ao acabamento do aço, este deve conter um tratamento superficial contra a oxidação, podendo ser galvanizado, pintado ou lacado, conforme o *design* pretendido.

CONCLUSÕES

7.1 CONCLUSÕES

7.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

7 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

7.1 CONCLUSÕES

A dissertação apresentada, que foi elaborada em conjunto com a Polisport Plásticos, S.A. envolvendo diversas áreas de estudo, com principal incidência na gestão de projeto, análise de mercado e produto, e projeto mecânico. Com base nestas áreas, foi possível analisar, estudar e testar diferentes PR, de diferentes fabricantes, e assim definir as diretrizes para o *design* e dimensionamento de um produto que vá ao encontro das necessidades do mercado.

Para auxiliar este estudo, recorreu-se a várias ferramentas como análise SWOT, matriz de seleção na área de gestão e modelação CAD, análise de interferências e análise de elementos finitos na área de projeto mecânico.

Desta forma, foi possível alcançar um conjunto de resultados para os objetivos inicialmente propostos como apresentado na Tabela 40, onde o visto representa o cumprimento.

Tabela 40: Verificação de cumprimento dos objetivos da dissertação [196].

<p>Caracterização do Produto e do Problema e definição do plano temporal</p>	<p>Com a análise de mercado, foi possível concluir que as PR são muito semelhantes entre si e podem dividir-se nos seguintes três grandes tipos: lateral, frontal e envolventes.</p> <p>Com base em testemunhos de atletas e na experiência da equipa, o principal objetivo definido foi o seguinte: a nova PR deveria oferecer mais proteção que as existentes no mercado. A PR que oferece mais proteção é a envolvente, no entanto, a equipa de projeto não queria retirar vendas às grelhas frontais, por isso, optou-se por incidir nas PR laterais.</p> <p>A elaboração do plano temporal seguiu a metodologia do diagrama de Gantt e foi realizada em MS Project®. Este planeamento teve como base as referências bibliográficas apresentadas no subcapítulo 2.1.1..</p>	<p>✓</p>
------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------

Análise exploratória de produtos de concorrentes	<p>A análise exploratória teve como início a definição da lista de aplicação. Esta lista teve como base os motocicletos inscritos numa prova de enduro mundial e devido à semelhança entre grelhas frontais de radiador. Assim sendo, a lista de aplicação definida contém todos os motocicletos de TT das marcas KTM e Husqvarna entre 2017 e 2021.</p> <p>Em seguida, realizou-se uma análise qualitativa do mercado, onde se realizou o levantamento de todas as PR existentes no mercado, assim como todas as suas características. Após isto, foram definidas pela equipa de projeto quais as características mais relevantes para um praticante no momento de aquisição de uma PR. Com base no levantamento de PR realizado, e com as suas características mais relevantes, foi possível aplicar uma matriz de seleção, onde o método aplicado se encontra no anexo 2, e assim obter o índice de desempenho de cada uma das PR. Com base neste índice de desempenho, avançou-se com a aquisição de amostras para a elaboração de ensaios.</p> <p>Após a chegada das amostras, foi possível executar a modelação das mesmas, com recurso a métodos de engenharia inversa e ao Solidwork®. Estas modelações foram validadas no laboratório da Polisport, através de análise computacional de nuvem de pontos. Em paralelo com a modelação, realizaram-se testes de montagem nos vários motocicletos da lista de aplicação com o objetivo de realizar o levantamento das limitações geométricas. Em seguida foi desenvolvido um equipamento de ensaios e uma metodologia de ensaios para a realização de testes de impacto nas PR. Estes ensaios permitiram comparar as deformações entre as PR e realizar o levantamento de pontos de rotura.</p>	✓
Desenvolvimento de um método e de um equipamento de ensaio laboratorial para o estudo das PR	<p>O equipamento de ensaio teve como base um equipamento de ensaios de queda já existente no laboratório da Polisport. Este tinha como objetivo de dimensionamento, ser uma estrutura bastante robusta para suportar a violência do impacto, que permitisse a repetibilidade do ensaio e que permitisse a montagem de forma simples de todas as PR a ensaiar. Com base nisto, deu-se início à modelação com recurso ao Solidworks®. Após a modelação, passou-se à fase de seleção de material com recurso ao Diagrama de Ashby. Após a seleção de material e da modelação, foram realizadas simulações, através do método de elementos finitos, para validar a estrutura desenvolvida.</p>	✓

Após a elaboração do equipamento avançou-se para o desenvolvimento do ensaio, onde foram definidos os seguintes aspetos: a posição de montagem do equipamento, descrição do método de ensaio, definição dos parâmetros a analisar que devem constar no relatório, e definição de quais os componentes que seriam relevantes para o estudo.

Definição das diretrizes de desenvolvimento de um produto alternativo

A definição das diretrizes teve como base todo o trabalho de análise executado até à data, onde foi possível elaborar um fluxograma, com todas as etapas que o desenvolvimento de uma PR deve seguir para o seu correto dimensionamento, e a enumeração alguns pontos críticos no que diz respeito a esse mesmo desenvolvimento da PR.



Para além das diretrizes para o dimensionamento da PR, também foram enumerados alguns processos de fabrico, materiais e sugestões de *design* para a elaboração da mesma.

Para concluir, o valor de um produto para o cliente está diretamente relacionado com o seu desenvolvimento, onde a definição das bases de projeto e a interação entre membros da equipa de projeto são fundamentais.

7.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Após a finalização desta dissertação, é possível perceber que existem outras formas possíveis para a PR, para além das já existentes e apresentadas nesta dissertação.

Assim sendo, e uma vez que a Polisport tem a possibilidade de desenvolver peças plásticas para os motociclos, a sugestão de trabalhos futuros é a seguinte: a realização de um estudo relativo à possibilidade e viabilidade de inserção de um inserto metálico (do mesmo material recomendado no subcapítulo 6.2) na tampa lateral do radiador. Este inserto deve-se situar na região tangente ao radiador, possibilitando à tampa lateral de radiador a capacidade de distribuir as forças de queda, diminuindo os pontos de concentração de tensões.

Para além da tampa lateral, também devia ser ponderado o desenvolvimento de uma grelha de radiador com maior resistência a impactos laterais, uma vez que a tampa lateral de radiador tem como pontos de fixação o quadro do motociclo e a grelha de radiador, no caso da lista de aplicações apresentada.

Neste estudo de desenvolvimento da melhoria da tampa lateral de radiador e da nova grelha de radiador, devem ser realizados teste de impacto nas mesmas condições dos realizados nesta dissertação, com o objetivo de se realizar a comparação dos resultados de deformação obtidos.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

8 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] G. Schuh, M. Salmen, T. Kuhlmann, and J. Wiese, “Highly Iterative Product Development Within the Tool and Die Making Industry,” *Procedia CIRP*, vol. 61, pp. 576–581, 2017, doi: 10.1016/j.procir.2016.11.259.
- [2] J. G. Persson, “Current Trends in Product Development,” *Procedia CIRP*, vol. 50, pp. 378–383, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.05.088.
- [3] N. Carvalho, R. B. Ribeiro, and N. T. Matias, “DFMA : Metodologia para Desenvolvimento em Projetos Industriais DFMA : Metodologia para Desenvolvimento em Projetos Industriais DFMA : Methodology for Development in Industrial Projects Carvalho , Natalha Gabrieli Moreira ; Bacharelado ; FATEA / CNPq O p,” no. October, 2013.
- [4] H. R. Attar, N. Li, and A. Foster, “A new design guideline development strategy for aluminium alloy corners formed through cold and hot stamping processes,” *Mater Des*, vol. 207, p. 109856, Sep. 2021, doi: 10.1016/J.MATDES.2021.109856.
- [5] Boothroyd and Geoffrey, *Product design for manufacture and assembly*, vol. 26, no. 7. 1994.
- [6] M. José and L. Nunes, *Manuel José Lopes Nunes*. 2004. [Online]. Available: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/1016/1/Tese de Doutoramento - Manuel J. Lopes Nunes.pdf>
- [7] P. Selvaraj, P. Radhakrishnan, and M. Adithan, “An integrated approach to design for manufacturing and assembly based on reduction of product development time and cost,” *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 42, no. 1–2, pp. 13–29, 2009, doi: 10.1007/s00170-008-1580-8.
- [8] G. Boothroyd, “Product design for manufacture and assembly,” *Computer-Aided Design*, vol. 26, no. 7, pp. 505–520, 1994, doi: 10.1016/0010-4485(94)90082-5.
- [9] Q. Zhang *et al.*, “Modeling and optimal design of machining-induced residual stresses in aluminium alloys using a fast hierarchical multiobjective optimization algorithm,” *Materials and Manufacturing Processes*, vol. 26, no. 3, pp. 508–520, 2011, doi: 10.1080/10426914.2010.537421.
- [10] S. S. Mahapatra and A. Patnaik, “Optimization of wire electrical discharge machining (WEDM) process parameters using Taguchi method,” *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 34, no. 9–10, pp. 911–925, 2007, doi: 10.1007/s00170-006-0672-6.
- [11] H. Sakurai, “Automatic setup planning and fixture design for machining,” *J Manuf Syst*, vol. 11, no. 1, pp. 30–37, 1992, doi: 10.1016/0278-6125(92)90015-8.
- [12] G. Paulsen, “Tips for making sheet-metal parts,” *Machine Design*, vol. 89, no. 11, pp. 82–90, 2017.

- [13] Polisport, *Organograma interno*.
- [14] H. S. Kim, J. S. Son, and Y. T. Im, "Gate location design in injection molding of an automobile junction box with integral hinges," *J Mater Process Technol*, vol. 140, no. 1-3 SPEC., pp. 110–115, 2003, doi: 10.1016/S0924-0136(03)00700-3.
- [15] S. R. Wan Alwi, Z. A. Manan, J. J. Klemeš, and D. Huisingh, "Sustainability engineering for the future," in *Journal of Cleaner Production*, 2014. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.03.013.
- [16] "Significado de Sustentabilidade (O que é, Conceito e Definição) - Significados." <https://www.significados.com.br/sustentabilidade/> (accessed Nov. 28, 2019).
- [17] S. I. Hallstedt, "Sustainability criteria and sustainability compliance index for decision support in product development," *J Clean Prod*, vol. 140, pp. 251–266, 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.06.068.
- [18] M. Held *et al.*, "Current challenges for sustainable product development in the German automotive sector: A survey based status assessment," *J Clean Prod*, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.05.118.
- [19] "A história da moto | Moto Clube." <https://motoclube.com/artigos/historia-moto> (accessed Nov. 25, 2019).
- [20] A. Ferreira, "Projeto de concepção, desenvolvimento e avaliação experimental de componentes para suspensão de motocicletos."
- [21] "honda-motorcycle-dirt-bike-parts.png (560×240)." https://www.hondapartshouse.com/Assets/HondaHouse/Images/MINDSCAPE_HOME_PAGE_/honda-motorcycle-dirt-bike-parts.png (accessed Nov. 25, 2019).
- [22] "A Beginner's Guide to Types of Motorcycles - Motorcycle Legal Foundation." <https://www.motorcyclelegalfoundation.com/types-of-motorcycles/> (accessed Nov. 25, 2019).
- [23] "Honda-2019-CB650R-red.png (1432×895)." <https://powersportsto.com/wp-content/uploads/2019/04/Honda-2019-CB650R-red.png> (accessed Nov. 25, 2019).
- [24] "71tbBL08E8L._SX466_.jpg (466×244)." https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/71tbBL08E8L._SX466_.jpg (accessed Nov. 25, 2019).
- [25] "ducati-1299-panigale.jpg (960×640)." <https://uncrate.com/p/2014/11/ducati-1299-panigale.jpg> (accessed Nov. 25, 2019).
- [26] "2019-honda-gold-wing-tour.jpg (1920×1080)." <https://cdn.motor1.com/images/mgl/8JWQe/s1/2019-honda-gold-wing-tour.jpg> (accessed Nov. 25, 2019).
- [27] "honda-ctx700-deluxe-review-specs-motorcycle-touring-bike-ctx-700-accessories-red--1.jpg (720×465)." <http://www.hondaprokevin.com/pictures/2018-motorcycles/honda-ctx700-deluxe-review-specs-motorcycle-touring-bike-ctx-700-accessories-red--1.jpg> (accessed Nov. 25, 2019).
- [28] "PCX125.png (864×486)." <https://www.benjan.nl/wp-content/uploads/2018/06/PCX125.png> (accessed Nov. 25, 2019).

- [29] "c2_r.jpg (600×391)."
https://www.honda.pt/content/dam/central/motorcycles/off-road/CRF250R/TableProduct/side-facing-CRF250R.jpg/jcr:content/renditions/c2_r.jpg (accessed Nov. 25, 2019).
- [30] "c4.png (864×486)."
https://www.honda.pt/content/dam/central/motorcycles/colour-picker/adventure/crf1100l_at/crf1100l_at_stnd_2020/nh-a86m_matteballisticblackmetallic/crf1100l_at_stnd_2020_nh-a86m_matteballisticblackmetallic.png/_jcr_content/renditions/c4.png (accessed Nov. 25, 2019).
- [31] "Home - FMP." <https://www.fmp.pt/> (accessed May 19, 2021).
- [32] Polisport, "Catálogo Polisport," 2021.
- [33] "imagem_enduro_2021.jpg (1000×400)."
https://www.fmp.pt/wp-content/uploads/2021/03/imagem_enduro_2021.jpg (accessed May 19, 2021).
- [34] T. Azevedo, *Permutadores de Calor*. 2005.
- [35] "AOMC.mx: KTM Radiator Right Side 17-18." https://www.ktm-parts.com/mm5/merchant.mvc?Store_Code=K&Screen=PROD&Category_Code=HUSQCOOL&Product_Code=50435008100 (accessed Nov. 25, 2019).
- [36] I. 60812, "International Standard International Standard," *61010-1 @ Iec:2001*, vol. 2006, p. 13, 2006.
- [37] D. Bernardo, "Investigação Aprofundada de Acidentes com Veículos de Duas Rodas Motorizadas recorrendo a Modelos Computacionais," 2012.
- [38] I. 60812, "International Standard International Standard," *61010-1 @ Iec:2001*, vol. 2006, p. 13, 2006.
- [39] I. 60812, "International Standard International Standard," *61010-1 @ Iec:2001*, vol. 2006, p. 13, 2006.
- [40] I. 60812, "International Standard International Standard," *61010-1 @ Iec:2001*, vol. 2006, p. 13, 2006.
- [41] I. 60812, "International Standard International Standard," *61010-1 @ Iec:2001*, vol. 2006, p. 13, 2006.
- [42] I. 60812, "International Standard ISO 13232," *61010-1 @ Iec:2001*. p. 13, 2005.
- [43] I. 60812, "International Standard International Standard," 2006
- [44] I. 60812, "International Standard International Standard," *61010-1 @ Iec:2001*, vol. 2006, p. 13, 2006.
- [45] "b82c71ac52a1a0100fb8ca9904443c38.jpg (1280×720)."
<https://i.pinimg.com/originals/b8/2c/71/b82c71ac52a1a0100fb8ca9904443c38.jpg> (accessed Jan. 11, 2020).
- [46] J. Sun, Y. Yang, and D. Wang, "Mechanical properties of a Ti6Al4V porous structure produced by selective laser melting," *Mater Des*, vol. 49, pp. 545–552, 2013, doi: 10.1016/j.matdes.2013.01.038.
- [47] Z. Zhang, Y. Zhu, X. Huang, Y. Zhu, and W. Liu, "'Standing' full-scale loading tests on the mechanical behavior of a special-shape shield lining under shallowly-

- buried conditions,” *Tunnelling and Underground Space Technology*, vol. 86, no. January, pp. 34–50, 2019, doi: 10.1016/j.tust.2019.01.010.
- [48] R. Duarte and S. Gomes, “Método de Elementos Finitos,” 2020.
- [49] F. Elements, I. N. Analysis, and A. N. D. Design, “Pre- and post-processing for the finite element method,” vol. 19, pp. 243–260, 1995.
- [50] K. Ho-Le, “Finite element mesh generation methods: a review and classification,” *Computer-Aided Design*, vol. 20, no. 1, pp. 27–38, 1988, doi: 10.1016/0010-4485(88)90138-8.
- [51] J. Fish, “The s-version of the finite element method,” *Comput Struct*, vol. 43, no. 3, pp. 539–547, 1992, doi: 10.1016/0045-7949(92)90287-A.
- [52] V. N. Parthasarathy and S. Kodiyalam, “A constrained optimization approach to finite element mesh smoothing,” *Finite Elements in Analysis and Design*, vol. 9, no. 4, pp. 309–320, 1991, doi: 10.1016/0168-874X(91)90004-I.
- [53] S. P. Siebenaler and S. N. Melkote, “Prediction of workpiece deformation in a fixture system using the finite element method,” *Int J Mach Tools Manuf*, vol. 46, no. 1, pp. 51–58, 2006, doi: 10.1016/j.ijmachtools.2005.04.007.
- [54] Š. Beneš and J. Kruis, “Approximation of large data from the finite element analysis allowing fast post-processing,” *Advances in Engineering Software*, vol. 97, pp. 17–28, 2016, doi: 10.1016/j.advengsoft.2016.02.008.
- [55] “SOBRE NÓS | Polisport.” https://www.polisport.com/pt/institucional/grupo-polisport/sobre-nos_622.html (accessed Jan. 12, 2020).
- [56] “A nossa HISTÓRIA | Polisport.” https://www.polisport.com/pt/institucional/grupo-polisport/historia_623.html (accessed Jan. 12, 2020).
- [57] “Sobre nós | Polisport.” https://www.polisport.com/pt/institucional/as-nossas-empresas/polisport-plasticos-sa/sobre-nos_627.html (accessed Jan. 12, 2020).
- [58] “Polisport Plásticos S.A. | Polisport.” https://www.polisport.com/pt/institucional/as-nossas-empresas/polisport-plasticos-sa/politica-de-gestao_628.html (accessed Jan. 12, 2020).
- [59] “Orange__21541.1571866310.jpg (1280×854).” https://cdn11.bigcommerce.com/s-do8t681nx5/images/stencil/1280x1280/products/199/717/Orange__21541.1571866310.jpg?c=2&imbyypass=on (accessed Mar. 16, 2020).
- [60] “79635936044_1.jpg (499×409).” https://img-webike-370429.cdn77.org/catalogue/images/44600/79635936044_1.jpg (accessed Mar. 16, 2020).
- [61] “358-1.jpg (3508×2480).” <https://wrightmotorcycles.com.au/wp-content/uploads/2019/07/358-1.jpg> (accessed Mar. 16, 2020).
- [62] “KTM_Guards_org_f4bcf5c0-dab7-4c42-8401-a2da86e50c11_1024x1024.png (1024×499).” https://cdn.shopify.com/s/files/1/1261/8189/products/KTM_Guards_org_f4bcf5c0-dab7-4c42-8401-a2da86e50c11_1024x1024.png?v=1574105224 (accessed Mar. 16, 2020).

- [63] “ax1358.jpg (600×600).” <https://img-webike-370429.cdn77.org/catalogue/images/30456/ax1358.jpg> (accessed Mar. 16, 2020).
- [64] “WE MAKE PERFORMANCE PLASTICS.”
- [65] “post-184362-13264037202982.jpg (400×600).” https://cdn.thumpertalk.com/uploads/monthly_01_2012/post-184362-13264037202982.jpg (accessed Apr. 29, 2020).
- [66] “AHrdmuz2fGAk6ZqasnpJFe0XAqzrKg5D4Dq-hlgJg7ttUb_lzNilp-TTJ6ketw8WVH7irjrocooGD9cp5GDDftghvIUblul9HV-IFhIGjKhqGR5Vg0n (297×512).” https://lh4.googleusercontent.com/proxy/AHrdmuz2fGAk6ZqasnpJFe0XAqzrKg5D4Dq-hlgJg7ttUb_lzNilp-TTJ6ketw8WVH7irjrocooGD9cp5GDDftghvIUblul9HV-IFhIGjKhqGR5Vg0n (accessed Apr. 29, 2020).
- [67] “ktm-350-excf-radiator-guards_2.jpg (750×750).” https://p2h4s9p3.stackpathcdn.com/pub/media/catalog/product/cache/8293777dc7fa474a0c75ca8758b58398/k/t/ktm-350-excf-radiator-guards_2.jpg (accessed Apr. 29, 2020).
- [68] “husky-fe-350-radiator-guards-1_3.jpg (750×750).” https://p2h4s9p3.stackpathcdn.com/pub/media/catalog/product/cache/8293777dc7fa474a0c75ca8758b58398/h/u/husky-fe-350-radiator-guards-1_3.jpg (accessed Apr. 29, 2020).
- [69] “Video, Extreme Lagares XL 2018, Melhores momentos – Motoraid On Line.” <http://motoraid.com.br/video-extreme-lagares-xl-2018-melhores-momentos/> (accessed May 15, 2020).
- [70] “78108999000_jogo_autocolantes_ktm_protectores_radiador_ml_1200x1200.jpg (1000×1000).” https://cdn.shopify.com/s/files/1/0020/7768/7843/products/78108999000_jogo_autocolantes_ktm_protectores_radiador_ml_1200x1200.jpg?v=1555688333 (accessed Mar. 17, 2020).
- [71] “65479-te-300i-jarvis-edition-2020-1024x683.jpg (1024×683).” <https://offroadmoto.motosport.com.pt/wp-content/uploads/2019/11/65479-te-300i-jarvis-edition-2020-1024x683.jpg> (accessed May 01, 2020).
- [72] “92035755-outline-drawing-of-motorcycle-side-top-and-front-view-detailed-isolated-blueprint-of-motorbike-on-wh.jpg (1300×866).” <https://previews.123rf.com/images/movlievyevgenii/movlievyevgenii1712/movlievyevgenii171200021/92035755-outline-drawing-of-motorcycle-side-top-and-front-view-detailed-isolated-blueprint-of-motorbike-on-wh.jpg> (accessed Jul. 15, 2021).
- [73] D. da República, “Decreto-Lei n.º 133/2010 - Ministério das obras públicas, transportes e comunicações,” pp. 4482–4490, 2007.
- [74] “Gasolina 98-Aditivada.”

- [75] “2020 Husqvarna FE 501 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fe_501_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [76] “2019 Husqvarna FE 501 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fe_501_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [77] “2017 Husqvarna FE 501 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fe_501_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [78] “2018 Husqvarna FE 501 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fe_501_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [79] “FE 450.” <https://www.husqvarna-motorcycles.com/hu/enduro/4-stroke/fe-450/> (accessed May 13, 2020).
- [80] “2019 Husqvarna FE 450 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fe_450_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [81] “2018 Husqvarna FE 450 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fe_450_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [82] “2017 Husqvarna FE 450 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fe_450_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [83] “2020 Husqvarna FE 350 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fe_350_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [84] “2019 Husqvarna FE 350 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fe_350_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [85] “2018 Husqvarna FE 350 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fe_350_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [86] “2017 Husqvarna FE 350 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fe_350_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [87] “2017 Husqvarna FE 250 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fe_250_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [88] “2019 Husqvarna FE 250 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fe_250_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [89] “FE 250.” <https://www.husqvarna-motorcycles.com/en/enduro/4-stroke/fe-250/> (accessed May 13, 2020).

- [90] "TE 300i." <https://www.husqvarna-motorcycles.com/en/enduro/2-stroke/te-300i/> (accessed May 13, 2020).
- [91] "2019 Husqvarna TE 300i specifications and pictures." https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_te_300i_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [92] "2018 Husqvarna TE 300 specifications and pictures." https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_te_300_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [93] "2017 Husqvarna TE 300 specifications and pictures." https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_te_300_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [94] "2020." <https://www.husqvarna-motorcycles.com/us/off-road/2-stroke/te-250i/> (accessed May 13, 2020).
- [95] "2019 Husqvarna TE 250i specifications and pictures." https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_te_250i_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [96] "2018 Husqvarna TE 250 specifications and pictures." https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_te_250_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [97] "2017 Husqvarna TE 250 specifications and pictures." https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_te_250_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [98] "Husqvarna TE 125 | 2016 | specs & pictures." https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_te_125_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [99] "2020 Husqvarna TE 150i specifications and pictures." https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_te_150i_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [100] "2019 Husqvarna TE 150 specifications and pictures." https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_te_150_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [101] "2018 Husqvarna TE 150 specifications and pictures." https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_te_150_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [102] "2017 Husqvarna TE 150 specifications and pictures." https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_te_150_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [103] "2020 Husqvarna FX 450 specifications and pictures." https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fx_450_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [104] "2019 Husqvarna FX 450 specifications and pictures." https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fx_450_2019.php (accessed May 13, 2020).

- [105] “2018 Husqvarna FX 450 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fx_450_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [106] “2017 Husqvarna FX 450 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fx_450_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [107] “2020 Husqvarna FX 350 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fx_350_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [108] “2019 Husqvarna FX 350 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fx_350_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [109] “2018 Husqvarna FX 350 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fx_350_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [110] “2017 Husqvarna FX 350 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fx_350_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [111] “2019 Husqvarna TX 300 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_tx_300_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [112] “2018 Husqvarna TX 300 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_tx_300_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [113] “2017 Husqvarna TX 300 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_tx_300_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [114] “2020 Husqvarna FC 450 Rockstar Edition specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fc_450_rockstar_edition_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [115] “2019 Husqvarna FC 450 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fc_450_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [116] “2018 Husqvarna FC 450 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fc_450_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [117] “2017 Husqvarna FC 450 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fc_450_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [118] “Husqvarna FC 450 | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fc_450_2016.php (accessed May 13, 2020).

- [119] “2020 Husqvarna FC 350 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fc_350_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [120] “2019 Husqvarna FC 350 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fc_350_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [121] “2018 Husqvarna FC 350 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fc_350_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [122] “2017 Husqvarna FC 350 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fc_350_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [123] “Husqvarna FC 350 | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fc_350_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [124] “2020 Husqvarna FC 250 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fc_250_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [125] “2019 Husqvarna FC 250 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fc_250_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [126] “Husqvarna FC 250 | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fc_250_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [127] “2018 Husqvarna FC 250 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fc_250_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [128] “2017 Husqvarna FC 250 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_fc_250_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [129] “2020 Husqvarna TC 250 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_tc_250_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [130] “2019 Husqvarna TC 250 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_tc_250_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [131] “2018 Husqvarna TC 250 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_tc_250_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [132] “2017 Husqvarna TC 250 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_tc_250_2017.php (accessed May 13, 2020).

- [133] “2019 Husqvarna TC 125 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_tc_125_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [134] “2018 Husqvarna TC 125 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_tc_125_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [135] “2017 Husqvarna TC 125 specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_tc_125_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [136] “Husqvarna TC 125 | 2016 especificações e fotos.”
https://bikez.com/motorcycles/husqvarna_tc_125_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [137] “2017 KTM 300 EXC specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_300_exc_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [138] “KTM 300 EXC | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_300_exc_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [139] “KTM 250 EXC | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_exc_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [140] “2020 KTM 500 EXC-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_500_exc-f_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [141] “2019 KTM 500 EXC-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_500_exc-f_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [142] “2018 KTM 500 EXC-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_500_exc-f_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [143] “2019 KTM 450 EXC-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_450_exc-f_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [144] “2018 KTM 450 EXC-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_450_exc-f_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [145] “2017 KTM 450 EXC-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_450_exc-f_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [146] “2020 KTM 350 EXC-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_350_exc-f_2020.php (accessed May 13, 2020).

- [147] “2019 KTM 350 EXC-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_350_exc-f_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [148] “2018 KTM 350 EXC-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_350_exc-f_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [149] “2017 KTM 350 EXC-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_350_exc-f_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [150] “KTM 350 EXC-F | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_350_exc-f_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [151] “2020 KTM 250 EXC-F Six days specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_exc-f_six_days_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [152] “2019 KTM 250 EXC-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_exc-f_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [153] “2018 KTM 250 EXC-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_exc-f_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [154] “2017 KTM 250 EXC-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_exc-f_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [155] “KTM 250 EXC-F | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_exc-f_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [156] “KTM 500 EXC | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_500_exc_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [157] “KTM 450 EXC | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_450_exc_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [158] “2020 KTM 300 EXC TPI specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_300_exc_tpi_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [159] “2019 KTM 300 EXC TPI specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_300_exc_tpi_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [160] “2018 KTM 300 EXC TPI specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_300_exc_tpi_2018.php (accessed May 13, 2020).

- [161] “2017 KTM 300 EXC specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_300_exc_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [162] “KTM 300 EXC | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_300_exc_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [163] “2020 KTM 250 EXC TPI Six Days specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_exc_tpi_six_days_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [164] “2019 KTM 250 EXC TPI specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_exc_tpi_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [165] “2018 KTM 250 EXC TPI specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_exc_tpi_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [166] “2017 KTM 250 EXC specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_exc_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [167] “KTM 250 EXC | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_exc_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [168] “KTM 200 EXC | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_200_exc_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [169] “2020 KTM 450 SX-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_450_sx-f_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [170] “2019 KTM 450 SX-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_450_sx-f_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [171] “2018 KTM 450 SX-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_450_sx-f_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [172] “2017 KTM 450 SX-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_450_sx-f_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [173] “KTM - READY TO RACE.” <https://www.ktm.com/pt/mx/350-sx-f/> (accessed May 13, 2020).
- [174] “2019 KTM 350 SX-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_350_sx-f_2019.php (accessed May 13, 2020).

- [175] “2018 KTM 350 SX-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_350_sx-f_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [176] “2017 KTM 350 SX-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_350_sx-f_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [177] “2020 KTM 250 SXF Prado specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_sxf_prado_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [178] “2019 KTM 250 SX-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_sx-f_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [179] “2018 KTM 250 SX-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_sx-f_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [180] “2017 KTM 250 SX-F specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_sx-f_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [181] “2020 KTM 250 SX specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_sx_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [182] “2019 KTM 250 SX specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_sx_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [183] “2018 KTM 250 SX specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_sx_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [184] “2017 KTM 250 SX specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_sx_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [185] “KTM 250 SX | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_250_sx_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [186] “KTM 150 SX | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_150_sx_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [187] “KTM 125 SX | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_125_sx_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [188] “KTM 200 EXC | 2016 | specs & pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_200_exc_2016.php (accessed May 13, 2020).
- [189] “2020 KTM 150 SX specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_150_sx_2020.php (accessed May 13, 2020).
- [190] “2019 KTM 150 SX specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_150_sx_2019.php (accessed May 13, 2020).
- [191] “2018 KTM 150 SX specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_150_sx_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [192] “2017 KTM 150 SX specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_150_sx_2017.php (accessed May 13, 2020).

- [193] “2018 KTM 125 SX specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_125_sx_2018.php (accessed May 13, 2020).
- [194] “2017 KTM 125 SX specifications and pictures.”
https://bikez.com/motorcycles/ktm_125_sx_2017.php (accessed May 13, 2020).
- [195] “Metalshub - Os índices de preços de metais mais confiáveis.”
https://www.metals-hub.com/data/?gclid=CjwKCAiAsYyRBhACEiwAkJFKonJxStsMhF4xN533633nw5_WTHbq5NFpOWY-Vexm-O4CDoHW_o6cARoCekwQAvD_BwE (accessed Mar. 05, 2022).
- [196] “5719770-desenhado-a-mao-com-uma-marca-de-selecao-verde-e-uma-cruz-vermelha-isolada-em-fundo-branco-ilustracaoial-de-icone-certo-e-errado-grátis-vetor.jpg (1920×1344).” <https://static.vecteezy.com/ti/vetor-gratis/p3/5719770-desenhado-a-mao-com-uma-marca-de-selecao-verde-e-uma-cruz-vermelha-isolada-em-fundo-branco-ilustracaoial-de-icone-certo-e-errado-gr%C3%A1tis-vetor.jpg> (accessed Aug. 13, 2022).
- [197] “Protection De Radiateur enduro et motocross.” <https://www.axp-racing.com/en/mx-enduro/protections-de-radiateur/> (accessed Mar. 27, 2020).
- [198] “5e2dc64dd4b763b90c01343bcd76e582 (1024×768).” https://media.axp-racing.com/.cache/produits/AX1142_2.jpg/5e2dc64dd4b763b90c01343bcd76e582 (accessed Mar. 27, 2020).
- [199] “aea89d2b26cb32ec62793e4f2e71c400 (1024×683).” https://media.axp-racing.com/.cache/produits/AX1173_2.jpg/aea89d2b26cb32ec62793e4f2e71c400 (accessed Mar. 27, 2020).
- [200] “Guards.”
https://enduroeng.com/index.php?route=product/category&path=60_62 (accessed Mar. 27, 2020).
- [201] “12-114 Rad-500x500.JPG (500×500).”
<https://enduroeng.com/image/enduro/cache/enduro/catalog/12-114 Rad-500x500.JPG> (accessed Mar. 31, 2020).
- [202] “12-017-2 Rad-500x500.JPG (500×500).”
<https://enduroeng.com/image/enduro/cache/enduro/catalog/12-017-2 Rad-500x500.JPG> (accessed Mar. 31, 2020).
- [203] “Works Connection.” <https://www.worksconnection.com/> (accessed Apr. 02, 2020).
- [204] “Radiator Braces - worksconnection.com.”
<https://www.worksconnection.com/p18130-radiator-braces> (accessed Apr. 02, 2020).
- [205] “Radiator protection.” <http://www.7602racing.com/category-s/130.htm> (accessed Apr. 02, 2020).
- [206] “KTM-RB04-2T.jpg (400×300).”
<http://cdn3.volusion.com/nudkx.psjxc/v/vspfiles/photos/KTM-RB04-2T.jpg?v-cache=1523113755> (accessed Apr. 02, 2020).

- [207] "KTM-BRB01-2T.png (400×360)."
<http://cdn3.volusion.com/nudkx.psjxc/v/vspfiles/photos/KTM-BRB01-2T.png?v-cache=1572978256> (accessed Apr. 02, 2020).
- [208] "GYTR - Yamaha Performance Parts & Accessories | ShopYamaha.com."
<https://shopyamaha.com/GYTR> (accessed Apr. 02, 2020).
- [209] "B3J-E24D0-V0-00_01.jpg (1024×1024)."
https://img-webike-370429.c.cdn77.org/catalogue/images/63681/B3J-E24D0-V0-00_01.jpg (accessed Apr. 02, 2020).
- [210] "Accessories." <https://www.husqvarna-motorcycles.com/en/accessories/> (accessed Apr. 06, 2020).
- [211] "PowerParts." <https://www.ktm.com/ktmpowerparts/> (accessed Apr. 06, 2020).
- [212] "CrossPro." <https://www.crosspro.pt/> (accessed Apr. 07, 2020).
- [213] "4MX - Racing Products." <https://www.4mxracing.pt/#> (accessed Apr. 17, 2020).
- [214] "Protecção-Radiador.jpg (600×800)."
<https://www.4mxracing.pt/wp-content/uploads/2016/06/Protecção-Radiador.jpg> (accessed Apr. 17, 2020).
- [215] "Radiator-Guad-Beta-RR-2T-300x400.jpg (300×400)."
<https://www.4mxracing.pt/wp-content/uploads/2018/06/Radiator-Guad-Beta-RR-2T-300x400.jpg> (accessed Apr. 17, 2020).
- [216] "Dirt Bike Foot Pegs - MX Parts and Motocross Gear | Flo Motorsports."
<https://flomotorsports.com/> (accessed Apr. 17, 2020).
- [217] "KTM_Guards_org_f4bcf5c0-dab7-4c42-8401-a2da86e50c11_1024x1024.png (1024×499)."
https://cdn.shopify.com/s/files/1/1261/8189/products/KTM_Guards_org_f4bcf5c0-dab7-4c42-8401-a2da86e50c11_1024x1024.png?v=1574105224 (accessed Apr. 17, 2020).
- [218] "Trail Tech | | ATV, UTV, Motorcycle Gauges, GPS & Accessories."
<https://www.trailtech.net/> (accessed Apr. 20, 2020).
- [219] "Motorcycle Accessories, Dirt Bike Accessories - B&B Off Road."
<https://bboffroad.com.au/> (accessed Apr. 21, 2020).
- [220] "Start Racing - Acessórios para motocicletas." <http://www.startracing.com.br/> (accessed Apr. 21, 2020).
- [221] "256_2.jpg (900×900)."
http://www.startracing.com.br/images/produtos/256_2.jpg (accessed Apr. 21, 2020).
- [222] "Unabiker." <https://www.unabiker.com/> (accessed Apr. 21, 2020).
- [223] G. Sem and C. Euro, "Especificações técnicas de produtos combustíveis." pp. 1–2, 2015. [Online]. Available: [https://www.cepsa.com/stfls/CepsaPt/O Que Oferecemos/Combustíveis/Ficheros_Combustíveis/Gasolina simples sPB 95 \(Rev.0-Mai.15\).pdf](https://www.cepsa.com/stfls/CepsaPt/O%20Que%20Oferecemos/Combustíveis/Ficheros_Combustíveis/Gasolina%20simples%20SPB%2095%20(R%20Rev.0-Mai.15).pdf)

ANEXOS

9 ANEXOS

9.1 Anexo 1

Apresentação dos produtos da concorrência

No mercado, existem várias marcas especializadas no desenvolvimento de proteções para motocicletas de TT, que já possuem este tipo de proteções no seu catálogo de produtos. Em seguida será feita uma apresentação das mesmas.

A. AXP Racing

A AXP Racing é uma empresa Francesa especializada em proteções. No seu catálogo de proteções, é possível encontrar as PR para as seguintes marcas: Beta, Gas-Gas, Honda, Husqvarna, KTM, Kawasaki, Sherco, Suzuki, SWM, TM Racing e Yamaha. As PR disponíveis são do tipo lateral ou envolvente, e têm um custo médio de 95 euros [197]. Nas Figura 117 e Figura 118, é possível observar um exemplo de uma PR para um motociclo KTM.

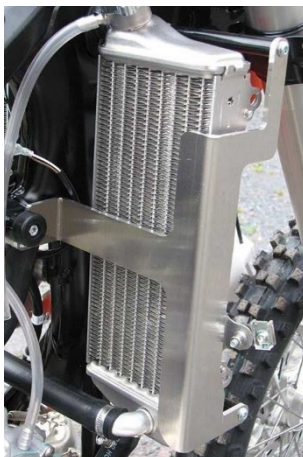


Figura 117 - PR Direita AXP Racing [198]



Figura 118 - PR AXP Racing [199]

B. Enduro Engineering

A Enduro Engineering é uma empresa sediada nos Estados Unidos e especializada no desenvolvimento de proteções e acessórios para motocicletas de todo terreno. No que se refere às PR a Enduro Engineering, tem presente no seu catálogo PR para as marcas

seguintes marcas: Beta, Gas-Gas, Honda, Husqvarna, KTM, Kawasaki, Sherco, Suzuki, Husaberg e Yamaha. Estas proteções podem ser frontais, laterais ou envolventes e tem um custo médio de 95 euros [200]. Nas Figura 119 e Figura 120, é possível observar um exemplo de uma PR Envolvente e Frontal da Enduro Engineering.



Figura 119 - PR Enduro Engineering Envolvente [201]



Figura 120 - PR Enduro Engineering Frontal [202]

C. Works Connection

A Works Connection é uma empresa sediada nos Estados Unidos e é especializada no desenvolvimento de proteções e acessórios para motociclos de TT. No que se refere às PR, a Works Connection tem disponível no seu catálogo PR para as seguintes marcas: Honda, KTM, Kawasaki, Suzuki e Yamaha. As proteções desenvolvidas por esta empresa são proteções laterais, e têm um custo médio de 95 euros [203]. Na Figura 121 é possível observar um exemplo de uma PR lateral da Works Connection.



Figura 121 - PR Lateral Works Connection [204]

D. 7602 Racing

A 7602 Racing é uma empresa sediada nos Estados Unidos, especializada no desenvolvimento de proteções e acessórios para motociclos de TT. No que se refere às PR a 7602 Racing, têm presente na sua lista de aplicações as seguintes marcas: KTM e

Husqvarna. As proteções desenvolvidas por esta empresa são proteções do tipo frontal e envolvente, e os seus valores médios encontram-se nos 95 euros, para proteções frontais, e 145 euros para proteções envolventes [205]. Nas Figura 122 e Figura 123, é possível observar um exemplo de uma PR Frontal e Envolvente da 7602 Racing.



Figura 122 - PR 7602 Racing Envolvente [206]



Figura 123 - PR 7602 Racing Lateral [207]

E. Yamaha GTYR

A Yamaha GTYR é a linha *aftermarket* da Yamaha de peças e acessórios de alto rendimento desenvolvidos pela Yamaha para os seus motociclos. A Yamaha GTYR possui na sua lista de produtos as PR, proteções estas que são do tipo lateral e têm um custo médio de 145 euros [208]. Na Figura 124 é possível observar um exemplo de uma PR Lateral da Yamaha GTYR.



Figura 124 - PR Yamaha GTYR [209]

F. KTM Power Parts e Husqvarna accessories

A KTM Power Parts e a Husqvarna accessories são a linha *aftermarket* de peças e acessórios de alto rendimento desenvolvidos pela KTM/Husqvarna para os motociclos da KTM e Husqvarna. Como estas duas marcas partilham grande parte das peças entre si, uma vez que são propriedade da KTM, a KTM Power Parts e Husqvarna accessories

também partilham muitas dessas peças e acessórios de alto rendimento. No caso das PR, essa partilha não foi exceção e, por isso, é possível encontrar as mesmas PR para os motociclos da KTM e Husqvarna. Estas são do tipo lateral e frontal, e têm um custo médio de 112,5 euros [210], [211]. Nas Figura 125, Figura 126 e

Figura 127, é possível observar exemplos de PR da KTM Power Parts e a Husqvarna accessories.



Figura 125 - Proteção Lateral de Radiador em Alumínio KTM/Husqvarna



Figura 126- Proteção Lateral de Radiador em Aço KTM/Husqvarna



Figura 127- Proteção Frontal de Radiador em Não Metálico KTM/Husqvarna

G. CrossPro

A CrossPro é uma empresa Portuguesa especializada em proteções e acessórios para motociclos. No que se refere às PR, a CrossPro tem presente no seu catálogo PR dos tipos laterais e integrais, produzidas em alumínio. Dentro das PR laterais, a CrossPro disponibiliza produtos para as seguintes marcas: AJP, Beta, BMW, GasGas, Honda, Husaberg, KTM, Husqvarna, Kawasaki, Sherco, TM Racing e Yamaha. Já no caso das proteções integrais o número de modelos disponíveis diminui, tendo apenas para as seguintes marcas: Honda, KTM, Husqvarna, Kawasaki e Suzuki. Uma característica

diferenciadora destas PR é o seu *design*, uma vez que a CrossPro oferece a seguinte gama de cores para cada proteção: amarelo, azul, branco, *ice polish*, laranja, preto, preto texturado, verde e vermelho. Esta tem um valor médio de 95 euros, e pode variar com o tipo de acabamento pretendido e o tipo de proteção [212]. Nas Figura 128 e Figura 129 é possível observar um exemplo de uma PR Lateral e integral da CrossPro.



Figura 128 - PR Lateral CrossPro



Figura 129 - PR Integral CrossPro

H. 4MX

A 4MX é uma empresa localizada em Portugal, focada na venda de peças, acessórios e ferramentas para motociclos de TT. Dentro da sua vasta gama de produtos, é possível encontrar as PR para motociclos das seguintes marcas: AJP, Aprilia, Beta, BMW, Gas Gas, Honda, Husaberga, Husqvarna, Kawasaki, KTM, Sherco, Suzuki, TM e Yamaha. Estas proteções são, habitualmente, do tipo lateral, fabricadas em alumínio 6061 T6, e têm um custo médio de 70 euros [213]. Nas Figura 130 e Figura 131, é possível encontrar dois exemplos de PR da 4MX.



Figura 130 - Proteção Lateral de Radiador 4MX [214]



Figura 131 - Proteção Lateral de Radiador 4MX [215]

I. FLO Motosports

A FLO Motosports é uma empresa localizada nos Estados Unidos, focada na venda de acessórios para motocicletas de TT e estrada. Na sua vasta gama de produtos, é possível encontrar as PR para motocicletas, de TT, das seguintes marcas: Husqvarna, KTM e Yamaha. Estas proteções são do tipo frontal, fabricadas em alumínio maquinado, e têm um custo médio de 290 euros [216]. Na Figura 132, é possível encontrar um exemplo de PR da FLO Motosports.



Figura 132 - PR Frontal FLO Motosports [217]

J. Trail Tech

A Trail Tech é uma empresa localizada nos Estados Unidos focada na venda de manómetros digitais, ventiladores de radiador, descansos, PR e acessórios para motocicletas de TT. As PR desenvolvidas por esta empresa são do tipo frontal, fabricação em alumínio maquinado e apresentam um custo médio de 180 euros. Estas proteções contêm na sua lista de aplicação as seguintes marcas: Husqvarna, Husaberg e KTM [218]. Na Figura 133, é possível encontrar um exemplo de PR da Trail Tech.



Figura 133 - PR Frontal Trail Tech

K. B&B Off-Road

A B&B Off-Road é uma empresa Australiana especializada no desenvolvimento de acessórios e peças para Motociclos de TT e *Maxi-Trail*. Dentro desta vasta gama de produtos, é possível encontrar as PR do tipo envolvente, produzidas em alumínio e com um custo médio de 150 euros. Estas proteções abrangem as seguintes marcas: Sherco, BMW, Honda, Husaberg, Husqvarna, Kawasaki, KTM, Suzuki, Yamaha e Beta, tendo uma maior lista de modelos disponíveis nas marcas: Honda, Husqvarna, KTM e Yamaha [219]. Na Figura 134 é possível observar um exemplo de PR para um motociclo KTM.



Figura 134 - PR envolvente B&B Off-Road

L. Start Racing

A Start Racing é uma empresa brasileira focada no fabrico de peças e acessórios para motociclos de TT, estrada e *Maxi-Trail*. Dentro da sua vasta gama de produtos, é possível encontrar as PR para motociclos das seguintes marcas: Husaberg, KTM, Husqvarna, Kawasaki, Beta, MXF, Yamaha, Honda, Suzuki, Gas Gas, Sherco, TM, Mormai, AJP e SWM. Estas, normalmente, são do tipo lateral, fabricadas em alumínio com um acabamento anodizado, lacado ou em bruto, e têm um custo médio de 65 euros [220]. Na Figura 135 é possível observar um exemplo de PR da marca Start Racing para um motociclo KTM.



Figura 135 - PR Lateral Start Racing [221]

M. UNABIKER

A Unabiker é uma empresa sediada no Estados Unidos focada no fabrico de peças e acessórios para motociclos de TT. Dentro da sua vasta gama de produtos, é possível encontrar as PR para motociclos das seguintes marcas: Husaber, KTM, Husqvarna, Kawasaki, Beta, Yamaha, Honda, Suzuki e Gas Gas. Estas são fabricadas em alumínio maquinado, e têm um acabamento em bruto ou lacado. Na sua lista de PR da Unabiker é possível perceber que a grande maioria são do tipo lateral e têm um custo médio de 120 euros [222]. Na Figura 136 é possível observar um exemplo de PR da marca UNABIKER para um motociclo KTM.



Figura 136 - PR Lateral UNABIKER [221]

Após a análise executada, é possível concluir que estas proteções, habitualmente, são metálicas (alumínio), e que podem ser divididas em três tipos de proteção: frontal, lateral e envolvente. No capítulo seguinte, serão apresentados com mais detalhe três tipos de PR e qual a sua função.

9.2 Anexo 2

Método utilizado para a matriz de seleção

A matriz de seleção divide-se em várias Propriedades/Atributos, cada uma com o seu peso (ω_i). Em cada Propriedade/Atributo, são apresentados os seguintes dados: Valor da Propriedade correspondente à peça em estudo (A), a propriedade ponderada da peça em estudo (B) e o desempenho da peça referente a esta propriedade (C).

A propriedade ponderada é calculada da seguinte forma:

- a) Quando é desejável que o valor da propriedade seja o maior possível (\uparrow):

$$\beta = \frac{\text{Valor numérico da propriedade do material}}{\text{Maior valor da propriedade entre os vários materiais candidatos}} \times 100$$

- b) Quando é desejável que o valor da propriedade seja o menor possível (\downarrow):

$$\beta = \frac{\text{Menor valor da propriedade entre os vários materiais candidatos}}{\text{Valor numérico da propriedade do material}} \times 100$$

O desempenho da peça referente a esta propriedade é calculado da seguinte forma:

$$C: \omega_i \times \beta_i$$

O índice de desempenho é calculado através do somatório do desempenho da peça em cada uma das propriedades.

$$\text{Índice de desempenho: } \gamma = \sum (\omega_i \times \beta_i)$$

Tabela 41 - Matriz de Seleção Exemplo

Matriz de seleção											
Proteção de Radiador	PROPRIEDADES / ATRIBUTOS										γ - ÍNDICE DE DESEMPENHO
	Custo	Nível de proteção	Design	Massa	Pontos de fixação ao quadro						
	Definição da propriedade ponderada (Maior/Menor)										
Exemplo	$\frac{A_1}{B_1}$	C_1	$\frac{A_2}{B_2}$	C_2	$\frac{A_3}{B_3}$	C_3	$\frac{A_4}{B_4}$	C_4	$\frac{A_5}{B_5}$	C_5	$C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$

Determinação do índice de desempenho: $\gamma = \sum (\omega_i \times \beta_i)$

MATERIAL			PROPRIEDADES / ATRIBUTOS												ÍNDICE DE DESEMPENHO γ
			1-		2-		3-		4-		5-		6-		
			$\omega_1=$		$\omega_2=$		$\omega_3=$		$\omega_4=$		$\omega_5=$		$\omega_6=$		
1-	A	C													
	B														
2-	A	C													
	B														
3-	A	C													
	B														
4-	A	C													
	B														
5-	A	C													
	B														
6-	A	C													
	B														

9.3 Anexo 3

Cálculo da matriz de seleção

Para o cálculo da matriz de seleção não foram incluídas todas as PR apresentadas, uma vez que, algumas delas não tinham PR para os motociclos das marcas KTM e Husqvarna.

Tabela 42 - Matriz de Seleção das PR existentes no mercado

Matriz de seleção											
Proteção de Radiador	PROPRIEDADES / ATRIBUTOS										γ - ÍNDICE DE DESEMPENHO
	Custo		Nível de proteção		Design		Massa		Pontos de fixação ao quadro		
	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	
A. AXP Racing	90 322,2	1288,9	50 50	400	60 60	60	50 100	400	4 100	266,7	2415,6
B. Enduro Engineering	100 290	1160	50 50	400	60 60	60	100 100	200	4 66,7	266,7	2086,7
D. 7602 Racing	145 200	800	100 100	800	100 100	100	100 100	200	4 66,7	266,7	2166,7
F. KTM Power Parts e Husqvarna accessories	50 580	2350	30 30	240	60 60	60	50 200	400	4 66,7	266,7	3286,7
G. CrossPro	95 305,7	1221,1	50 50	400	100 100	100	50 200	400	6 100	400	2521,1
I. FLO Motosports	290 100	400	30 30	250	100 100	100	50 200	400	4 66,7	266,7	1406,7
J. Trail Tech	180 161,1	644,4	30 30	240	100 100	100	50 200	400	4 66,7	266,7	1651,1
K. B&B Off-Road	150 193,3	773,3	100 100	800	60 60	60	100 100	200	6 100	400	2233,3
L. Start Racing	75 386,67	1546,7	50 50	400	100 100	100	50 200	400	4 66,7	266,7	2713,3
M. UNABIKER	100 290	1160	100 100	800	40 40	40	100 100	200	4 66,7	266,7	2466,7

9.4 Anexo 4

Apresentação das amostras selecionadas

Neste anexo encontra-se uma apresentação das amostras selecionadas. Nesta apresentação são inumerados os componentes que as mesmas contem assim como as características relevantes para o estudo. A origem de cada uma das PR assim como a breve introdução encontra-se no Anexo 1.

A. CROSSPRO

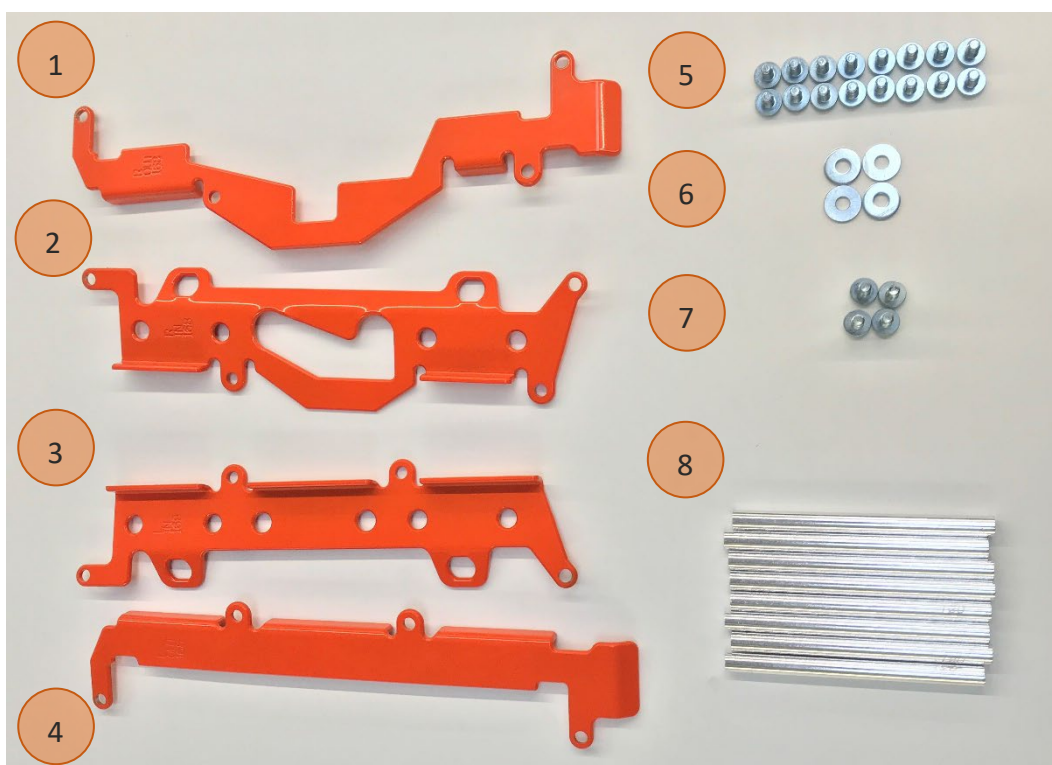


Figura 137 - Componentes da PR CROSSPRO

Tabela 43 - Lista de Componentes da PR CROSSPRO

Identificação	Componentes	Quantidade
1	Suporte Exterior D	1
2	Suporte Interior D	1
3	Suporte Interior E	1
4	Suporte Exterior E	1
5	Parafusos aço inoxidável sextavado interior – M6 x 12	16
6	Anilhas aço inoxidável – M8	4
7	Parafusos aço inoxidável sextavado interior – M8 x 16	4
8	Espaçadores	8

Tabela 44 - Caracterização PR CROSSPRO

Caracterização		
Aplicação	Husqvarna FE 250	2017-2018
	Husqvarna FE 350	2017-2018
	Husqvarna FE 450	2017-2018
	Husqvarna FE 501	2017-2018
	Husqvarna TE 150	2019
	Husqvarna TE 250	2017-2018
	Husqvarna TE 300	2017-2018
	Husqvarna TX 125	2019
	KTM125 EXC	2017
	KTM 125 SX	2019
	KTM 125 XC-W	2017-2018
	KTM 150 XC-W	2017-2018
	KTM 250 EXC	2017-2018
	KTM 250 EXC-F	2017-2018
	KTM 250 XC-W	2017-2018
	KTM 300 EXC	2017-2018
	KTM 300 XC-W	2017-2018
	KTM 350 EXC-F	2017-2019
KTM 450 EXC-F	2017-2019	
KTM 500 EXC-F	2017-2019	
Massa	645 g	
Material	Alumínio	
Tipo de proteção	Lateral	
Acabamento	Lacado	

B. UNABIKER



Figura 138 - Componentes PR UNABIKER

Tabela 45 - Lista de Componentes da PR UNABIKER

Identificação	Componentes	Quantidade
1	Suporte Exterior R	1
2	Grelha Frontal R	1
3	Suporte Interior R	1
4	Suporte Interior L	1
5	Grelha Frontal L	1
6	Suporte Exterior L	1
7	Parafusos aço inoxidável sextavado exterior – M6 x 12	11
8	Parafusos aço inoxidável sextavado interior – M6 x 12	13
9	Anilhas aço inoxidável – M6	22
10	Suporte Conta Horas	1
11	Espaçador Curto	1
12	Espaçador Longo	10
13	Manual de montagem	1

Tabela 46 - Características PR UNABIKER

Características	
Aplicação	KTM e Husqvarna 2019
-Massa:	1151 g
-Material:	Alumínio
Tipo de proteção	Integral
Acabamento	Bruto

C. Start Racing



Figura 139 - Componentes da PR Start Racing

Tabela 47 - Lista de Componentes da PR Start Racing

Identificação	Componentes	Quantidade
1	Proteção D	1
2	Espaçador	1
3	Manual de Utilizador	1
4	Proteção E	1
5	Parafusos aço inoxidável sextavado interior – M8	4
5	Parafusos aço inoxidável sextavado interior – M6	4
5	Anilhas aço inoxidável – M8	4
5	Anilhas aço inoxidável – M6	4

Tabela 48 - Caracterização PR Start Racing

Caracterização		
Aplicação	KTM 125/250/300 2T	2017
	KTM 250/350/450 4T	2017
Massa	776 g	
Material	Alumínio	
Tipo de proteção	Lateral	
Acabamento	Anodizado, lacado ou polido	

D. B&B Off-Road



Figura 140 - Componentes PR B&B Off-Road

Tabela 49 - Lista de Componentes PR B&B Off-Road

Identificação	Componentes	Quantidade
1	Aro Frontal E	1
2	Aro Frontal D	1
3	Grelha Frontal E	1
4	Grelha Frontal D	1
5	Suporte Interior D	1
6	Suporte Interior E	1
7	Parafusos aço inoxidável sextavado interior cónico – M8 x 90	1
8	Suporte Exterior E	1
9	Suporte Exterior D	1
10	Parafusos aço inoxidável sextavado interior – M6 x 20	10
11	Parafusos aço inoxidável sextavado interior – M6 x 16	6
12	Casquilho 20 x 10 mm	2
13	Casquilho 18 x 6 mm	2
14	Anilhas aço inoxidável – M6	14
15	Manual de Montagem	1

Tabela 50 – Caracterização da PR B&B Off-Road

Caracterização		
Aplicação	KTM 450/500 EXC-F	2017-2019
	HUSQVARNA FE450/501	2017-2018
Massa	2293 g	
Material	Alumínio	
Tipo de proteção	Integral	
Acabamento	Bruto	

9.5 Anexo 5

Massa volúmica da GASOLINA SIMPLES S/Pb 95 OCTANAS [223]



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE PRODUTOS COMBUSTÍVEIS

DENOMINAÇÃO COMERCIAL: GASOLINA SIMPLES S/Pb 95 OCTANAS

DENOMINAÇÃO GENÉRICA: GASOLINA SEM CHUMBO EURO SUPER

REVISÃO N.º: 0

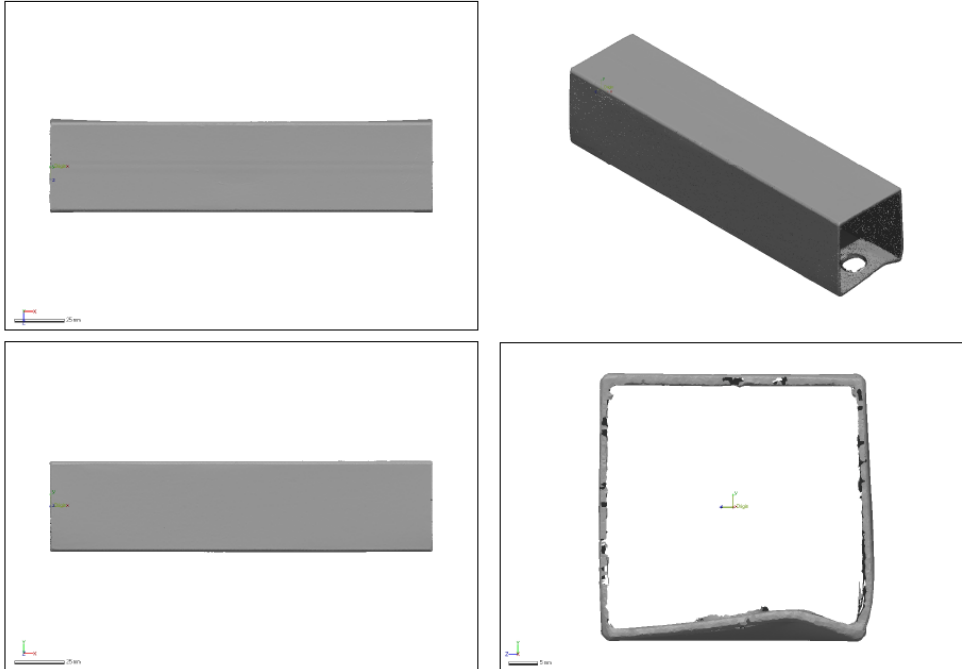
APROVADO: Dir. Operações e HSE

DATA REVISÃO/APROVAÇÃO: 19.05.2015

CARACTERÍSTICAS	UNIDADE	MÉTODO ENSAIO	MIN.	MAX.
Aspeto		Inspeção Visual	Claro e Límpido	
Cor		Inspeção Visual	Violeta	
Massa Volúmica a 15°C	Kg/m ³	EN ISO 3675 EN ISO 12185	720	775

9.6 Anexo 6

Relatório de ensaio da Amostra Teste



Product Name	Proteções de Radiador	Department	QAS	Date	Mar 09, 2020
Part Name	Amostra A após ensaio	Inspector	Luis Bastos	Unit	mm

9.7 Anexo 7

Análise de resultados dos ensaios de impacto às PR da concorrência

A. PR CROSSPRO

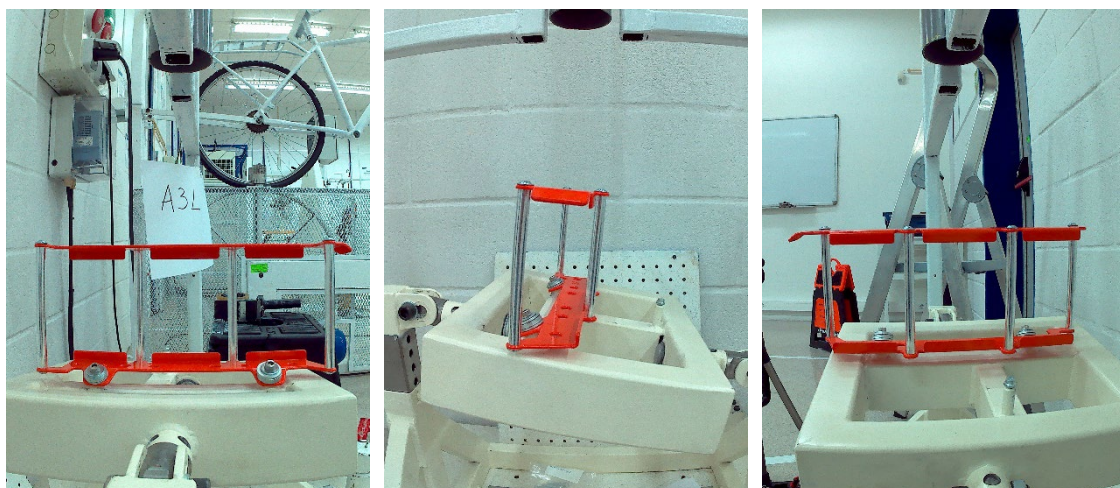
Uma vez que a PR esquerda é independente da direita, foi realizado o teste de impacto em ambos os lados.



Figura 141 – PR Esquerda CROSSPRO – anterior ao impacto

○ PR Esquerda

A PR foi montada no equipamento de ensaio de impacto conforme a Figura 142, obtendo-se a região de impacto representada na Figura 143. Após o impacto, a PR sofreu as deformações apresentadas na Figura 144 e Figura 145.

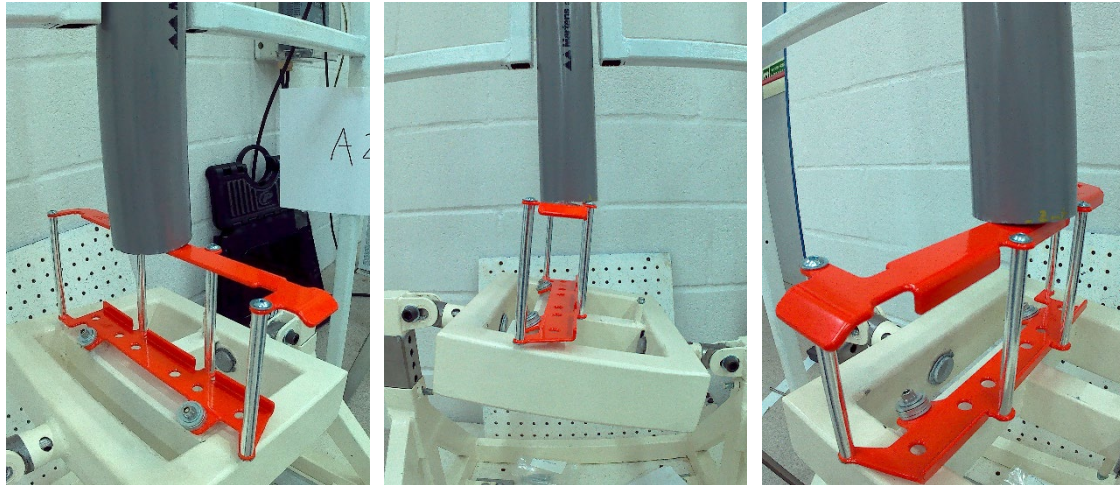


1 – Vista lateral

2 – Vista frontal

3 – Vista Posterior

Figura 142 - PR Esquerda CROSSPRO - anterior ao impacto

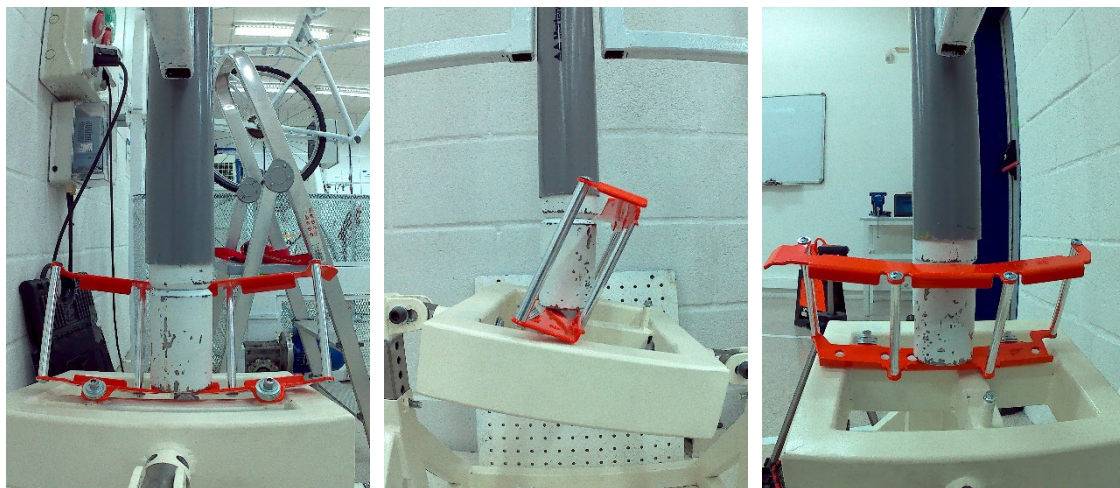


1 – Vista lateral

2 – Vista frontal

3 – Vista posterior

Figura 143 – PR Esquerda CROSSPRO – região de impacto



1 – Vista lateral

2 – Vista frontal

3 – Vista posterior

Figura 144 – PR Esquerda CROSSPRO - posterior ao impacto, montado na máquina de ensaio



PR A1L

PR A2L

PR A3L

Figura 145 – PR Esquerda CROSSPRO 1, 2 e 3 - posterior ao impacto, desmontado da máquina de ensaio

Após o impacto, a PR foi desmontada para se realizar a digitalização das peças que constituíam a PR de forma independente, e realizou-se uma comparação com a modelação CAD anteriormente elaborada e refinada, como foi demonstrado no subcapítulo 4.3.3.1. Com base nesta comparação, o Laboratório da Polisport elaborou um relatório com a estrutura apresentada no subcapítulo 4.3.3.2.3.

As peças em análise na PR CROSSPRO Esquerda são as peças assinaladas com os números três e quatro, apresentadas no anexo 0.

- Análise da Peça 3 – Suporte Interior E

Tabela 51 - Deformações máximas e mínimas relativas à peça 3 da PR CROSSPRO

Amostra	Deformação Máxima (mm)	Deformação Mínima (mm)
1	7,35	-7,35
2	10,48	-10,48
3	8,80	-8,80

Os valores que surgem na Tabela 51 foram retirados da escala de cores do quatro do relatório, onde se encontram os valores máximos e mínimos de deformação que cada peça obteve. A comparação entre as três amostras teve com base o tópico três e cinco do relatório.

Analisando a Tabela 52 é possível identificar duas regiões em destaque pela sua deformação. A primeira, e a que mais se evidencia, localiza-se nos dois pontos de fixação da PR ao quadro do motociclo. Já era esperado que nesta peça, fossem encontradas as maiores deformações nesta região, uma vez que é onde se encontram os pontos de ancoragem da mesma (local onde se encontram as reações desta estrutura). A segunda região encontrada na situa-se na parte central da peça, como é possível observar na Figura 146 na cor a azul-claro. A deformação nesta região não é linear e, tendo em conta a Figura 144, é possível concluir que a massa de impacto não embate apenas na peça quatro, mas sim nas duas peças (três e quatro), deformando a peça três de uma forma não linear. Assim, apenas devemos considerar a primeira região de deformação onde foi registada uma deformação máxima de 10,48 mm.

Tabela 52 - Vista frontal e lateral da peça três, relativas às amostras 1, 2, 3, e correspondente modelação

Peça	Vista frontal e lateral das peças
------	-----------------------------------



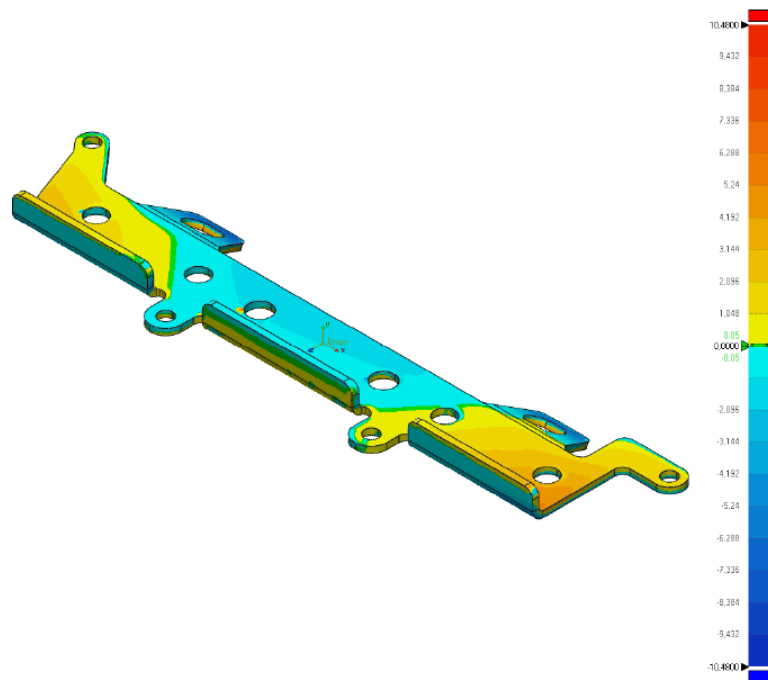


Figura 146 – Suporte Interior E – Amostra 1 – Gráfico de deformações em mm

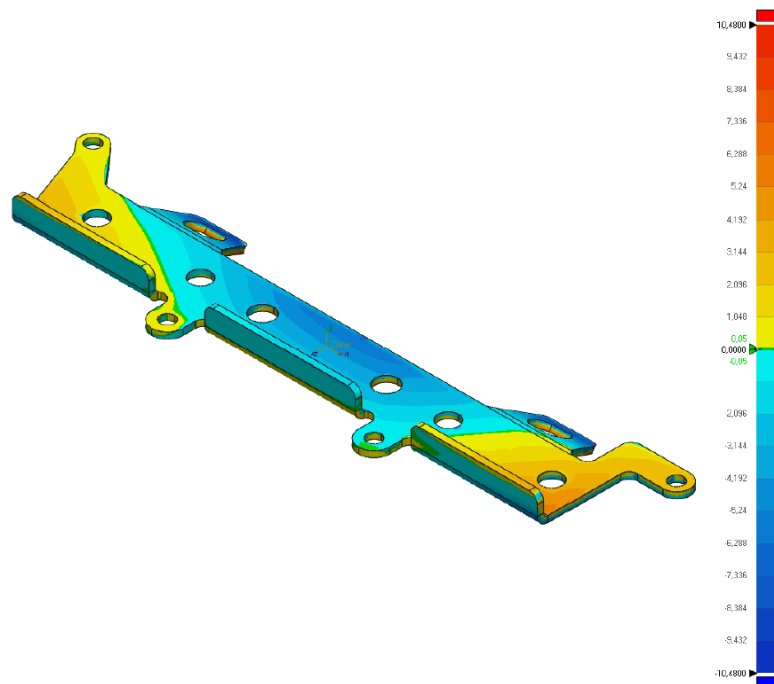


Figura 147 – Suporte Interior E – Amostra 2 – Gráfico de deformações em mm

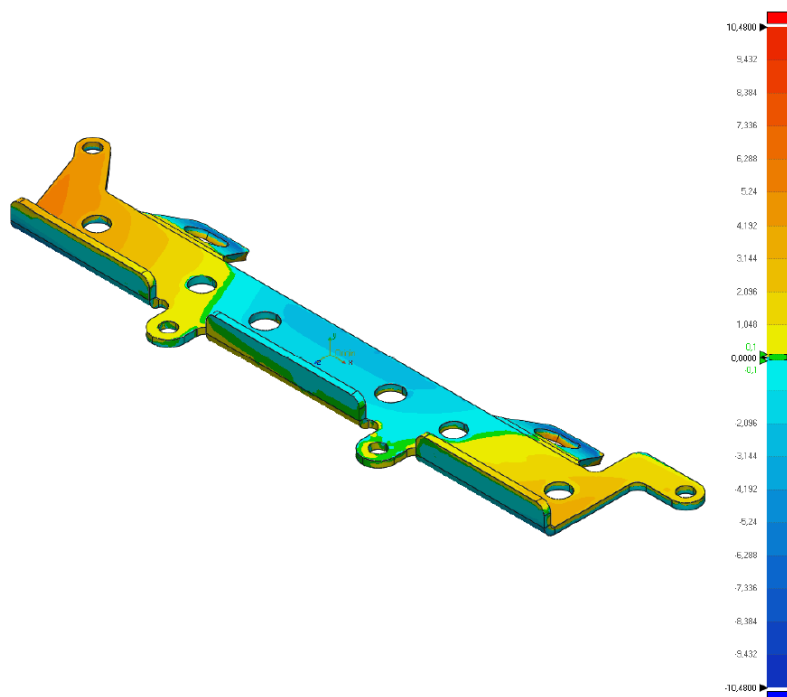


Figura 148 – Suporte Interior E – Amostra 3 – Gráfico de deformações em mm

Tabela 53 - Deformações com base na Tabela 52 correspondentes à peça três, da PR CROSSPRO

Amostra	Localização	Deformação (mm)
1	Região de fixação ao quadro	6,7
	Região central da proteção	4,5
2	Região de fixação ao quadro	9,0
	Região central da proteção	9,7
3	Região de fixação ao quadro	14,0
	Região central da proteção	6,3
Deformação média (mm)	Região de fixação ao quadro	9,9
	Região central da proteção	6,2

- Análise da Peça Quatro – Suporte Exterior E

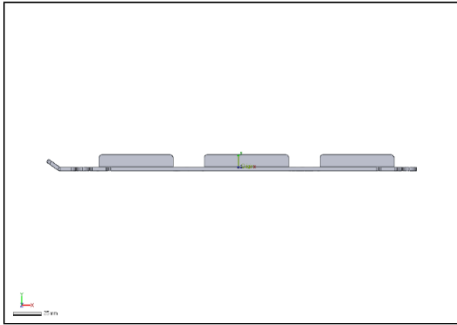
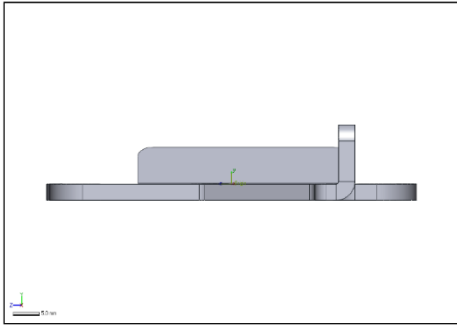
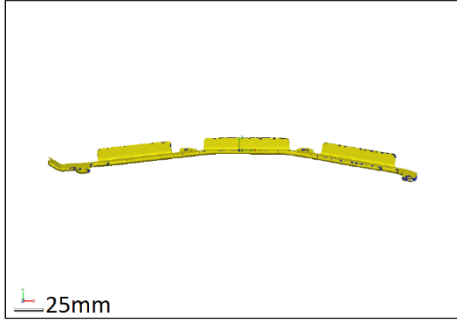
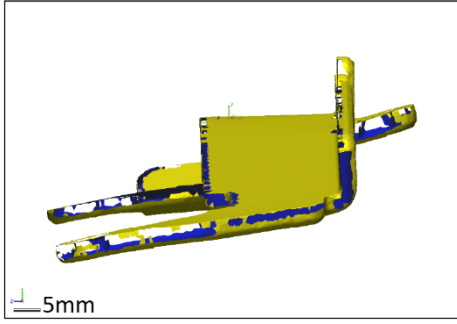
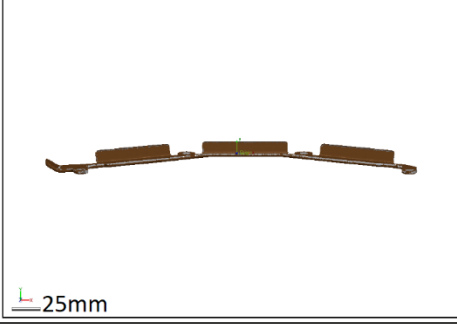
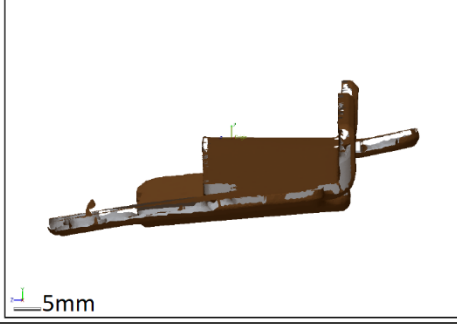

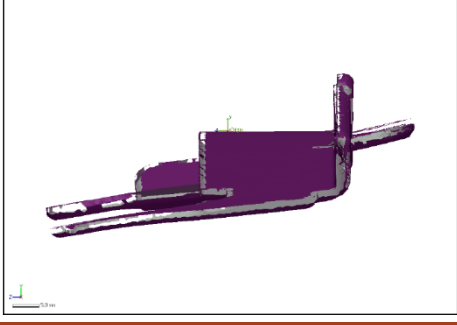
Tabela 54 - Deformações máximas e mínimas relativas à peça quatro da PR CROSSPRO

Amostra	Deformação máxima (mm)	Deformação mínima (mm)
1	16,37	-16,37
2	15,41	-15,41
3	16,37	-16,37

Analisando a Tabela 55, é possível identificar facilmente a região de maior deformação, sendo esta a região central. Também é possível verificar uma rotação dos pontos de fixação da peça três com a peça quatro. Essa rotação deve-se ao facto de a peça ter sido

ensaiada com 11° de inclinação, como foi definido anteriormente e é visível na Figura 143.

Tabela 55 - Vista frontal e lateral da peça três relativas às amostras 1, 2, 3, e correspondente modelação

Peça	Vista frontal e lateral das peças	
Modelada		
Amostra 1		
Amostra 2		
Amostra 3		

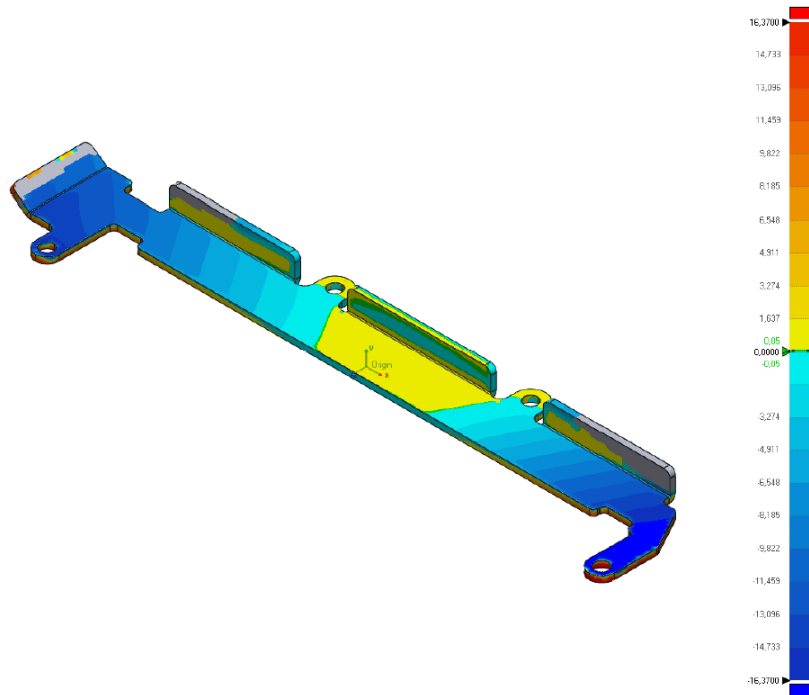


Figura 149 – Suporte Exterior E – Amostra 1 – Gráfico de deformações em mm

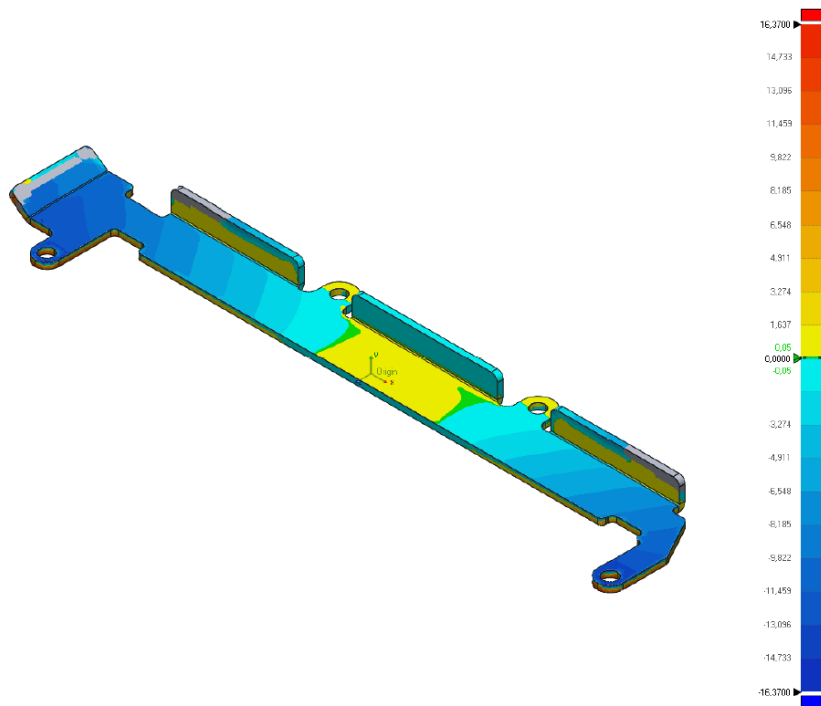


Figura 150 – Suporte Exterior E – Amostra 2 – Gráfico de deformações em mm

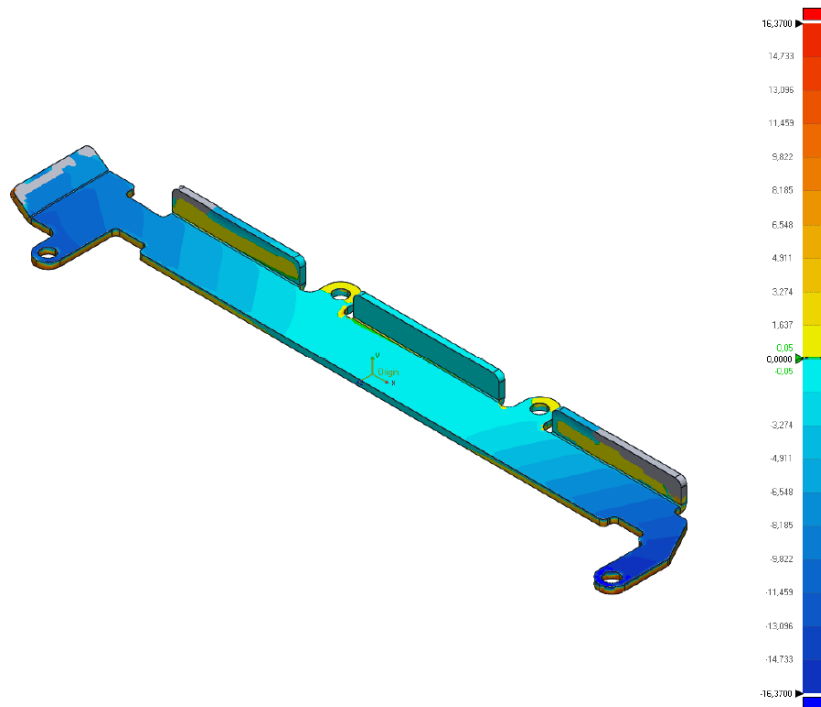


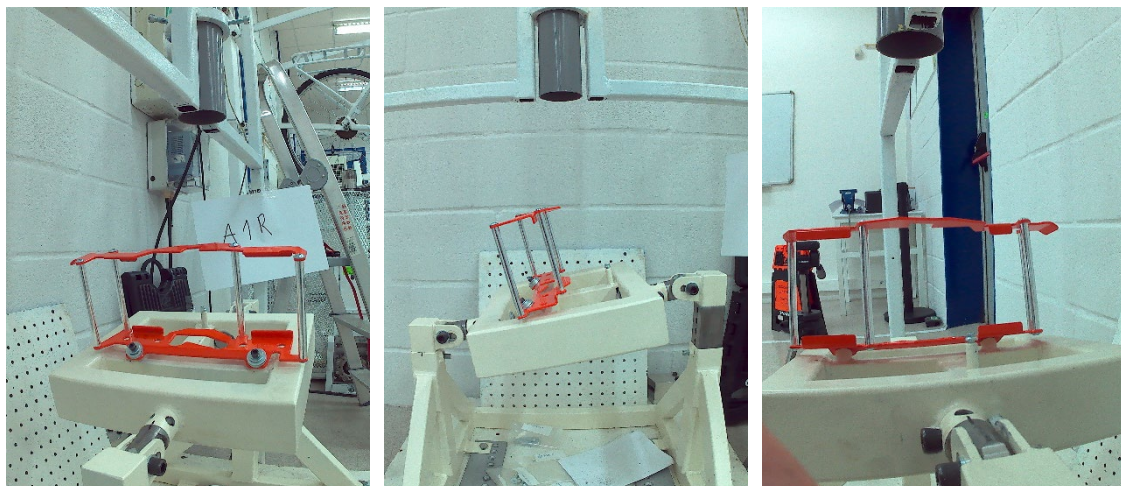
Figura 151 – Suporte Exterior E – Amostra 3 – Gráfico de deformações em mm

Tabela 56 - Deformações com base na Tabela 52 relativas à peça quatro da PR CROSSPRO

Amostra	Localização	Deformação (mm)
1	Região central da proteção	21,6
2	Região central da proteção	13,3
3	Região central da proteção	13,3
Deformação média (mm)	Região central da proteção	16,1

- PR Direita

A PR foi montada no EF conforme a Figura 152, obtendo-se a região de impacto representada na Figura 153. Após o impacto, a PR sofreu as deformações representadas na Figura 154 e Figura 155.



1 – Vista lateral

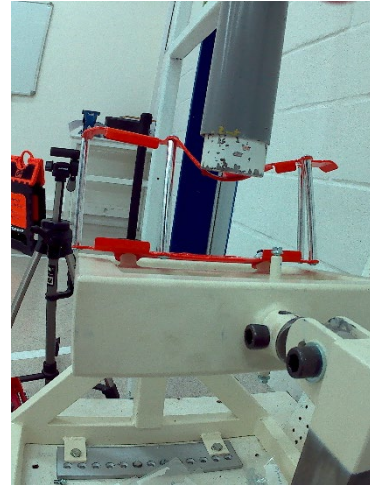
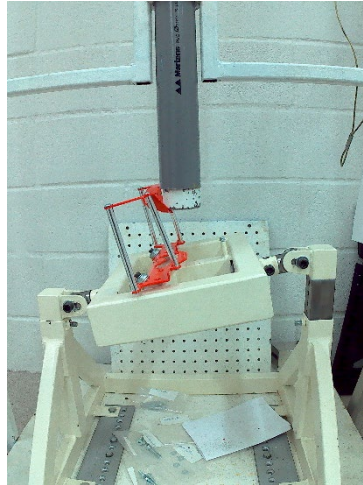
2 – Vista frontal

3 – Vista Posterior

Figura 152 - PR Direita CROSSPRO - anterior ao impacto



Figura 153 – PR Direita CROSSPRO – região de impacto



1 – Vista lateral

2 – Vista frontal

3 – Vista Posterior

Figura 154 – PR Direita CROSSPRO - posterior ao impacto (montado da máquina de ensaio)



Figura 155 – PR Direita CROSSPRO 1, 2 e 3 - posterior ao impacto (desmontado da máquina de ensaio)

As peças em análise na PR CROSSPRO Esquerda são as peças assinaladas com os números um e dois, apresentadas no anexo 0.

- Análise da Peça 2 – Suporte Interior D

Tabela 57 - Deformações máximas e mínimas relativas à peça dois da PR CROSSPRO

Amostra	Deformação máxima (mm)	Deformação mínima (mm)
1	4,41	-4,41
2	2,56	-2,56
3	4,72	-4,72

Com base na Tabela 58 e na análise realizada à peça dois, é possível concluir que as regiões de maior deformação são as mesmas, sendo estas nos pontos de fixação da PR ao quadro do motociclo e na região central da peça. Tal como na peça três, já era esperado que fossem encontradas as maiores deformações nos pontos de ancoragem da mesma, mas desta vez foi encontrada uma deformação menor devido à sua geometria. Na segunda região de deformação também foram encontradas deformações inferiores à peça três. Esta diminuição de deformação deve-se ao facto de a geometria da peça ser distinta, e ao facto do punção de ensaio apenas embater na peça um, como é possível observar na Figura 154.

Tabela 58 - Vista frontal e lateral da peça dois relativa às amostras 1, 2, 3 e correspondente modelação

Peça	Vista frontal e lateral das peças
------	-----------------------------------



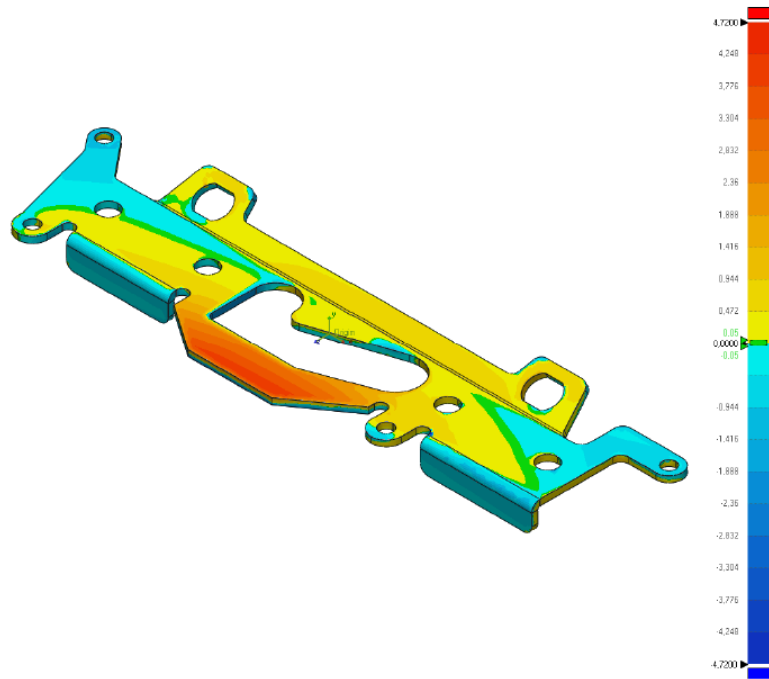


Figura 156 – Suporte Interior D – Amostra 1 – Gráfico de deformações em mm

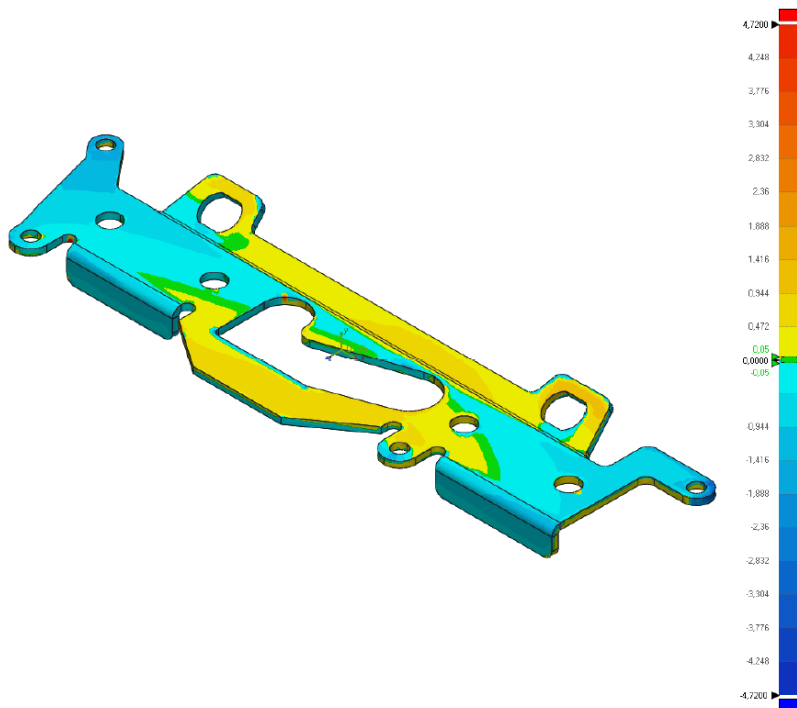


Figura 157 – Suporte Interior D – Amostra 2 – Gráfico de deformações em mm

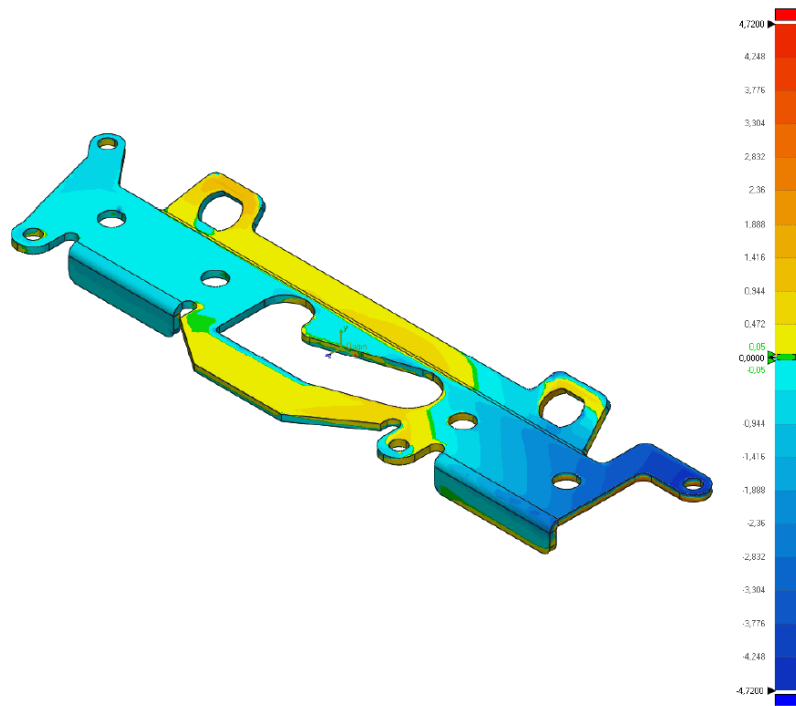


Figura 158 – Suporte Interior D – Amostra 3 – Gráfico de deformações em mm

Tabela 59 - Deformações com base na Tabela 52, da peça três da PR CROSSPRO

Amostra	Localização	Deformação (mm)
1	Região de fixação ao quadro	1,1
	Região central da proteção	4,4
2	Região de fixação ao quadro	1,9
	Região central da proteção	4,3
3	Região de fixação ao quadro	2,0
	Região central da proteção	4,3
Deformação média (mm)	Região de fixação ao quadro	1,6
	Região central da proteção	4,4

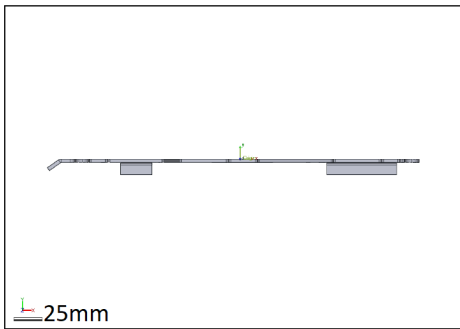
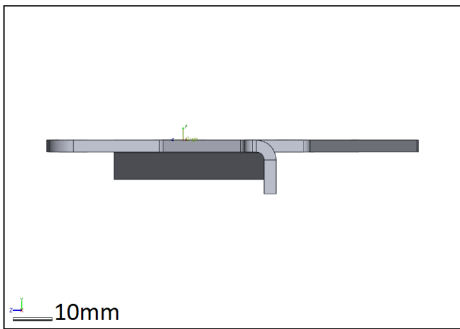
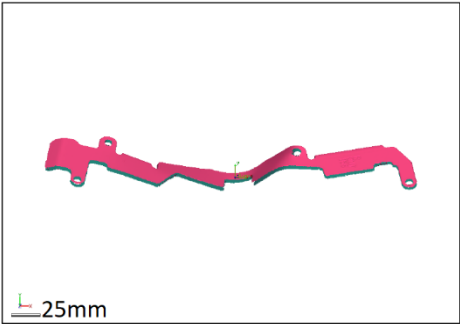
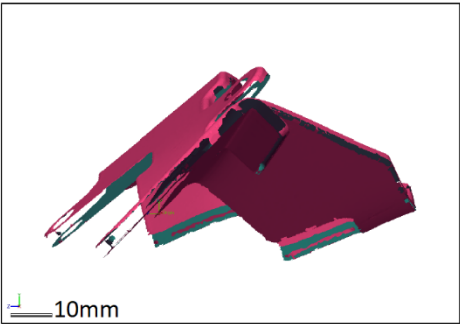
- Análise da Peça 1 – Suporte Exterior E

Tabela 60 - Deformações máximas e mínimas para a peça um da PR CROSSPRO

Amostra	Deformação máxima (mm)	Deformação mínima (mm)
1	34,67	-32,83
2	33,76	-33,00
3	35,83	-37,74

Analisando a Tabela 60, é possível identificar alguma irregularidade nos valores de deformação medidos. Também é possível verificar, através da Tabela 61, que a região de maior deformação na peça um é a região central.

Tabela 61 - Vista frontal e lateral da peça um relativa às amostras 1, 2, 3 e correspondente modelação

Peça	Vista frontal e lateral das peças	
Modelada		
Amostra 1		

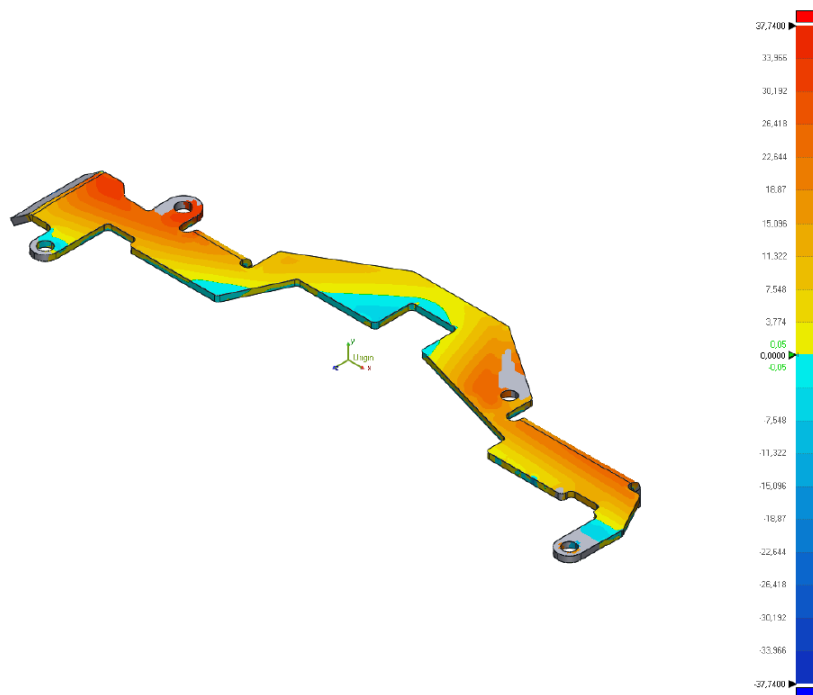
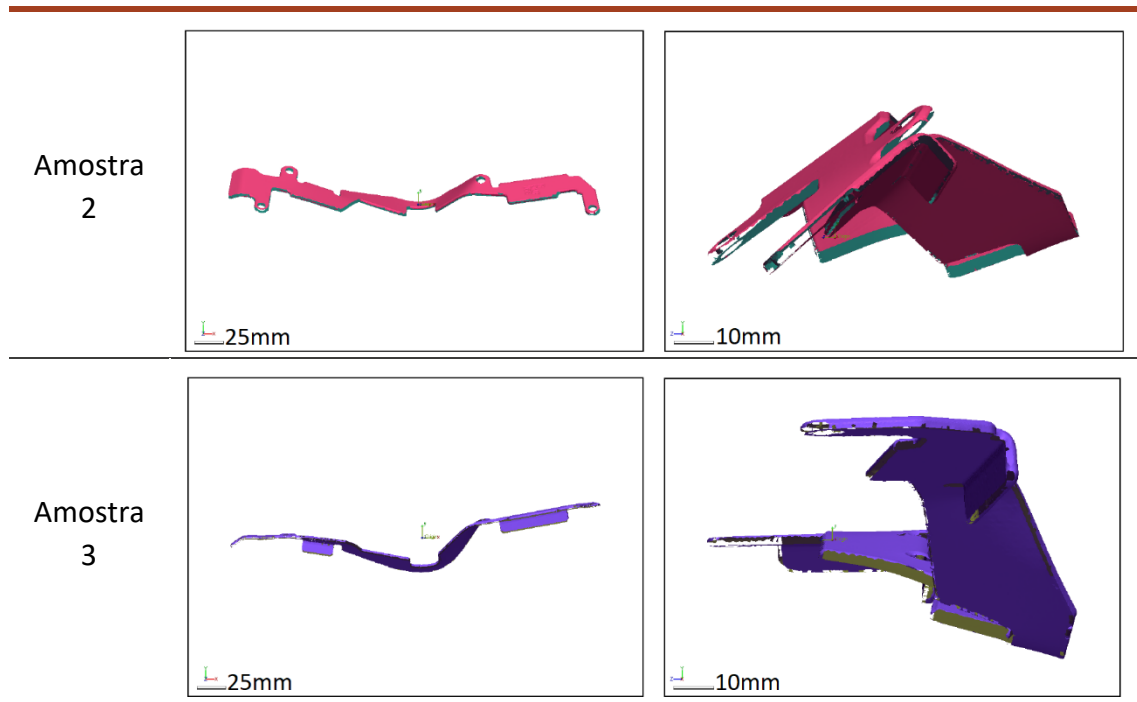


Figura 159 – Suporte Exterior E – Amostra 1 – Gráfico de deformações em mm

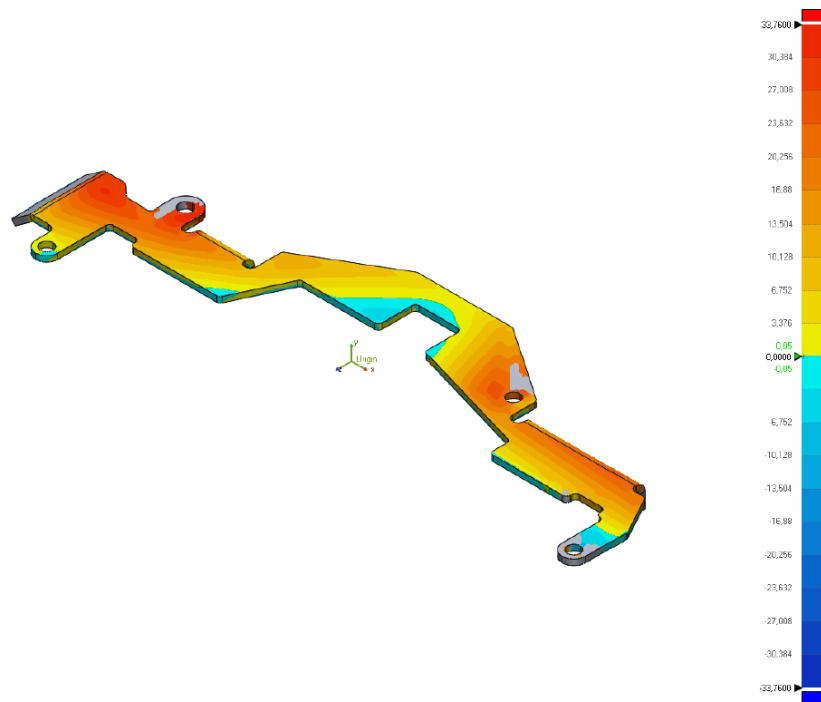


Figura 160 – Suporte Exterior E – Amostra 2 – Gráfico de deformações em mm

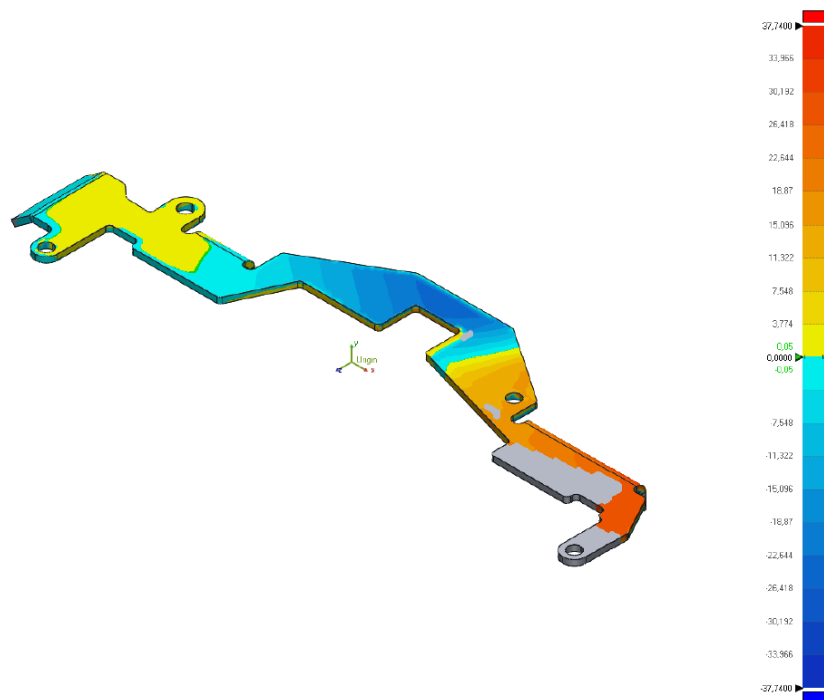


Figura 161 – Suporte Exterior E – Amostra 3 – Gráfico de deformações em mm

Nesta peça não foram realizadas medições na região de maior deformação devido às deformações serem muito elevadas e inconstantes.

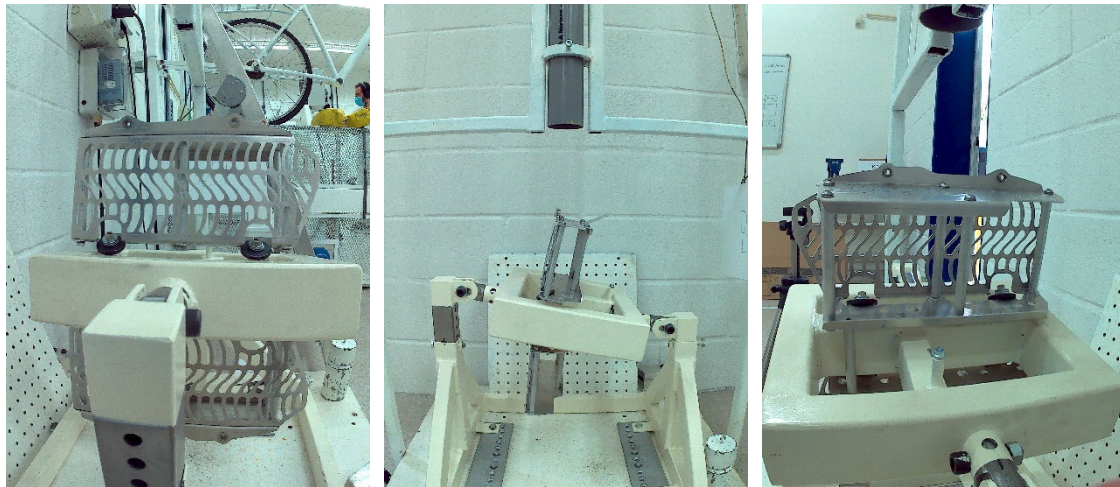
B. PR Unabiker

Uma vez que a PR Unabiker funciona em conjunto (PR Direita está solidária com PR Esquerda), assumiu-se apenas a PR Esquerda para realização do teste de impacto.



Figura 162 – PR Unabiker – anterior ao impacto

A PR foi montada no EF conforme a Figura 1634, obtendo-se a região de impacto representada na Figura 164. Após o impacto, a PR sofreu as deformações representadas na Figura 165 e Figura 166.

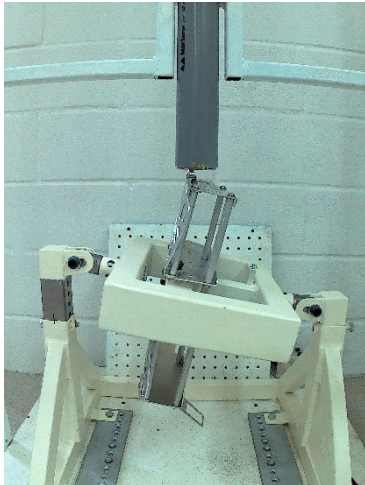


1 – Vista lateral

2 – Vista frontal

3 – Vista Posterior

Figura 163 - PR Unabiker - anterior ao impacto



1 – Vista frontal

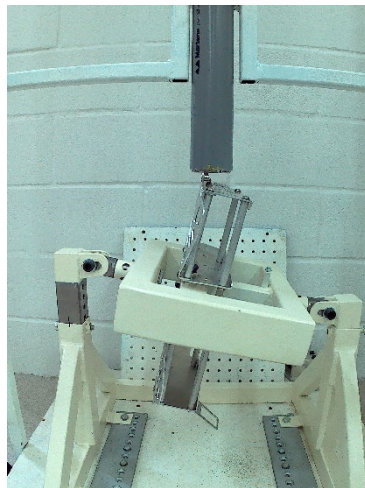


2 – Vista Posterior

Figura 164 – PR Unabiker – região de impacto



1 – Vista lateral

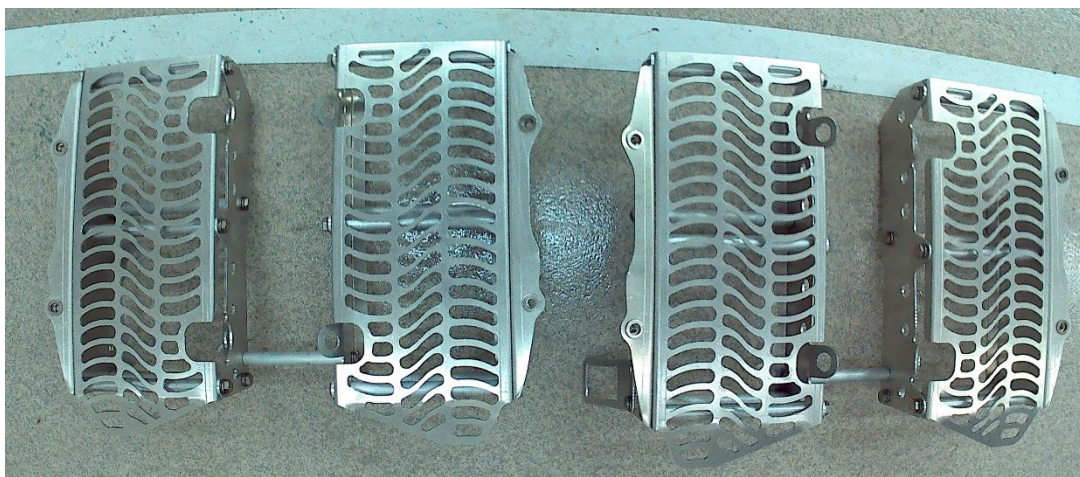


2 – Vista frontal



3 – Vista Posterior

Figura 165 – PR Unabiker - posterior ao impacto montado na máquina de ensaio



PR Unabiker 1

PR Unabiker 2

Figura 166 – PR Unabiker 1 e 2 - posterior ao impacto

As peças em análise na PR Unabiker são as peças assinaladas com os números 1, 3, 4 e 6, apresentadas no anexo 0.

- Análise da Peça 1 – Suporte Exterior D

Analisando a Figura 166, é possível identificar regularidade nos valores de deformação medidos. Uma vez que os relatórios referentes à peça 1 contêm um erro no valor máximo e mínimo utilizado na escala de cores do ponto 5 e os valores de deformação são baixos em comparação com a escala presente na vista frontal e lateral das peças, a tabela que se seguiria com as imagens das mesmas não será apresentada e a análise das deformações será baseada no ponto quatro do relatório. Este e a ordem de grandeza mantêm-se constantes ao longo das restantes análises das peças que constituem a PR Unabiker.

Tabela 62 - Deformações máximas e mínimas para a peça 1 da PR Unabiker

Amostra	Deformação máxima (mm)	Deformação mínima (mm)
1	2,25	-2,25
2	2,56	-2,56

Com base nas Figura 167 e Figura 168, o local com maior deformação encontra-se no ponto de ligação superior central. Na Figura 167 surgem duas deformações inesperadas, uma concentrada na face superior e uma outra ao longo da face inferior. Nesta peça não existiu qualquer tipo de impacto, por isso, as deformações só devem surgir nos pontos de fixação da mesma, como aconteceu na segunda amostra. Assim, é possível concluir que a peça 1 da amostra 1 terá sofrido algum esforço entre as digitalizações, no caso de ter sido a peça digitalizada, ou então já vinha com uma geometria distinta da outra amostra de fábrica.

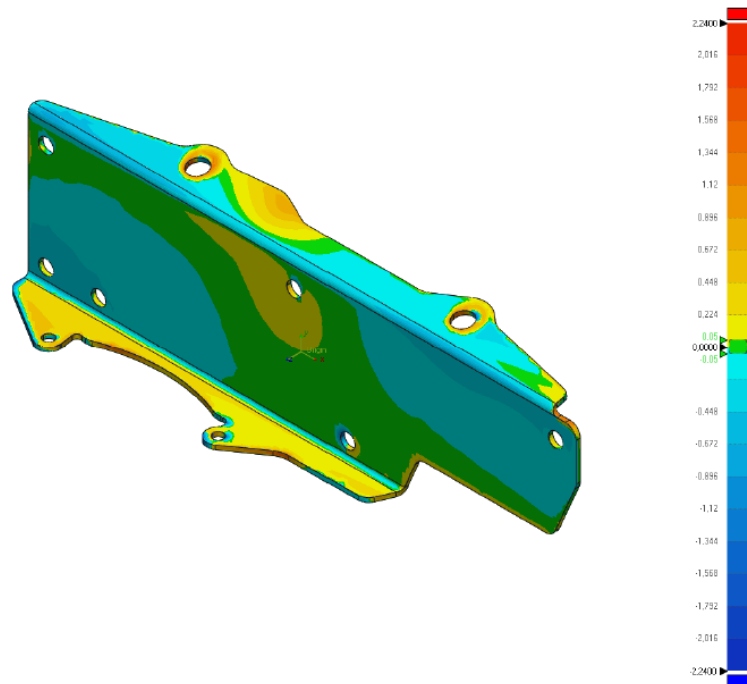


Figura 167 – Suporte Exterior D – Amostra 1 – Gráfico de deformações em mm

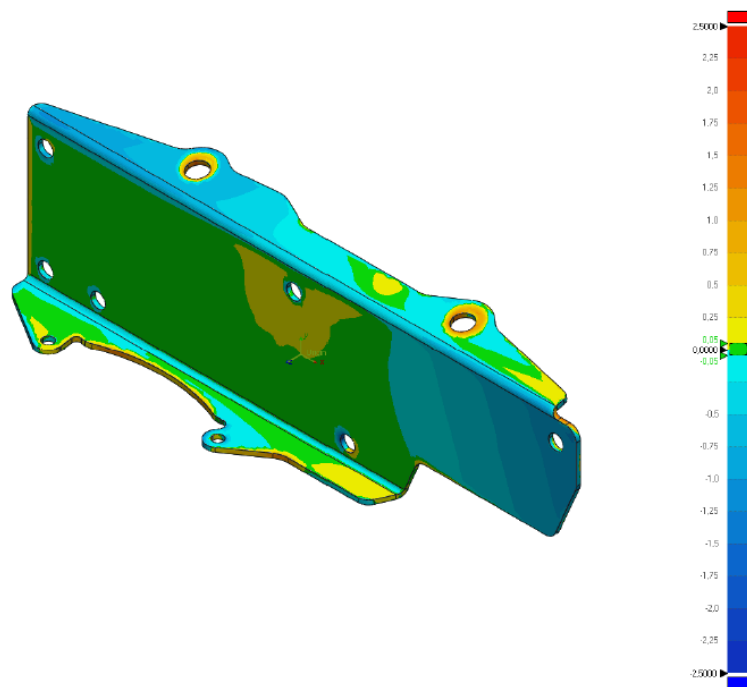


Figura 168 – Suporte Exterior D – Amostra 2 – Gráfico de deformações em mm

Tabela 63 - Deformações com base nas Figura 167 e Figura 168, da peça 1 da PR Unabiker

Amostra	Localização	Deformação (mm)
1	Ponto de ligação superior central	0,3
2	Ponto de ligação superior central	0,3
Deformação média (mm)		0,3

- Análise da Peça 3 – Suporte Interior D

Com base nas Figura 169 e Figura 170, as maiores deformações encontram-se nos pontos de fixação ao quadro e no ponto de ligação superior esquerdo.

Tabela 64 - Deformações máximas e mínimas para a peça 3 da PR Unabiker

Amostra	Deformação máxima (mm)	Deformação mínima (mm)
1	3,01	-3,01
2	2,68	-2,68

Tabela 65 - Deformações com base nas Figura 169 e Figura 170, da peça 3 da PR Unabiker

Amostra	Localização	Deformação (mm)
1	Pontos de fixação	3,3
	Ponto de ligação superior esquerdo	1,8
2	Pontos de fixação	2,7
	Ponto de ligação superior esquerdo	1,3
Deformação média (mm)	Pontos de fixação	3,0
	Ponto de ligação superior esquerdo	1,6

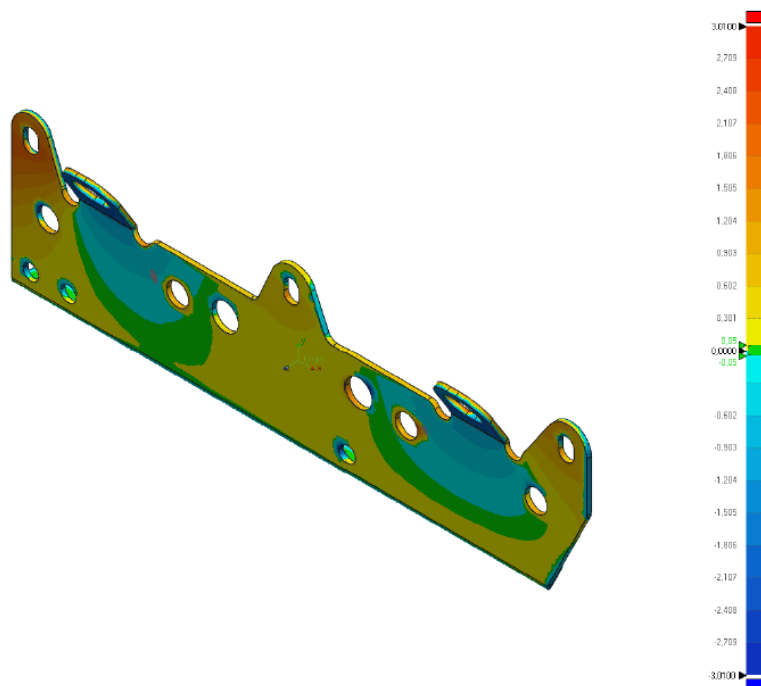


Figura 169 – Suporte Interior D – Amostra 1 – Gráfico de deformações em mm

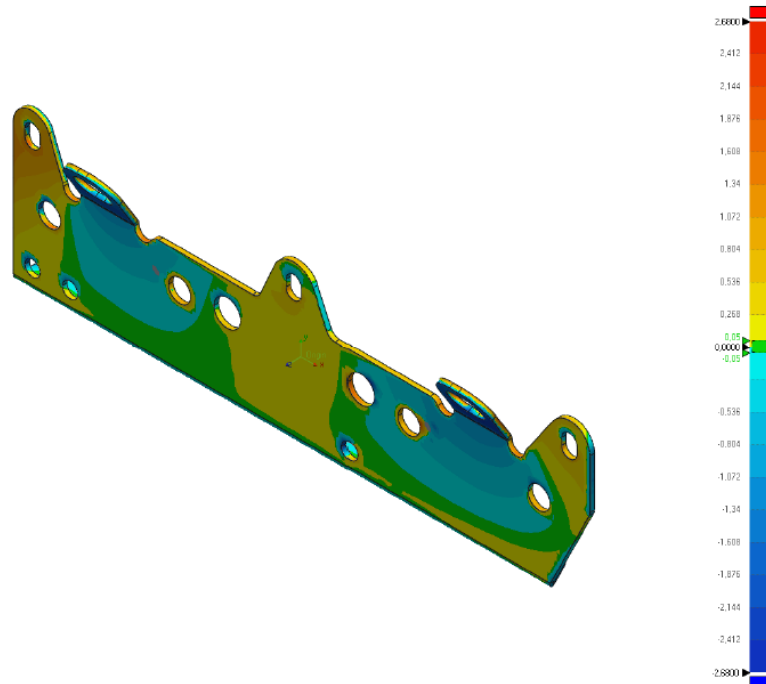


Figura 170 – Suporte Inferior D – Amostra 2 – Gráfico de deformações em mm

- Análise da Peça 4 – Suporte Interior E

Com base nas Figura 171 e Figura 172, as maiores deformações encontram-se nos pontos de fixação ao quadro e no ponto de ligação superior esquerdo.

Tabela 66 - Deformações máximas e mínimas para a peça quatro da PR Unabiker

Amostra	Deformação máxima (mm)	Deformação mínima (mm)
1	5,18	-5,18
2	4,48	-4,48

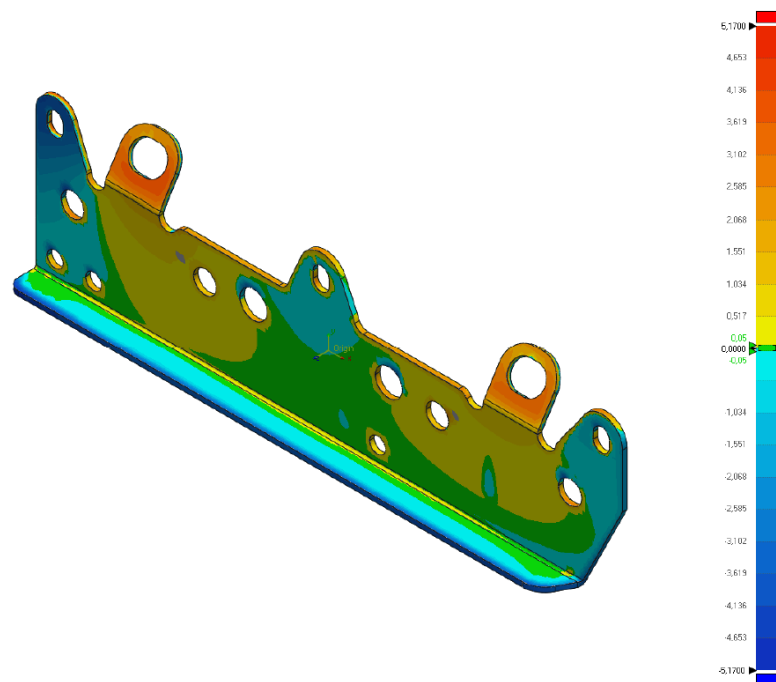


Figura 171 – Suporte Inferior E – Amostra 1 – Gráfico de deformações em mm

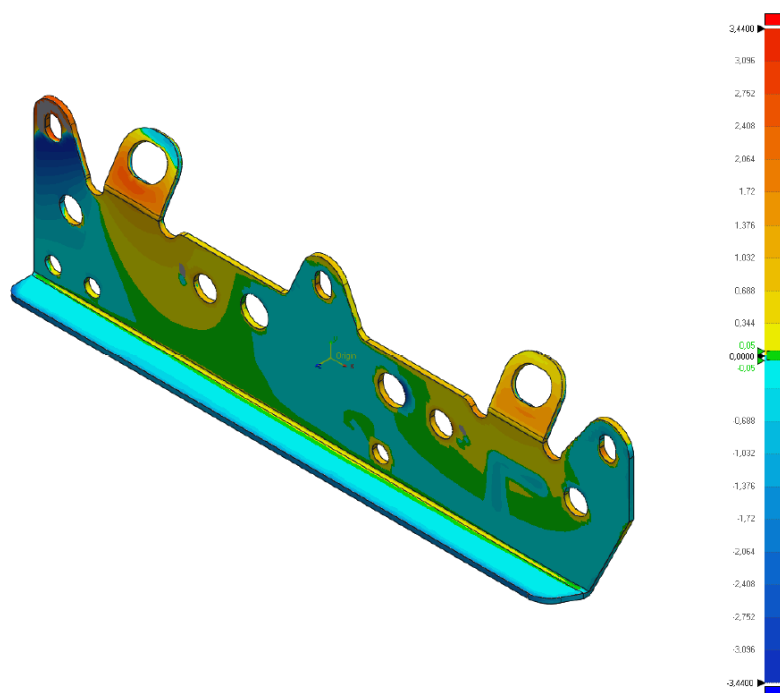


Figura 172 – Suporte Inferior E – Amostra 2 – Gráfico de deformações em mm

Tabela 67 - Deformações com base nas Figura 171 e Figura 172, da peça quatro da PR Unabiker

Amostra	Localização	Deformação (mm)
1	Pontos de fixação	3,1
	Ponto de ligação superior esquerdo	5,2
2	Pontos de fixação	3,4
	Ponto de ligação superior esquerdo	3,4

Deformação média (mm)	Pontos de fixação	3,3
	Ponto de ligação superior esquerdo	4,2

- Análise da Peça 6 – Suporte Exterior E

Com base nas Figura 173 e Figura 174, as regiões com maior deformação encontram-se no ponto de ligação inferior esquerdo, ponto de ligação superior direito e na aresta onde ocorreu o impacto.

Tabela 68 - Deformações máximas e mínimas para a peça 6 da PR Unabiker

Amostra	Deformação máxima (mm)	Deformação mínima (mm)
1	1,88	-1,88
2	2,14	-2,14

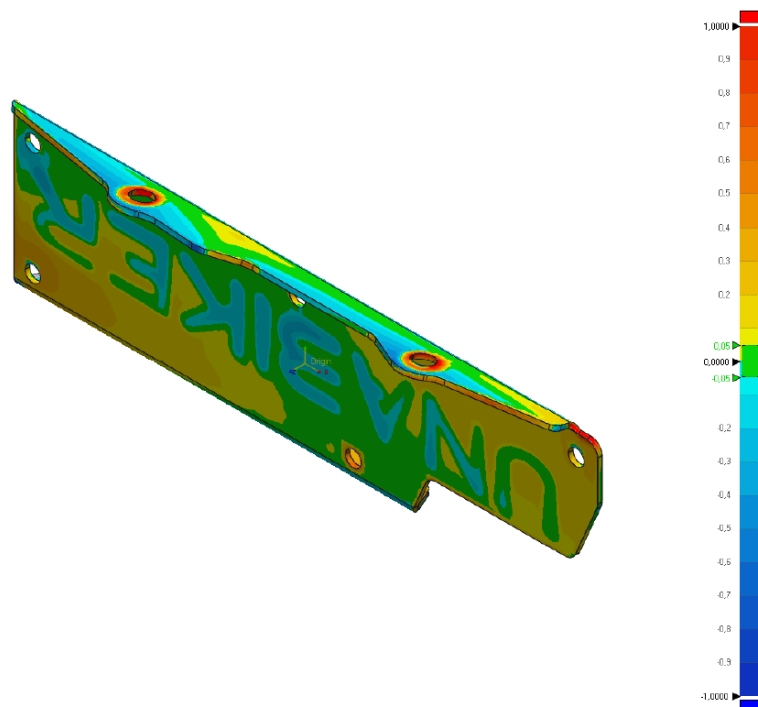


Figura 173 – Suporte Exterior E – Amostra 1 – Gráfico de deformações em mm

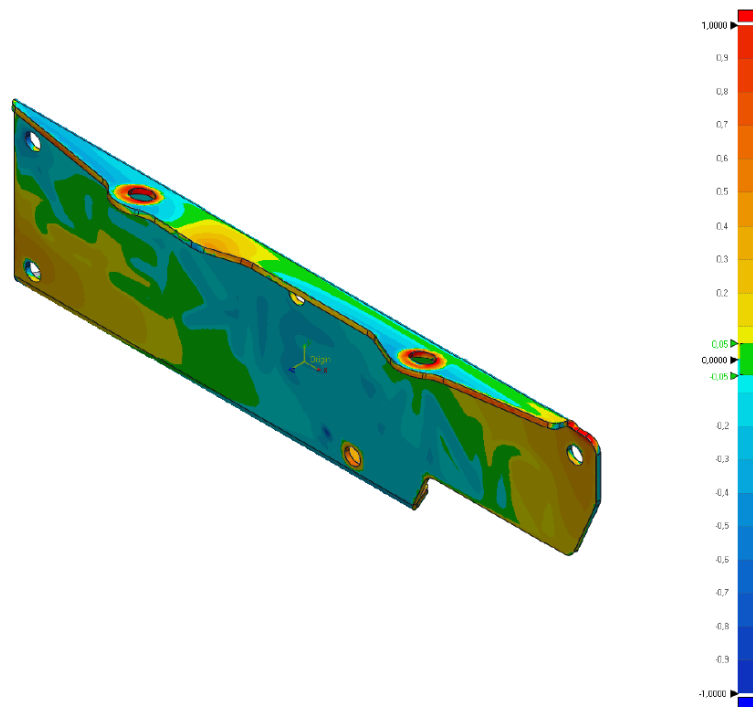


Figura 174 – Suporte Exterior E – Amostra 2 – Gráfico de deformações em mm

Tabela 69 - Deformações com base nas Figura 173 e Figura 174, da peça 6 da PR Unabiker

Amostra	Localização	Deformação (mm)
1	Ponto de ligação inferior esquerdo	0,4
	Ponto de ligação superior direito	0,3
	Ponto de impacto	0,5
2	Ponto de ligação inferior esquerdo	0,4
	Ponto de ligação superior direito	0,5
	Ponto de impacto	0,6
Deformação média (mm)	Ponto de ligação inferior esquerdo	0,4
	Ponto de ligação superior direito	0,4
	Ponto de impacto	0,6

C. PR Start Racing

Uma vez que a PR Start Racing funciona em conjunto (PR Direita está solidária com PR Esquerda), escolheu-se a PR Esquerda para se realizar o teste de impacto. Esta PR, do ponto de vista mecânico, contém pequenas diferenças geométricas, o que nos permite considerar a mesma como simétrica para simplificar a análise. Assim sendo, só será analisada a peça 4, apresentada no anexo 0.

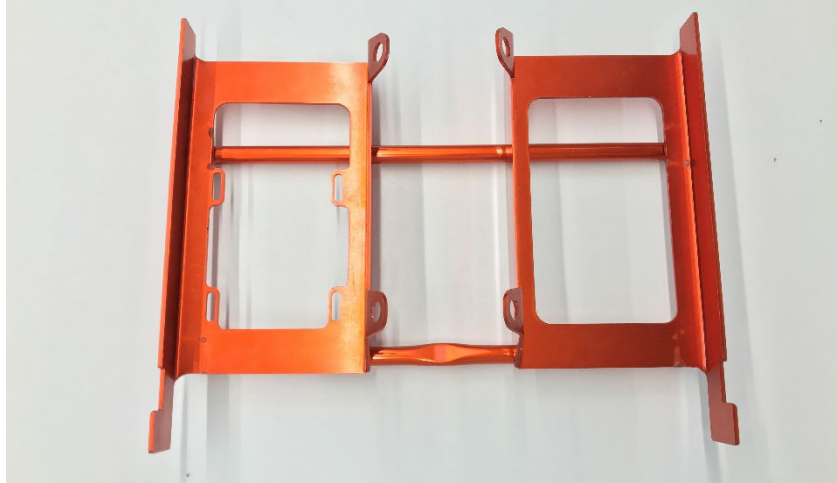
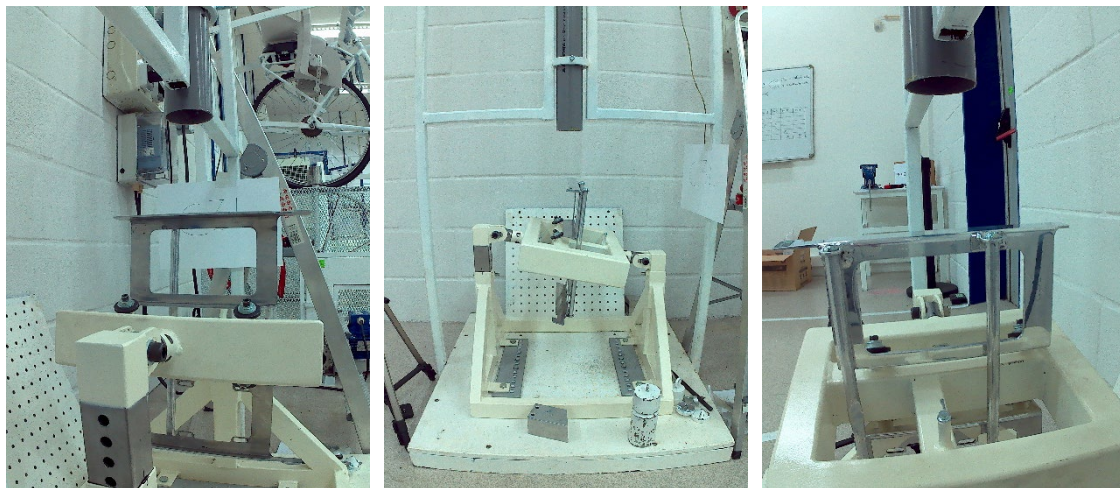


Figura 175 – PR Start Racing – anterior ao impacto

A PR foi montada no EF conforme a Figura 176, obtendo-se a região de impacto representa na Figura 177. Após o impacto, a PR sofreu as deformações representadas na Figura 178 e Figura 179.

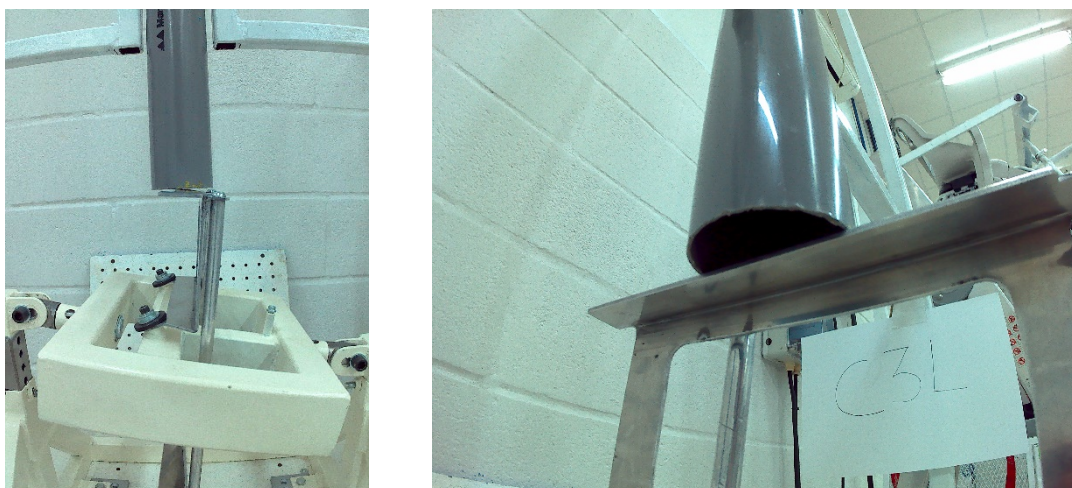


1 – Vista lateral

2 – Vista frontal

3 – Vista Posterior

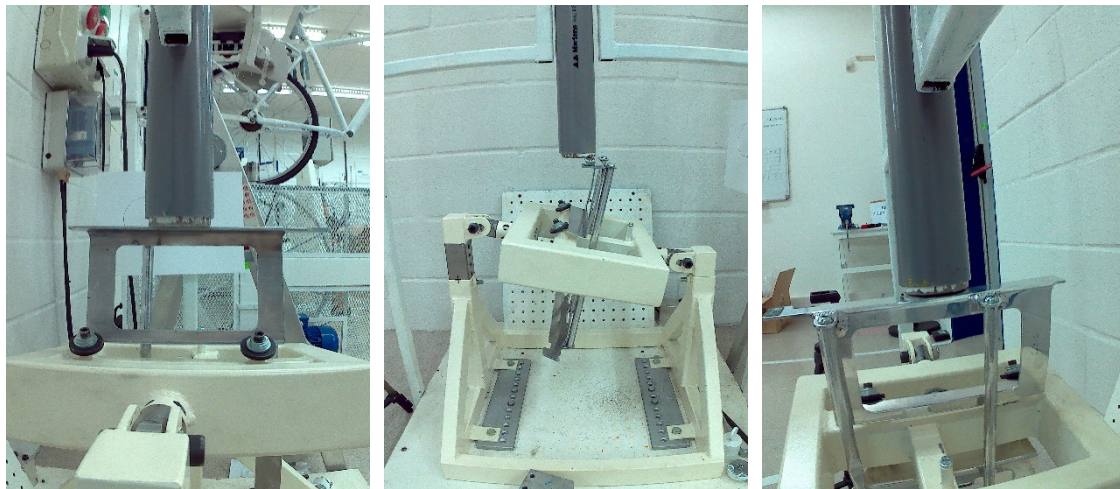
Figura 176 - PR PR Start Racing - anterior ao impacto



1 – Vista frontal

2 – Vista Posterior

Figura 177 – PR Start Racing – região de impacto



1 – Vista lateral

2 – Vista frontal

3 – Vista Posterior

Figura 178 – PR Start Racing - posterior ao impacto montado na máquina de ensaio



PR Start Racing 3

PR Start Racing 1

PR Start Racing 2

Figura 179 – PR Start Racing 1, 2 e 3 - posterior ao impacto

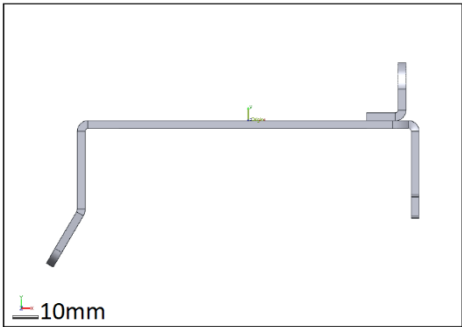
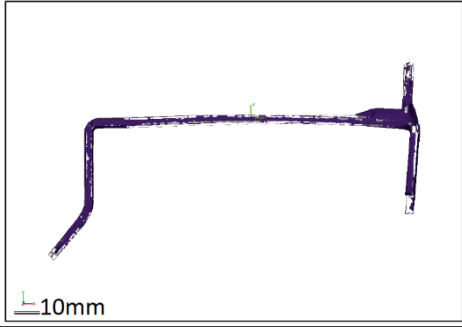
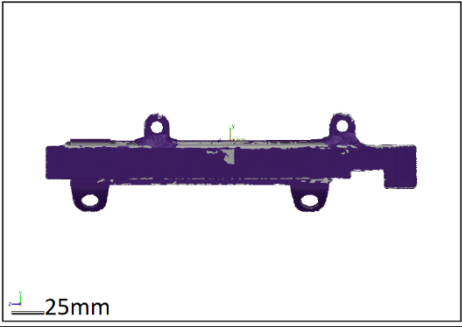
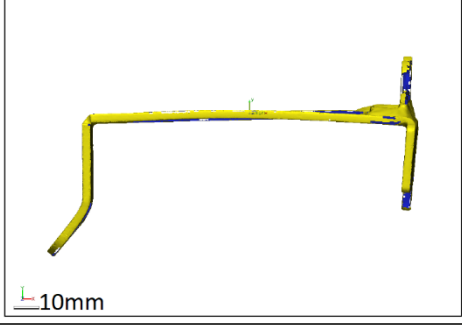
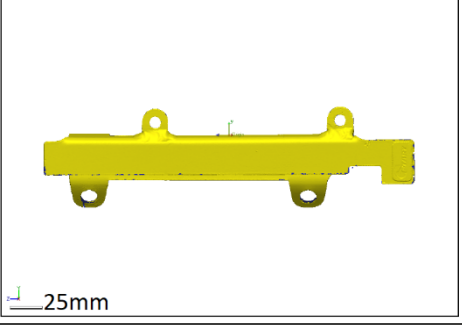
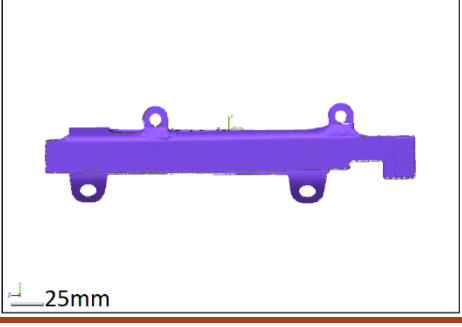
- Análise da Peça 4 – Proteção E

Analisando a Tabela 70, é possível verificar que a amostra 3 se destaca das restantes, uma vez que atingiu mais do dobro da deformação das amostras 1 e 2. No entanto, quando se analisou a Tabela 71, Figura 180, Figura 181 e Figura 182 para se elaborar a Tabela 72, verificou-se que a deformação na amostra 3 não tinha o dobro da deformação, como foi apresentado na Tabela 70, sendo ainda superior.

Tabela 70 - Deformações máximas e mínimas para a peça 4 da PR Start Racing

Amostra	Deformação máxima (mm)	Deformação mínima (mm)
1	3,92	-3,92
2	3,58	-4,26
3	8,30	-9,14

Tabela 71 - Vista frontal e lateral da peça 4 relativa às amostras 1, 2, 3 e correspondente modelação

Peça	Vista frontal e lateral das peças	
Modelada		
Amostra 1		
Amostra 2		
Amostra 3		

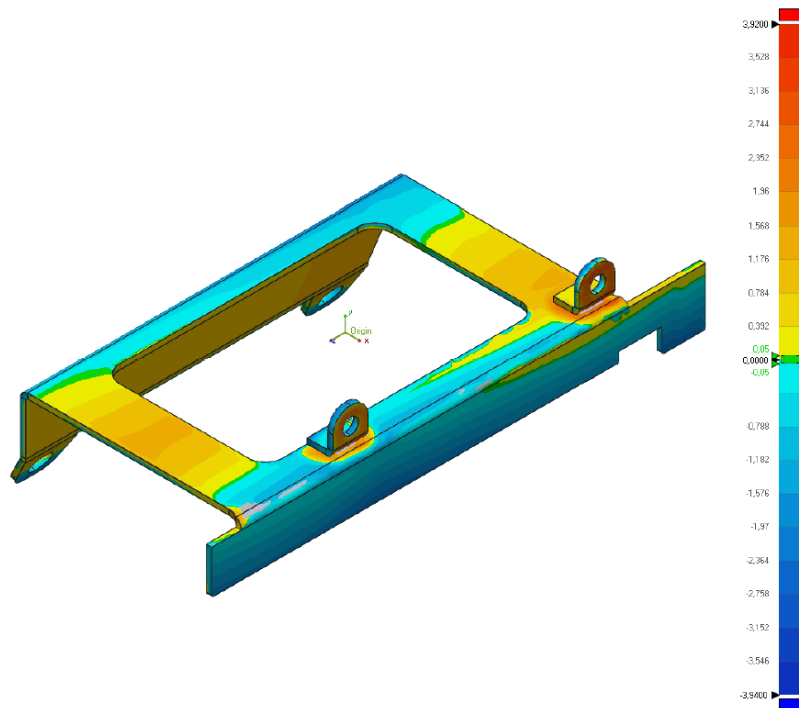


Figura 180 – Peça 4 PR Start Racing – Amostra 1 – Gráfico de deformações em mm

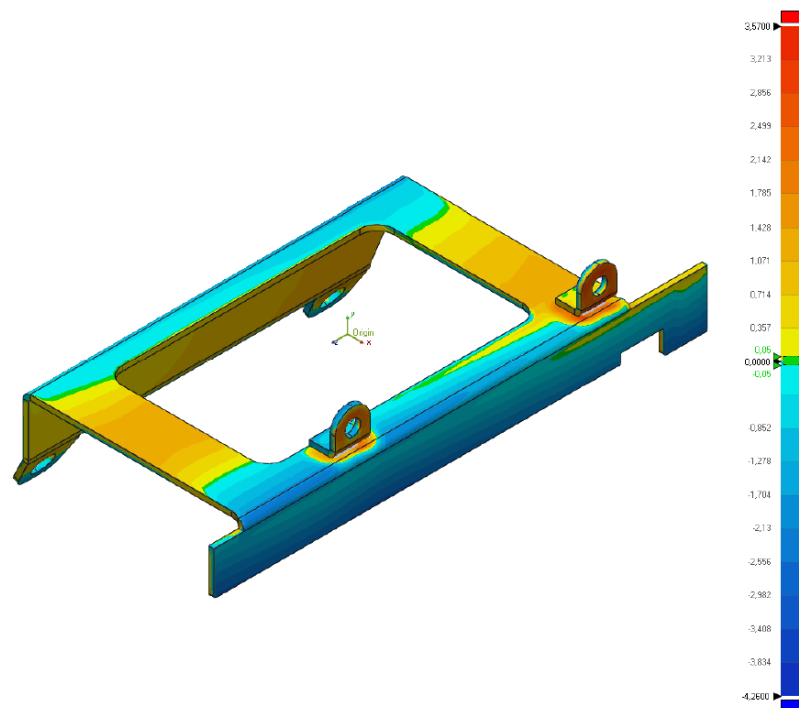


Figura 181 – Peça 4 PR Start Racing – Amostra 2 – Gráfico de deformações em mm

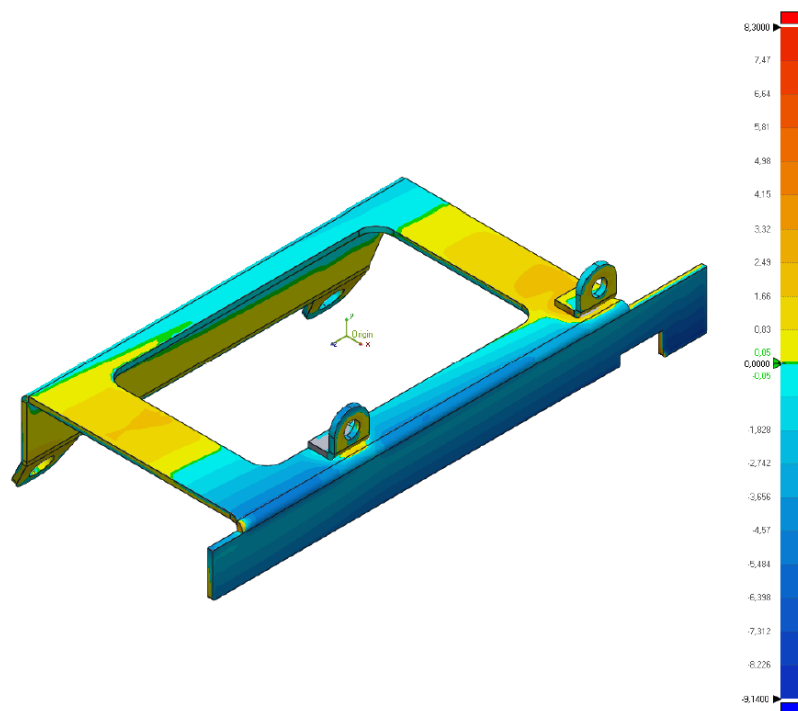


Figura 182 – Peça 4 PR Start Racing – Amostra 3 – Gráfico de deformações em mm

Tabela 72 - Deformações com base na Tabela 71, Figura 180, Figura 181 e Figura 182 - peça 4 da PR Start Racing

Amostra	Localização	Deformação (mm)
1	Região central	1,6
	Região de impacto	2,7
	Pontos de ligação PR Esquerda e Direita	1,8
	Pontos de fixação ao quadro	1,2
2	Região central	1,4
	Região de impacto	4,5
	Pontos de ligação PR Esquerda e Direita	1,8
	Pontos de fixação ao quadro	1,4
3	Região central	2,5
	Região de impacto	6,4
	Pontos de ligação PR Esquerda e Direita	3,6
	Pontos de fixação ao quadro	1,7
Deformação média (mm)	Região central	1,8
	Região de impacto	4,5
	Pontos de ligação PR Esquerda e Direita	2,4
	Pontos de fixação ao quadro	1,4

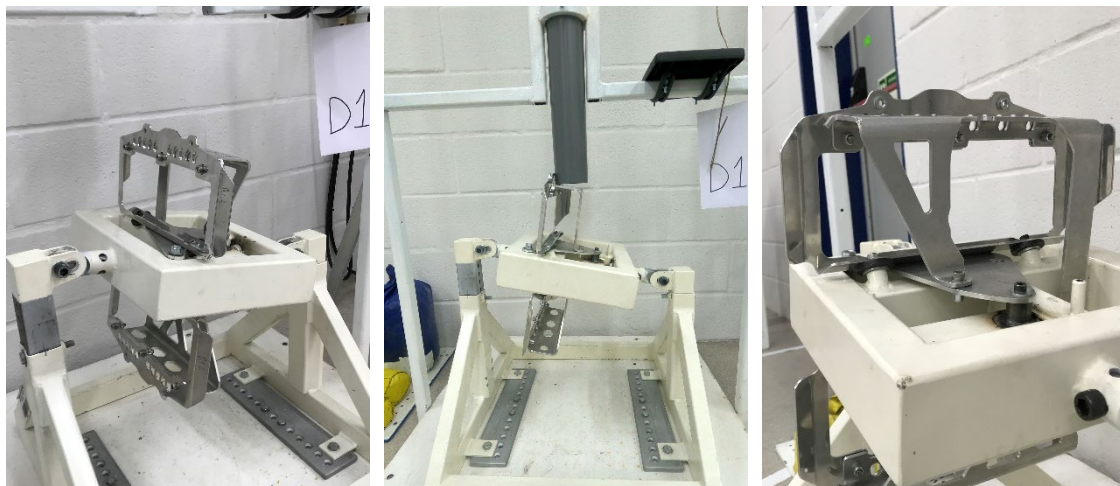
D. PR B&B Offroad

Uma vez que a PR B&B Offroad funciona em conjunto (PR Direita está solidária com PR Esquerda), considerou-se apenas a PR Esquerda para realizar o teste de impacto.



Figura 183 – PR B&B Offroad – anterior ao impacto

A PR foi montada no EF conforme a Figura 184, obtendo-se a região de impacto representa na Figura 185. Após o impacto, a PR sofreu as deformações representadas na Figura 186.



1 – Vista lateral

2 – Vista frontal

3 – Vista Posterior

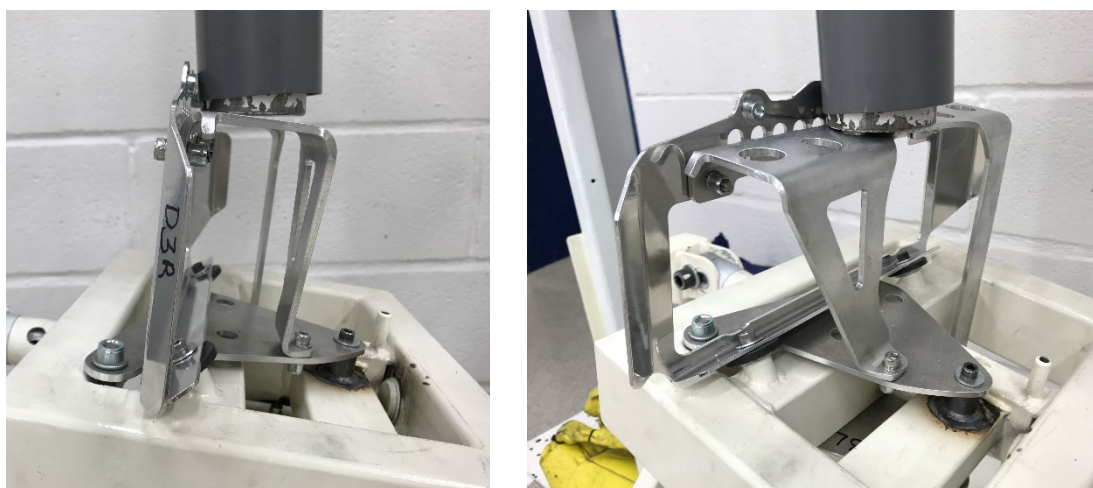
Figura 184 - PR B&B Offroad - anterior ao impacto



1 – Vista frontal

2 – Vista Posterior

Figura 185 – PR B&B Offroad – região de impacto



1 – Vista frontal

2 – Vista Posterior

Figura 186 – PR B&B Offroad - posterior ao impacto montado na máquina de ensaio

As peças em análise na PR B&B Offroad são as peças assinaladas com os números 5, 6, 7 e 8, apresentadas no anexo 0.

- Análise da Peça 5 – Suporte Interior D

Com base nos dados apresentados na

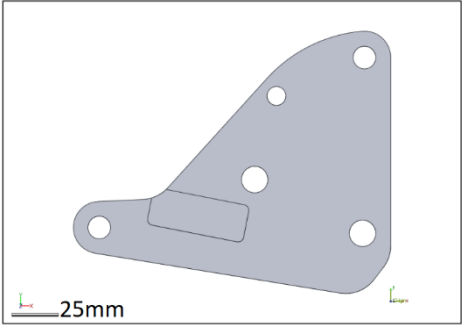
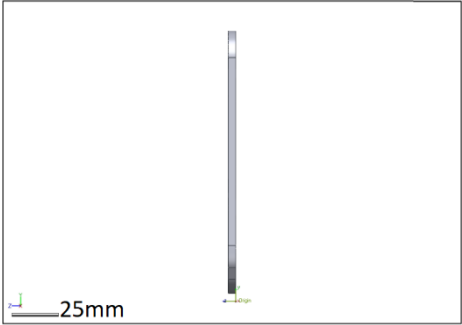
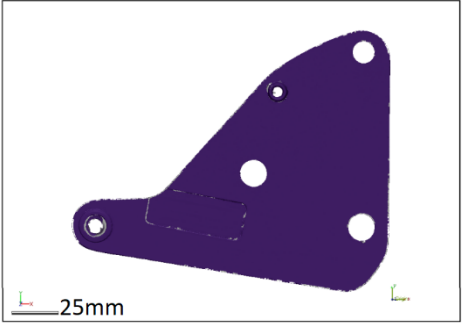

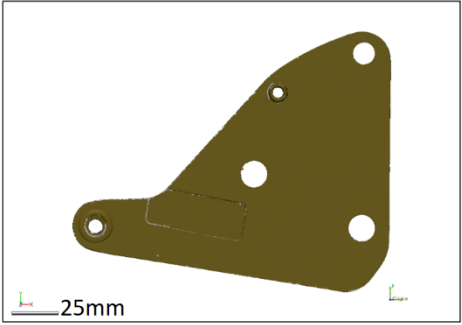
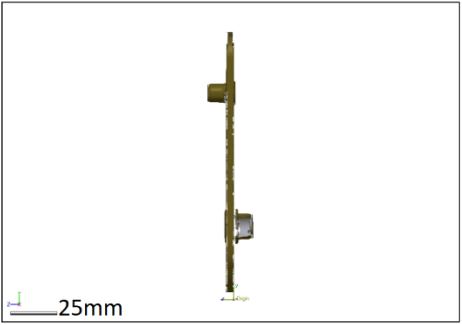
Tabela 74, não são visíveis quaisquer diferenças entre a peça modelada e as peças das amostras. Por este motivo, foi necessário recorrer ao ponto 5 do relatório, representado nas Figura 187, Figura 187 e Figura 189, para obter uma vista mais detalha das peças. Assim, é possível afirmar que estas peças sofreram uma deformação inferior a 0,4 mm. Desta forma, é possível afirmar que as deformações máximas e mínimas apresentadas na Tabela 73 estão incorretas do ponto de vista da peça. As deformações medidas

devem-se ao facto de a peça modelada não ter sido dimensionada com os rebites roscados que a peça real contém.

Tabela 73 - Deformações máximas e mínimas para a peça 5 da PR B&B Offroad

Amostra	Deformação máxima (mm)	Deformação mínima (mm)
1	4,03	-4,11
2	3,90	-3,90
3	4,15	-4,16

Tabela 74 - Vista frontal e lateral da peça 5 relativa às amostras 1, 2, 3 e correspondente modelação

Peça	Vista frontal e lateral das peças	
Modelada		
Amostra 1		
Amostra 2		

Amostra
3

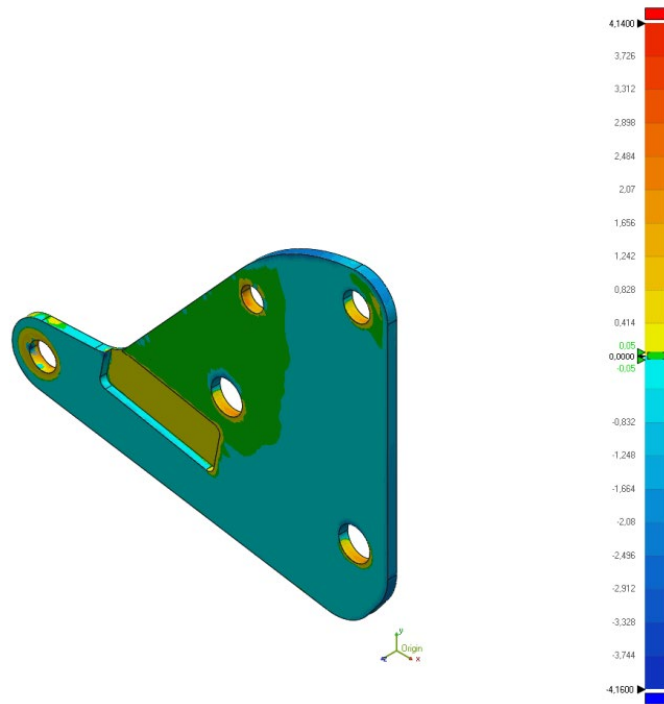
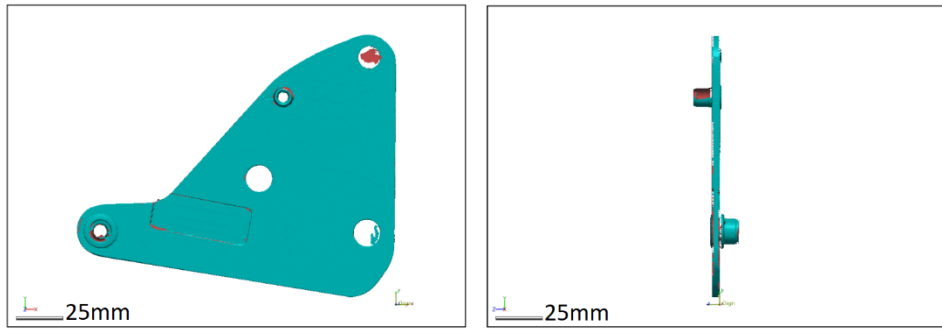


Figura 187 – Suporte Interior D – Amostra 1 – Gráfico de deformações em mm

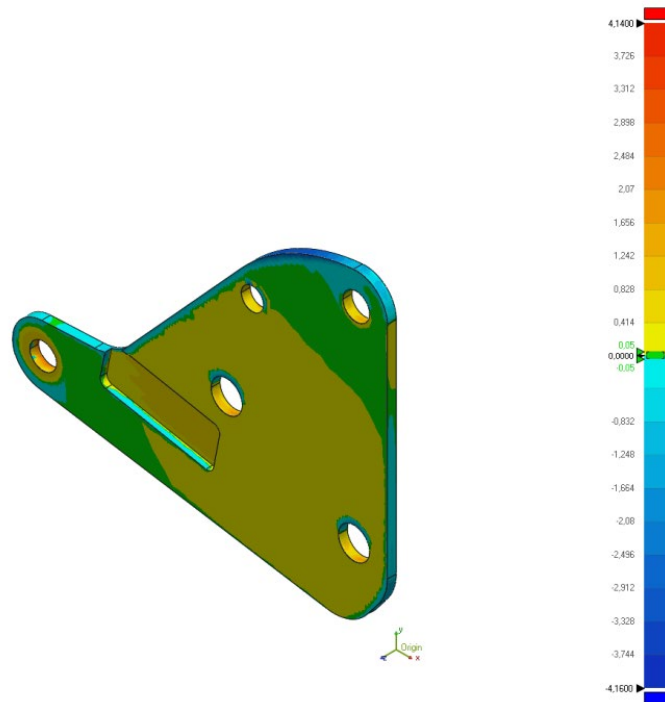


Figura 188 – Suporte Interior D – Amostra 2 – Gráfico de deformações em mm

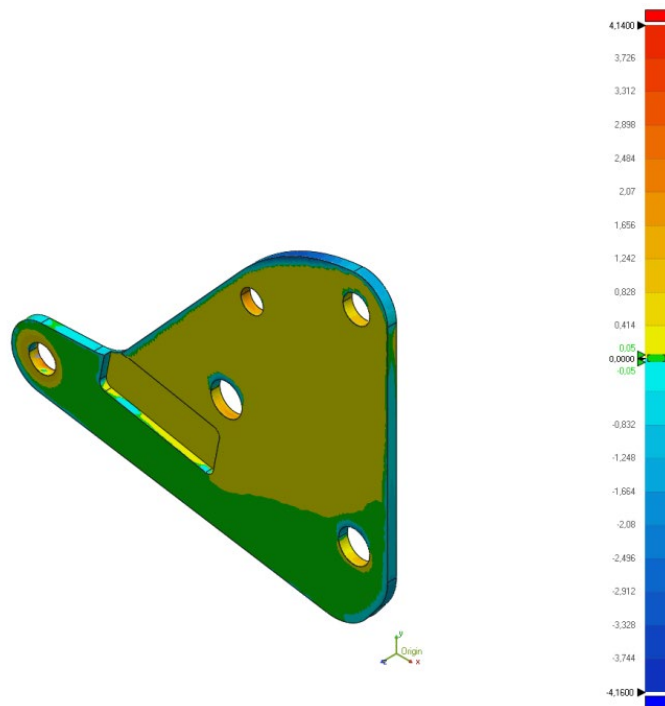


Figura 189 – Suporte Interior D – Amostra 3 – Gráfico de deformações em mm

- Análise da Peça 6 – Suporte Interior E

Assim como aconteceu na análise da peça 5, a peça 6 também não apresenta na vista frontal e lateral diferenças entre a peça modelada e as peças das amostras. Por este motivo, foi necessário recorrer ao ponto cinco do relatório, representado entre as Figura 190 e Figura 192. Assim, é possível afirmar que estas peças sofreram uma deformação inferior a 0,36 mm. O motivo da diferença de deformações apresentadas na Tabela 75 e das deformações visíveis entre as Figura 190 e Figura 192 é o mesmo motivo identificado na análise da peça 5.

Tabela 75 - Deformações máximas e mínimas para a peça 6 da PR B&B Offroad

Amostra	Deformação máxima (mm)	Deformação mínima (mm)
1	3,27	-3,27
2	3,76	-3,76
3	3,63	-3,63

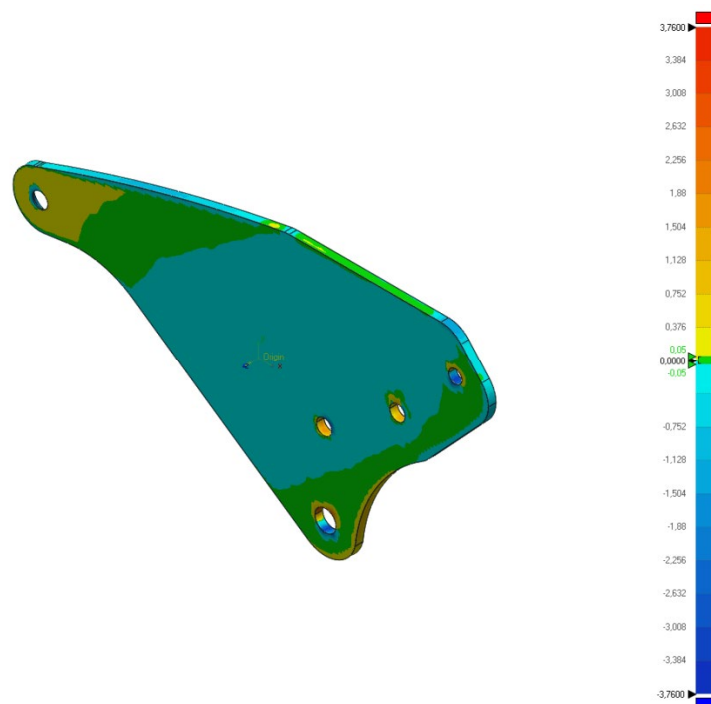


Figura 190 – Suporte Interior E – Amostra 1 – Gráfico de deformações em mm

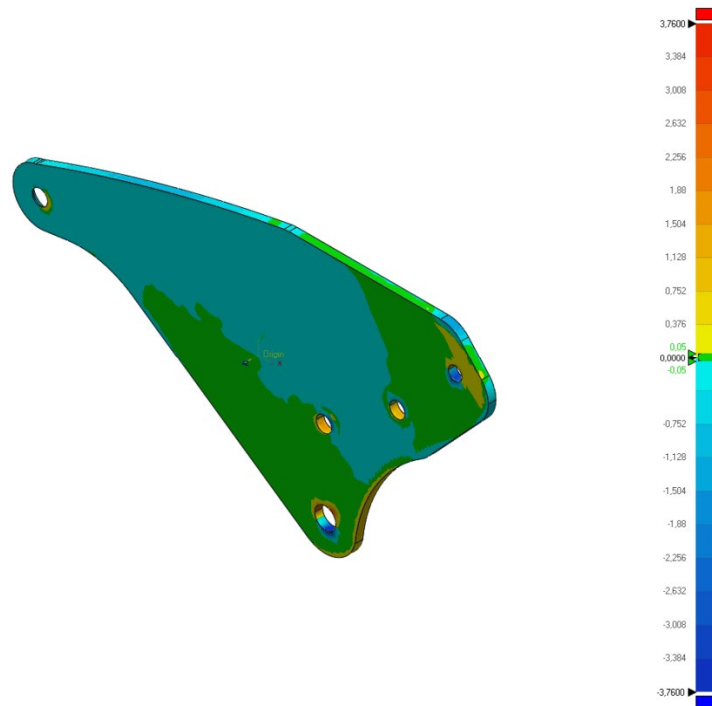


Figura 191 – Suporte Interior E – Amostra 2 – Gráfico de deformações em mm

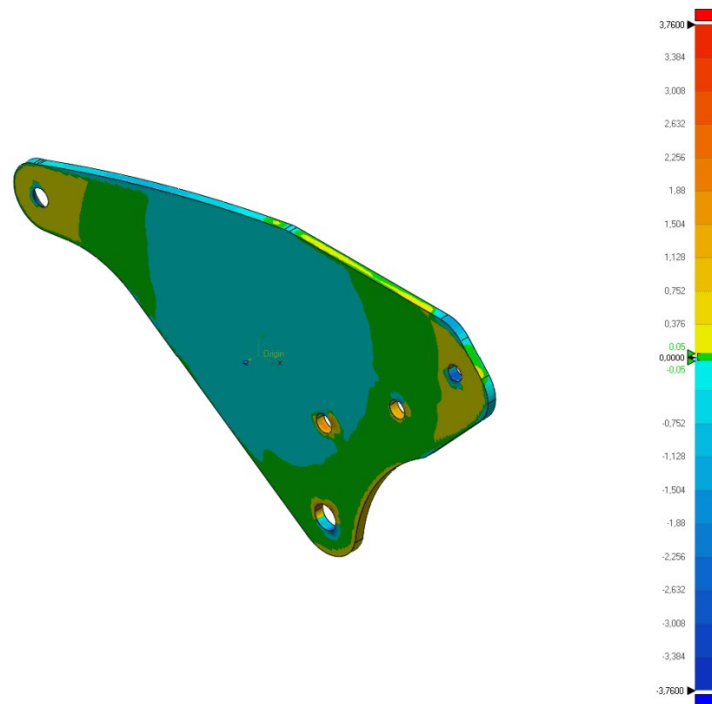


Figura 192 – Suporte Interior E – Amostra 3 – Gráfico de deformações em mm

- Análise da Peça 8 – Suporte Exterior E

Assim como aconteceu na análise da peça 5 e 6, a peça 8 também não apresenta, na vista frontal e lateral, diferenças entre a peça modelada e as peças das amostras. Por este motivo, foi necessário recorrer ao ponto 5 do relatório, representado entre as Figura 193 e Figura 195. Assim, é possível afirmar que estas peças sofreram uma deformação inferior a 0,7 mm. O motivo da diferença de deformações apresentadas na Tabela 76 e das deformações visíveis entre as Figura 193 e Figura 195 é o mesmo motivo já apontado na análise da peça 5.

Tabela 76 - Deformações máximas e mínimas para a peça oito da PR B&B Offroad

Amostra	Deformação máxima (mm)	Deformação mínima (mm)
1	5,68	-5,68
2	6,51	-6,51
3	6,11	-6,11

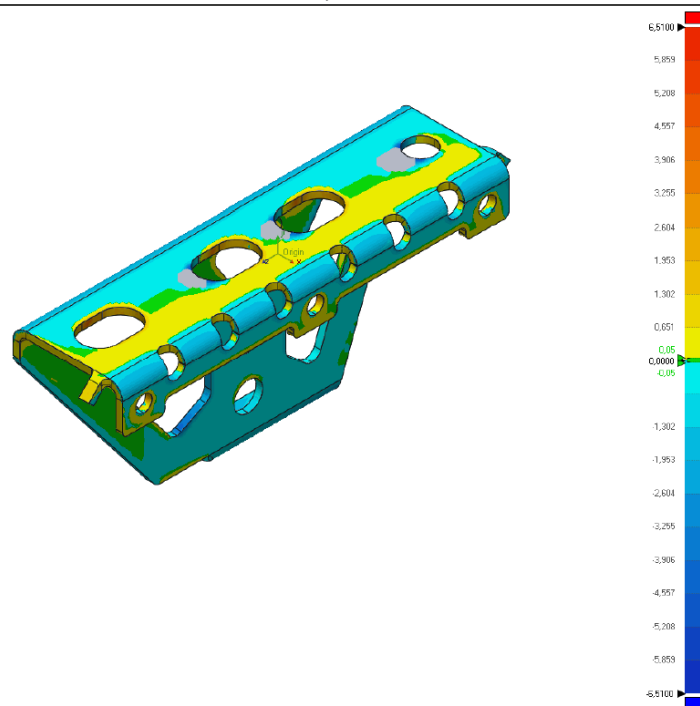


Figura 193 – Suporte Exterior E – Amostra 1 – Gráfico de deformações em mm

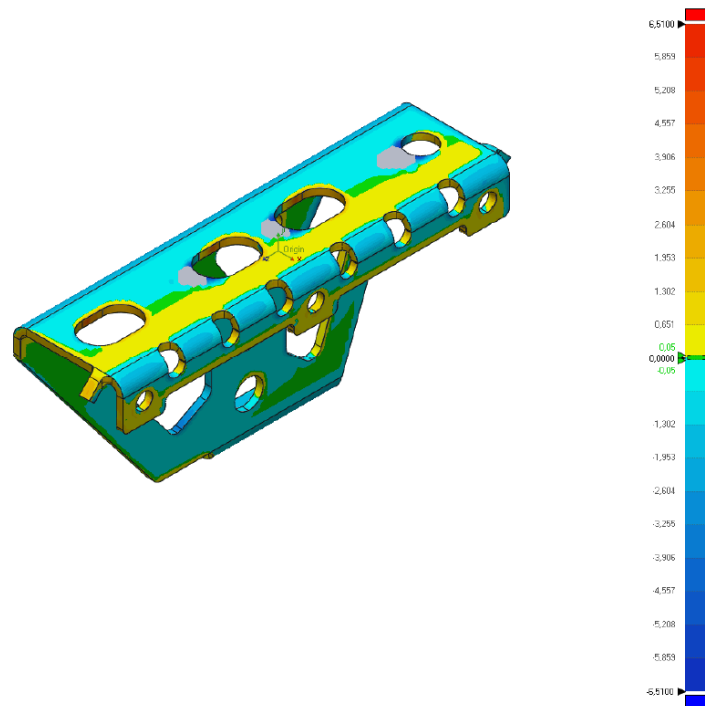


Figura 194 – Suporte Exterior E – Amostra 2 – Gráfico de deformações em mm

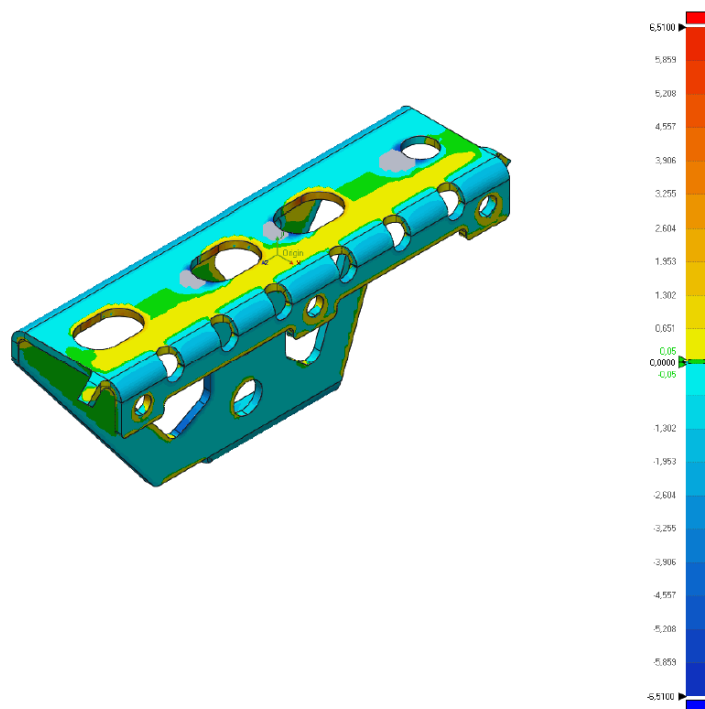


Figura 195 – Suporte Exterior E – Amostra 3 – Gráfico de deformações em mm

- Análise da Peça 9 – Suporte Exterior D

Assim como aconteceu na análise da peça 5, 6 e 8, a peça 9 também não apresenta, na vista frontal e lateral, diferenças entre a peça modelada e as peças das amostras. Por este motivo, foi necessário recorrer ao ponto 5 do relatório, representado entre as Figura 196 e Figura 198. Assim é possível afirmar que estas peças sofreram uma deformação inferior a 1,20 mm. O motivo da diferença de deformações apresentados na Tabela 77 e das deformações visíveis entre as Figura 196 e Figura 198, é o mesmo motivo indicado na análise da peça 5.

Tabela 77 - Deformações máximas e mínimas para a peça 9 da PR B&B Offroad

Amostra	Deformação máxima (mm)	Deformação mínima (mm)
1	3,98	-4,00
2	3,98	-3,98
3	4,06	-3,99

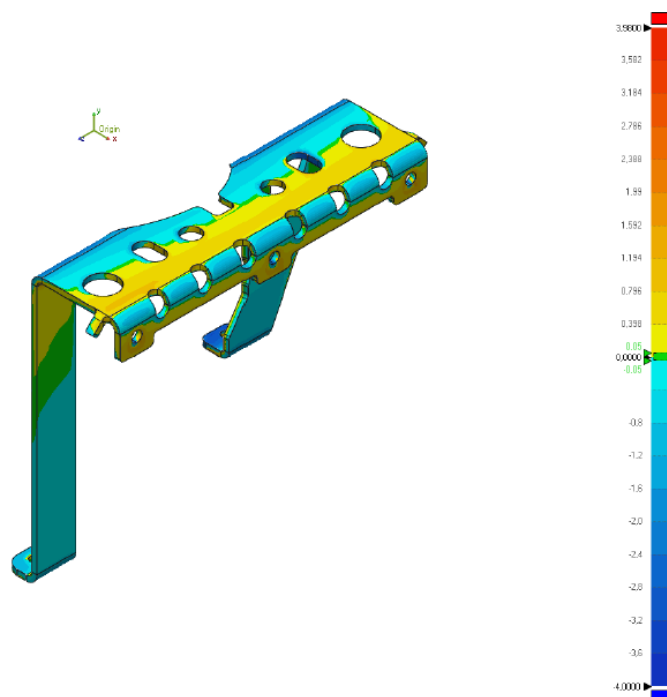


Figura 196 – Suporte Exterior D – Amostra 1 – Gráfico de deformações em mm

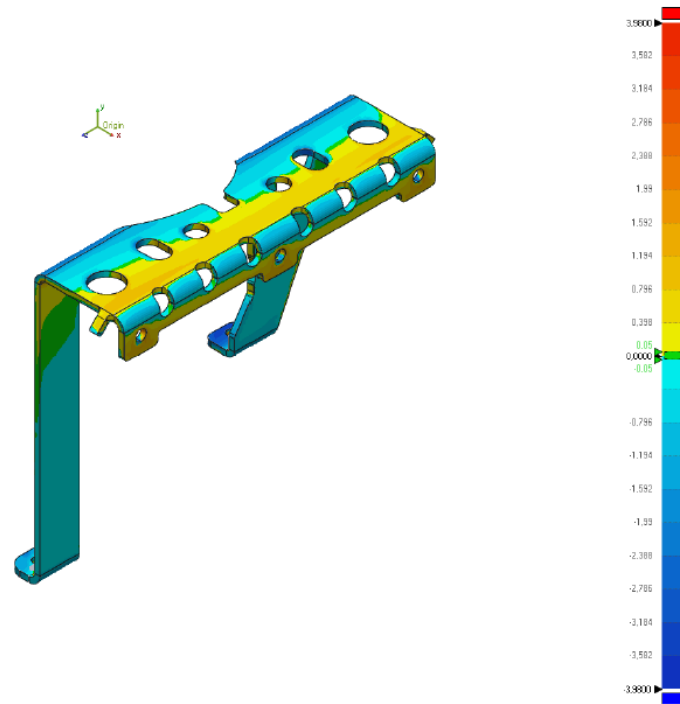


Figura 197 – Suporte Exterior D – Amostra 2 – Gráfico de deformações em mm

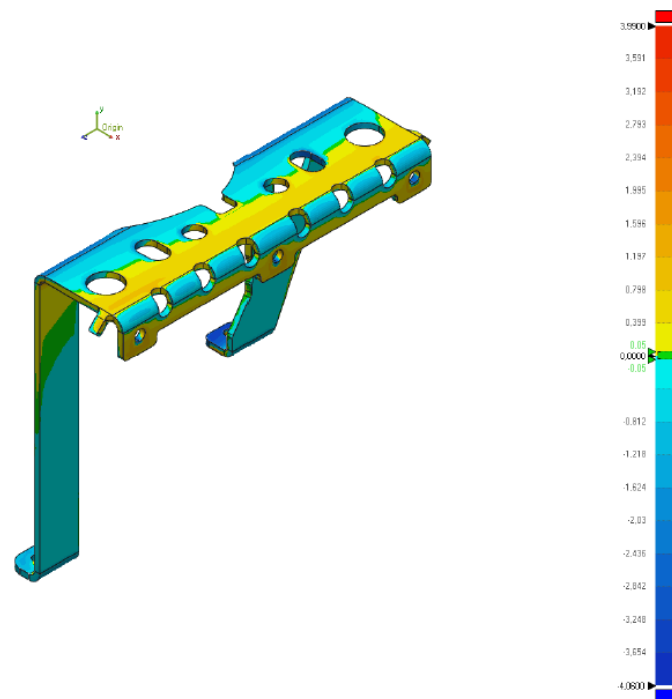


Figura 198 – Suporte Exterior D – Amostra 3 – Gráfico de deformações em mm

9.8 Anexo 8

Pontos de fixação do EI ao equipamento de ensaios de impacto e localização do local de impacto

No que diz respeito às regiões de fixação, foi realizado um levantamento das dimensões da estrutura metálica que compunha a base do equipamento de ensaio, tendo sido obtidas as dimensões apresentadas na Figura 199.

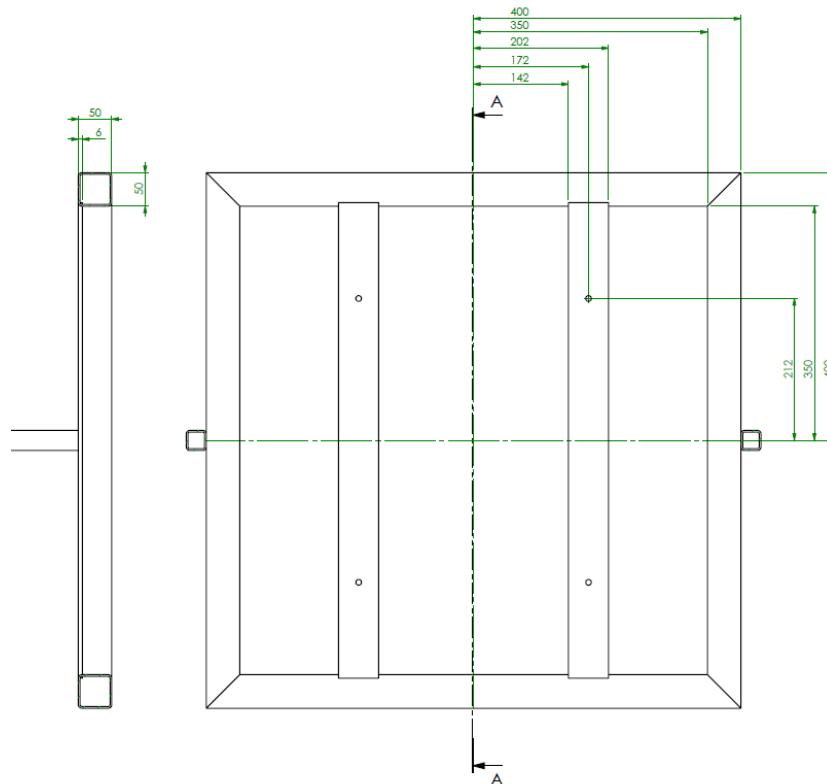


Figura 199 – Possíveis pontos de fixação do EI

Uma localização importante a ser averiguada na estrutura é a localização de impacto. Esta localização encontra-se representada na Figura 200.

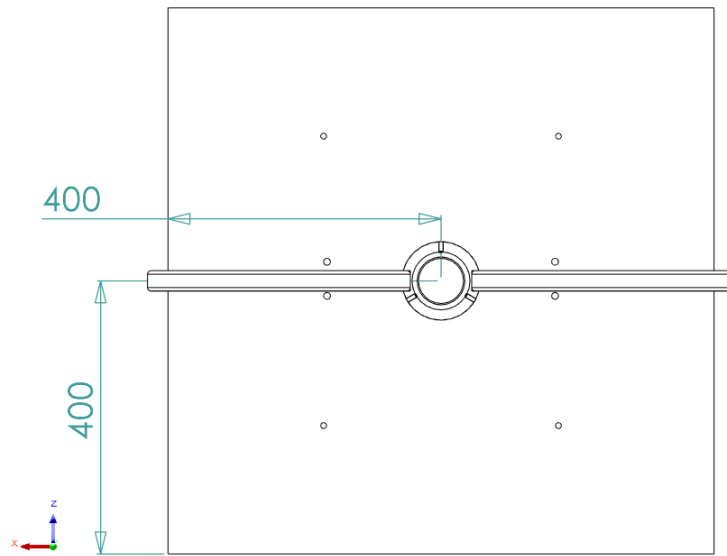


Figura 200 – Coordenadas geométricas do local de impacto

9.9 Anexo 9

Desenho técnicos do equipamento Teste de Queda