

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

GUSTAVO HENRIQUE ROCKEMBACH E SILVA
RIBAMAR ACCO NASCIMENTO TEIXEIRA

**DISPOSITIVO PARA TRANSPORTAR PRANCHAS DE SURFE
DURANTE VIAGENS DE BICICLETA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2017

GUSTAVO HENRIQUE ROCKEMBACH E SILVA

RIBAMAR ACCO NASCIMENTO TEIXEIRA

**DISPOSITIVO PARA TRANSPORTAR PRANCHAS DE SURFE
DURANTE VIAGENS DE BICICLETA**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Carlos Cziulik, Ph.D.

CURITIBA

2017

TERMO DE ENCAMINHAMENTO

Venho, por meio deste termo, encaminhar para apresentação a Fase 2 do Trabalho de Conclusão de Curso “DISPOSITIVO PARA TRANSPORTAR PRANCHAS DE SURFE DURANTE VIAGENS DE BICICLETA”, realizada pelos alunos Gustavo Henrique Rockembach e Silva e Ribamar Acco Nascimento Teixeira, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Cziulik, Ph.D.
UTFPR - Damec

Curitiba, 19 de junho de 2017.

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a Fase 2 do Trabalho de Conclusão de Curso “DISPOSITIVO PARA TRANSPORTAR PRANCHAS DE SURFE DURANTE VIAGENS DE BICICLETA”, realizada pelos alunos Gustavo Henrique Rockembach e Silva e Ribamar Acco Nascimento Teixeira, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Carlos Cziulik, Ph.D.
Departamento Acadêmico de Mecânica, UTFPR
Orientador

Prof. Carla Cristina Amodio Estorilio, D.Eng.
Departamento Acadêmico de Mecânica, UTFPR
Avaliador

Prof. Marcio Henrique de Avelar Gomes, D.Eng.
Departamento Acadêmico de Mecânica, UTFPR
Avaliador

Curitiba, 28 de junho de 2017.

RESUMO

SILVA, Gustavo H. R. e; TEIXEIRA, Ribamar A. N. Dispositivo para transportar pranchas de surfe durante viagens de bicicleta. 2017. 179 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

Cicloturismo e surfe são atividades que proporcionam aos seus adeptos várias características em comum, como contato com a natureza e obtenção de experiências novas. Eles se convergem no momento que é decidido fazer uma viagem de bicicleta por regiões que oferecem condições para a prática de surfe. Assim, o transporte da prancha torna-se uma tarefa bastante incômoda. As alternativas oferecidas atualmente no mercado não se adequam para situações de longos deslocamentos. Nesse contexto, o presente trabalho trata do desenvolvimento do projeto de um dispositivo para transporte de pranchas de surfe durante viagens de bicicleta. Para isso, adota-se a metodologia de Rozenfeld e coautores, a qual engloba desde a etapa de levantamento de informações até o teste do protótipo. Primeiramente, fez-se um estudo geral sobre o cicloturismo e o surfe. Através da utilização de ferramentas como o *benchmarking* e a Casa da Qualidade, foram definidas as especificações técnicas do produto. Na sequência, foram desenvolvidas dez possíveis concepções para o produto. Dentre estas, selecionou-se aquela com melhor potencial de atender as necessidades do cliente e os requisitos de projeto. Então, parte-se para a fase do projeto detalhado, na qual foram estipuladas as entradas de projeto, selecionados os itens comerciais e executados os cálculos preliminares. Realizaram-se simulações computacionais do desempenho estrutural do produto a fim de prever falhas e otimizar seu peso. O projeto foi então documentado em forma de desenhos de fabricação de maneira que pudessem ser utilizados para fabricar um protótipo funcional. As etapas dessa fabricação são descritas detalhadamente, desde a prospecção de fornecedores até a montagem final. Por último, foram averiguados os resultados finais do projeto através da validação das especificações do produto e da execução de testes específicos no protótipo, dentre os quais se inclui a realização de uma pequena viagem de bicicleta para submetê-lo às diversas condições reais de operação. Concluiu-se que, apesar de ter demonstrado resultados satisfatórios quanto sua resistência e funcionalidade, o protótipo apresenta diversas oportunidades de melhorias, como exemplo, a redução e melhor distribuição de seu peso.

Palavras-chave: Cicloturismo. Surfe. Bicicleta. Prancha de surfe.

ABSTRACT

SILVA, Gustavo H. R. e; TEIXEIRA, Ribamar A. N. Dispositivo para transportar pranchas de surfe durante viagens de bicicleta. 2017. 179 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

Cycle touring and surfing are activities that provide its followers several characteristics in common, such as contact with nature and new experiences. They converge at the moment it is decided to take a bike trip through regions that offer conditions for surfing. Thus, transporting the board becomes a very uncomfortable task. The alternatives currently offered in the market are not suitable for situations of long journeys. In this context, the present work deals with the development of the design of a device for carrying surfboards during bike trips. For this, the methodology of Rozenfeld and coauthors is adopted, which includes everything from the information gathering stage to the prototype test. First, there was a general study on cycling and surfing. Through the use of tools such as benchmarking and Quality House, the technical specifications of the product were defined. Subsequently, ten possible designs for the product were developed. Among these, the one with the best potential to meet customer needs and project requirements was selected. It then moves on to the detailed design phase, in which project inputs were stipulated, commercial items selected, and preliminary calculations performed. Computational simulations of the structural performance of the product were performed in order to predict failures and optimize their weight. The design was then documented in the form of manufacturing drawings so that they could be used to fabricate a functional prototype. The stages of this manufacturing are described in detail, from the prospecting of suppliers to the final assembly. Finally, the final results of the project were verified through the validation of the product specifications and the execution of specific tests in the prototype, which includes the accomplishment of a small bike trip to submit it to the various real conditions of operation. It was concluded that, despite having demonstrated satisfactory results regarding its strength and functionality, the prototype presents several opportunities for improvement, such as reduction and better distribution of its weight.

Keywords: Cycle touring. Surf. Bike. Surfboard.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Idade dos praticantes de cicloturismo	18
Figura 2: O uso da bicicleta pelos brasileiros	18
Figura 3: Distância média percorrida em viagens	19
Figura 4: Preferência quanto ao pavimento	19
Figura 5: Transportes alternativos durante cicloturismo	20
Figura 6: Exemplo de bicicleta tipo <i>touring</i>	20
Figura 7: Exemplo de bicicleta tipo <i>mountain</i>	21
Figura 8: Exemplo de bicicleta adaptada pra viagem	22
Figura 9: Aluguel de bicicletas com suporte para prancha em Portugal	26
Figura 10: Principais dimensões da prancha de surfe: (1) comprimento e (2) largura	27
Figura 11: Principais modelos de prancha de surfe	28
Figura 12: Sistema de quilha por encaixe	29
Figura 13: Capa de toalha	30
Figura 14: Capa refletiva para viagem	30
Figura 15: Capa do tipo sarcófago	31
Figura 16: Emissões de gases estufa por sessão de surfe	32
Figura 17: Exemplo de suporte lateral	33
Figura 18: Exemplo de suporte traseiro	28
Figura 19: Exemplo de suporte superior	29
Figura 20: Exemplo de <i>trailer</i>	29
Figura 21: Exemplo de <i>trailer</i> adaptado	30
Figura 22: Exemplo de <i>trailer</i> para transporte de pranchas	31
Figura 23: Exemplo de suporte lateral em cicloturismo	32
Figura 24: Ciclista empurrando sua bicicleta na areia	33
Figura 25: Diagrama representativo da Função Global do Produto	46
Figura 26: Concepção 1 – Canoa	50
Figura 27: Concepção 2 – Sup <i>Carrier</i>	51
Figura 28: Concepção 3 – Proa	54
Figura 29: Concepção 4 – Roda Extra	53
Figura 30: Concepção 5 – <i>Trailer</i> Clássico	54
Figura 31: Concepção 6 – Surfista Nômade	56
Figura 32: Concepção 7 – <i>The Drifter</i>	56
Figura 33: Concepção 8 – Minimalista	56
Figura 34: Concepção 9 – Desbravador	57
Figura 35: Concepção 10 – <i>Tuk Tuk</i>	58
Figura 36: Identificação das partes da estrutura do trailer	61
Figura 37: Propagadores de restrição	62
Figura 38: Conjunto da roda	64
Figura 39: Pneu do <i>trailer</i>	65
Figura 40: Abraçadeiras do apoio da prancha	65
Figura 41: Junta universal disponível no mercado	66
Figura 42: Parafuso de fixação no eixo da bicicleta	67
Figura 43: Componentes da caixa de direção	68
Figura 44: Parafuso com cabeça sextavada interna	69
Figura 45: Primeira versão do projeto	73
Figura 46: Mesa convencional para <i>mountain bike</i>	74
Figura 47: Segunda versão do projeto	74

Figura 48: Terceira versão do projeto	75
Figura 49: Quarta versão do projeto	76
Figura 50: Quinta versão do projeto	77
Figura 51: Estrutura que suporta a prancha	78
Figura 52: Modelo 3D do bagageiro	79
Figura 53: Modelo 3D do pára-lama	80
Figura 54: Modelo 3D do reforço bi partido	80
Figura 55: Montagem completa	81
Figura 56: Aceleração de diversos modelos de bicicleta no asfalto	84
Figura 57: Frenagem de diversos modelos de bicicleta no asfalto	84
Figura 58: Condições de contorno para aceleração	85
Figura 59: Condições de contorno para frenagem	85
Figura 60: Teste de impacto para garfo de bicicleta	86
Figura 61: Condições de contorno para impacto vertical	87
Figura 62: Condições de contorno para impacto lateral	88
Figura 63: Condições de contorno para impacto lateral	88
Figura 64: Condições do teste de fadiga do garfo da bicicleta	89
Figura 65: Condições de contorno para análise modal	90
Figura 66: Resultados da análise de aceleração para a segunda versão do projeto	91
Figura 67: Resultados da análise de aceleração para a terceira versão do projeto	91
Figura 68: Resultados da análise de frenagem para a segunda versão do projeto	92
Figura 69: Resultados da análise de frenagem para a terceira versão do projeto	92
Figura 70: Resultados da análise de impacto lateral para a segunda versão do projeto	93
Figura 71: Resultados da análise de impacto lateral para a terceira versão do projeto	93
Figura 72: Resultados da análise de impacto vertical para a segunda versão do projeto	94
Figura 73: Resultados da análise de impacto vertical para a terceira versão do projeto	94
Figura 74: Resultados da análise modal para a segunda versão do projeto	95
Figura 75: Resultados da análise modal para a terceira versão do projeto	95
Figura 76: Erro de montagem da estrutura principal	103
Figura 77: Detalhe da ausência de furação na gancheira e do tubo aberto	104
Figura 78: Utilização do esmeril para acabamento dos cortes de encaixe da cantoneira	105
Figura 79: Cantoneira de suporte do bagageiro e para-lama finalizada	105
Figura 80: Soldagem da cantoneira na estrutura	106
Figura 81: Detalhes das soldas	106
Figura 82: Corte das chapas de apoio	108
Figura 83: Tentativa de furação na chapa de apoio	108
Figura 84: Resultado da tentativa de furação na chapa de apoio	109
Figura 85: Reforço bi partido confeccionado em ABS	110
Figura 86: Processo de dobramento da barra retangular de alumínio	111
Figura 87: Calandragem da chapa utilizada para representar o para-lama	111
Figura 88: Estrutura montada com o garfo	113
Figura 89: Protótipo final acoplado à bicicleta	113
Figura 90: Dimensões verificadas	119

Figura 91: Centro de gravidade do trailer e da bicicleta	120
Figura 92: Área exposta a um fluxo de vento normal ao plano vertical do trailer	123
Figura 93: Conjunto realizando uma curva de raio pequeno	126
Figura 94: Protótipo ultrapassando uma depressão no percurso	127
Figura 95: Configuração do protótipo durante a ciclovagem	128
Figura 96: Substituição da câmara de ar do pneu traseiro da bicicleta	129
Figura 97: Teste em trecho pavimentado com paralelepípedos	130
Figura 98: Configuração da bicicleta de Dan Malloy	141
Figura 99: Configuração da bicicleta de Scott Paynton.....	142
Figura 100: Configuração da bicicleta de Rian Cope	143
Figura 101: Configuração da bicicleta de Devon Raney	144
Figura 102: Configuração da bicicleta de Liam C	144
Figura 103: Configuração da bicicleta de Aaron Beasley	145
Figura 104: Configuração da bicicleta de André Torelly	146
Figura 105: Questionário (Avaliação da experiência do respondente)	147
Figura 106: Questionário (Avaliação do respondente sobre os suportes atuais).....	148
Figura 107: Questionário (Avaliação do respondente sobre as características do suporte).....	149
Figura 108: Resultados do questionário	150

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores das respostas segundo a experiência	42
Tabela 2: Necessidades dos clientes	43
Tabela 3: Requisitos de Projeto	44
Tabela 4: Especificações de Produto	45
Tabela 5: Lista de funções do produto	49
Tabela 6: Classificação das Concepções	59
Tabela 7: Composição química percentual máxima do aço inox 302	70
Tabela 8: Propriedades mecânicas aço inox 302	70
Tabela 9: Propriedades mecânicas do alumínio ASTM 1050	71
Tabela 10: Propriedades mecânicas do Politereftalato de Etileno	71
Tabela 11: Propriedades mecânicas do ABS	72
Tabela 12: Estimativa de custos do protótipo	98
Tabela 13: Lista de fornecedores	100
Tabela 14: Comparação das dimensões	119

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparação entre detalhes do modelo 3D e protótipo	114
Quadro 2: Benchmarking	151
Quadro 3: Casa da qualidade	153
Quadro 4: Matriz Morfológica	154
Quadro 5: Conjunto das concepções propostas a partir da Matriz Morfológica	156
Quadro 6: Matriz de Avaliação Relativa Modificada	157
Quadro 7: Lista dos prestadores de serviços contatados	176
Quadro 8: Descritivo dos custos de produção dos SSCs do protótipo	177

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contexto do Tema	14
1.2	Caracterização da Oportunidade	14
1.3	Objetivos	14
1.3.1	Objetivo Geral	14
1.3.2	Objetivos Específicos	15
1.4	Justificativa	15
1.5	Metodologia de Desenvolvimento	15
1.6	Estrutura do Trabalho	16
2	O CICLOTURISMO E O SURFE	17
2.1	Cicloturismo	17
2.1.1	Cicloturismo no Brasil	17
2.1.2	Perfil do cicloturista brasileiro	18
2.1.3	Tipos de bicicleta	20
2.2	Surfe	22
2.2.1	Surfe no Brasil	23
2.2.2	Perfil dos praticantes de surfe	24
2.2.3	A prancha de surfe	26
2.3	Interação do cicloturismo com o surfe	31
2.3.1	Formas de transportar pranchas em bicicletas	32
2.3.2	Como são realizadas as viagens	35
2.4	Caracterização da Oportunidade	38
3	PROJETO INFORMACIONAL	40
3.1	<i>Benchmarking</i>	40
3.2	Resultados gerais do <i>benchmarking</i>	40
3.2.1	Análise sobre as diferentes posições de transporte	41
3.3	Levantamento das necessidades do cliente	42
3.3.1	Tabela das necessidades do cliente	42
3.4	Requisitos de projeto	43
3.5	Casa da Qualidade	43
3.6	Especificações de produto	44
4	PROJETO CONCEITUAL	46
4.1	Função global do produto	46
4.1.1	Delimitação do método de transporte da prancha	47
4.1.2	Lista de funções	48
4.2	Princípios de soluções	48
4.3	Geração de concepções	49
4.3.1	Descrição das concepções	50
4.4	Seleção da concepção do produto	58
4.4.1	Valoração das soluções	58
4.4.2	Matriz de avaliação relativa modificada	59
4.4.3	Classificação das concepções	59
4.4.4	Concepção adotada	59
5	PROJETO DETALHADO	61

5.1	Propagadores de restrição	61
5.2	Seleção dos componentes	63
5.3	Escolha do material	69
5.4	Definição do <i>layout</i> técnico	72
5.4.1	Primeira versão	72
5.4.2	Segunda versão	73
5.4.3	Terceira versão	75
5.4.4	Quarta versão	76
5.4.5	Quinta versão	77
5.4.6	Apoio da prancha	78
5.4.7	Bagageiro	79
5.4.8	Pára-lama	79
5.4.9	Reforço	80
5.4.10	Montagem	80
5.5	Simulação estrutural	81
5.5.1	Detalhamento do modelo	81
5.5.2	Definição dos critérios de avaliação	82
5.5.3	Definição dos carregamentos adotados	83
5.5.4	Resultados dos carregamentos adotados	90
5.5.5	Avaliação dos resultados	96
6	FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO	97
6.1	Obtenção de recursos	97
6.2	Desenvolvimento de fornecedores e parceiros	98
6.2.1	Fornecedores de componentes e matéria-prima	99
6.2.2	Fornecedores de Serviços	100
6.3	Processos de fabricação e montagem	101
6.3.1	Garfo e Estrutura	101
6.3.2	Suporte da prancha	107
6.3.3	Reforço bi partido	109
6.3.4	Bagageiro	110
6.3.5	Para-lama	110
6.4	Montagem final	112
6.5	Análise de custos	116
7	VALIDAÇÃO E TESTES	118
7.1	Verificação das medidas geométricas	118
7.2	Validação das especificações do produto	120
7.2.1	Deslocamento do centro de gravidade	120
7.2.2	Massa	121
7.2.3	Número de peças para montagem	121
7.2.4	Número de ferramentas para montagem	122
7.2.5	Componentes padronizados	122
7.2.6	Coefficiente aerodinâmico	122
7.2.7	Força utilizada para fixar a prancha	123
7.2.8	Força adicional para acionar o pedal	123
7.2.9	Força exercida sobre a superfície da prancha	123
7.2.10	Volume encaixotado	124
7.2.11	Tempo para encaixe da prancha	124

7.2.12	Tempo para desencaixe da prancha por estranhos	124
7.2.13	Volume disponível para as pranchas	124
7.3	Avaliação do comportamento dinâmico	125
7.3.1	Testes preliminares	125
7.3.2	Simulação de uma ciclovagem	127
7.4	Avaliação final do protótipo	130
8	CONCLUSÕES	130
8.1	Recomendações para melhorias do projeto	132
9	REFERÊNCIAS	132
APÊNDICE A – RELATOS DE VIAGENS		141
A.1.	Descrição	141
A.2.	Análise	146
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO		147
APÊNDICE C – RESULTADOS QUESTIONÁRIO		150
APÊNDICE D – <i>BENCHMARKING</i>		151
APÊNDICE E – CASA DA QUALIDADE		153
APÊNDICE F – MATRIZ MORFOLÓGICA		154
APÊNDICE G – COMBINAÇÕES DE PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO		156
APÊNDICE H – MATRIZ DE AVALIAÇÃO RELATIVA MODIFICADA		157
APÊNDICE I – DESENHOS DE FABRICAÇÃO		158
APÊNDICE J – LISTA DOS PRESTADORES DE SERVIÇOS CONTATADOS		176
APÊNDICE K – ANÁLISE DO CUSTO UNITÁRIO DE FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO		177
ANEXO I – DADOS DE ACELERAÇÃO UTILIZADOS		179

1 INTRODUÇÃO

O modo de vida da sociedade moderna exige das pessoas muita dedicação e esforço. Destinar a maior parte do tempo ao trabalho e estudos é tarefa essencial para se defender da competição acirrada pela sobrevivência. Porém, a necessidade de sair da rotina e conquista de auto-realização faz com que as viagens atuem como instrumento de renovação pessoal. Paralelamente, o contato com a natureza provoca a sensação de retorno às origens, onde o homem livra-se do mundo criado por agrupamentos sociais para experimentar e se envolver com a simplicidade presente no meio natural (SERRANO; BRUHNS, 1997).

O surfe aparece como uma atividade profundamente interligada à natureza, principalmente por ser praticado em ambiente marinho. Seus adeptos são considerados atores presentes em questões de preservação ambiental (GORAYEB, 2003).

Por outro lado, a realização de viagens a destinos exóticos e longínquos em busca de ondas perfeitas faz parte do imaginário de qualquer surfista. Contudo, velocidade e conveniência mudaram drasticamente a essência das viagens de surfe. Até mesmo os lugares mais remotos são alcançados com facilidade através da oferta de grande variedade de serviços turísticos. Enquanto isso, a experiência e satisfação alcançadas por surfistas desbravadores de praias intocadas ficam cada vez mais distantes.

Neste contexto, o cicloturismo surge como uma alternativa para realização de viagens de surfe. Tal modalidade consiste em utilizar uma bicicleta como principal meio de transporte durante a viagem. Sua prática vem crescendo ao longo de todo o mundo, sobretudo em países desenvolvidos.

Porém, o transporte do equipamento de surfe é um empecilho a ser superado em ciclovias. Cada viajante deve solucioná-lo com a opção que melhor convém, já que não existe um produto consolidado para exercer esta função.

Apesar de essa modalidade ser ainda pouco aceita por surfistas, já existem alguns adeptos que encontraram nesta forma de viagem o verdadeiro espírito do surfe. Assim, existe a oportunidade da criação de um produto inovador que

solucione todos os problemas envolvidos em transportar por longas distâncias pranchas de surfe através de bicicletas.

1.1 Contexto do Tema

O projeto deste trabalho tratará de desenvolver um equipamento adequado e otimizado para solucionar as questões pertinentes ao transporte de pranchas de surfe em viagens de bicicleta. Seu estudo contribui com a formação técnica dos autores, já que a atividade envolve vários assuntos relacionados à engenharia, como metodologia de projetos, mecânica dos sólidos e ciências de materiais.

Adicionalmente, existem atratividades econômicas que geram interesse ao projeto. Ambos os mercados direcionados ao cicloturismo e ao surfe encontram-se em ascensão, sendo que no Brasil ambos têm excelentes projeções de crescimento nos próximos anos.

Sendo viagens de surfe empregando bicicletas uma atividade ainda recente, o produto assumiria o posto de inovador e sua concepção se tornaria referência para futuros desenvolvimentos.

1.2 Caracterização da Oportunidade

A questão a ser examinada envolve: como transportar uma prancha de surfe durante uma viagem de bicicleta prolongada utilizando um dispositivo que proporcione segurança para os ciclistas, proteção ao equipamento de surfe, facilidade na instalação e que tenha pouca influência no desempenho da bicicleta.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é desenvolver o projeto e fabricar o protótipo de um dispositivo para transportar pranchas de surfe durante viagens de bicicleta.

1.3.2 Objetivos Específicos

O alcance do referido objetivo geral se dará com o cumprimento sequencial dos objetivos específicos listados a seguir:

- a) Conhecer as características de uma cicloturagem transportando prancha de surfe;
- b) Compreender quais as dificuldades encontradas para que o transporte seja realizado;
- c) Identificar as necessidades mais relevantes.
- d) Desenvolver conceitos para o produto e selecionar aquele com maior potencial;
- e) Executar o projeto detalhado baseado no conceito de produto selecionado.

1.4 Justificativa

O desenvolvimento desse dispositivo resultará em um produto inovador no mercado de brasileiro, estimulando tanto a prática do cicloturismo quanto de surfe. Além disso, o equipamento irá oferecer maior segurança e conformo para o ciclista durante a viagem, como também melhor proteção para a prancha de surfe.

1.5 Metodologia de Desenvolvimento

Para esse projeto será utilizada a metodologia de Rozenfeld *et al.* (2005) de desenvolvimento de produto, a qual é dividida em quatro fases distintas:

- a) Projeto informacional: entendimento sobre o tema e assuntos transversais, informações sobre as necessidades do cliente e produtos relacionados já existentes no mercado;
- b) Projeto conceitual: com base nas informações levantadas, desenvolver produtos conceituais utilizando diferentes soluções e selecionar a melhor opção entre elas;
- c) Projeto detalhado: dimensionamento estrutural do produto escolhido na fase anterior e criação dos desenhos detalhados;

- d) Fabricação do protótipo: construção de um protótipo para testes e validação do projeto.

1.6 Estrutura do Trabalho

O Capítulo 1 apresenta o contexto do tema e a oportunidade identificada, bem como os objetivos, justificativas e metodologia para desenvolvimento do projeto. No Capítulo 2 são expostas informações sobre o cicloturismo, perfil dos ciclistas e modelos de bicicletas utilizados. Da mesma forma são descritos os dados sobre surfe, perfil dos surfistas e modelos de pranchas convencionalmente utilizadas. Para concluir o capítulo, é conduzida uma análise de como as duas atividades interagem e como é atualmente realizado o transporte de pranchas durante ciclovagens. A caracterização da oportunidade também é apresentada. No Capítulo 3 é apresentado o *benchmarking* de diversos modelos de suportes e *trailers* específicos para essa função. Também, apresenta-se uma análise das vantagens e desvantagens de cada um dos modelos. O levantamento das necessidades dos clientes, requisitos de projeto, Casa da Qualidade e especificação de produto também são expostos nesse capítulo. Dando prosseguimento, o Capítulo 4 inicia-se com a definição da função global a qual o produto é destinado. Então ela é desmembrada em sub-funções para cada qual são propostos diversos princípios de solução. As diferentes combinações destes resultam na geração de potenciais concepções do produto. Através do recurso da matriz de avaliação relativa modificada é selecionada uma concepção para servir de referência na fase seguinte. O Capítulo 5 envolve todas as etapas do projeto detalhado, que vão desde a definição das entradas de projeto até sua documentação por meio de desenhos técnicos. Nesta fase são desenvolvidos os modelos computacionais do produto para avaliação dimensional e realização de simulações estruturais. No Capítulo 6 é pormenorizado como se deu a fabricação do protótipo funcional. Nele é descrito como foram levantados os recursos, estabelecidos fornecedores e executadas as operações de fabricação propriamente dita. A avaliação do protótipo fabricado foi conduzida através de validações e testes práticos, estes relatados no Capítulo 7. Por último, o Capítulo 8 apresenta as conclusões finais acerca do projeto desenvolvido, comentando sobre os pontos que futuramente deverão ser levados em conta para otimizar o produto.

2 O CICLOTURISMO E O SURFE

A seguir, será exposto sequencialmente o levantamento do estado da arte referente ao cicloturismo, ao surfe e, por último, à interação entre estas duas atividades.

2.1 Cicloturismo

O conceito de cicloturismo pode ser definido como turismo utilizando como veículo a bicicleta ou viajar de bicicleta. A característica básica da modalidade é percorrer grandes distâncias. Quando as mesmas são pequenas deve-se utilizar o termo “passeio ciclístico” (OLINTO, 2009).

O que diferencia o cicloturismo de outras modalidades do ciclismo é abordagem mais moderada em relação à competição entre os participantes. Com isso, o objetivo principal se torna aproveitar os momentos em que se pratica a atividade (GARCIA; TELLES, 2011).

Uma das principais vantagens de se praticar o cicloturismo é de poder estar em contato com a natureza de uma forma mais direta e intensa durante todo o percurso. Além disso, tem-se o prazer de superar os desafios e dificuldades encontrados na viagem (DUARTE, 2001).

2.1.1 Cicloturismo no Brasil

O cicloturismo tem ganhado destaque e novos adeptos em todo o mundo. E no Brasil isso não é diferente. O IBGE infelizmente não tem um dado concreto sobre a quantidade de ciclistas existentes no país, porém uma estimativa feita em 2010 é de cerca de vinte mil praticantes de cicloturismo (ALCORTA, 2010).

Com o desenvolvimento da atividade e com a paixão pela aventura, novos roteiros estão sendo descobertos e tem desenvolvido o mercado de turismo em regiões rurais de pequenas cidades por diversos estados. Durante a viagem o ciclista, muitas vezes, necessita de uma hospedagem e alimentação. Além disso, explora as atividades culturais e de entretenimento no local (CEZAR, 2013).

2.1.2 Perfil do cicloturista brasileiro

Utilizando os dados da pesquisa realizada por Paupitz (2012) pode-se observar algumas características relacionadas aos praticantes de cicloturismo no Brasil. A pesquisa utilizou formulários eletrônicos que ficaram dois meses disponíveis online e tiveram 302 respostas validadas. Todos os que responderam tem nacionalidade brasileira e de regiões diferentes.

A maioria dos ciclistas é do sexo masculino (85%) e tem idade entre 26 e 45 anos (71%), conforme mostrado na Figura 1.

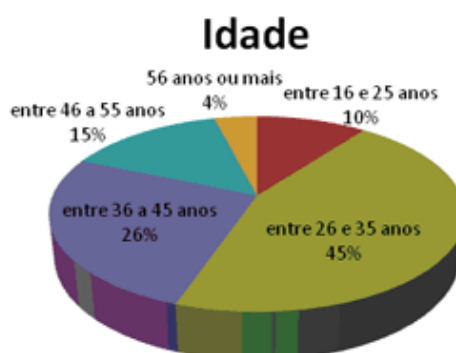


Figura 1 – Idade dos praticantes de cicloturismo¹

Fonte: (PAUPITZ, 2012)

Conforme apresentado na Figura 2, apenas 10% dos ciclistas realizam viagens com sua bicicleta. Entretanto, deve-se considerar que as pessoas que buscam lazer e, principalmente, aventura no ato de pedalar, podem ser potenciais cicloturistas, esses representam 38% dos ciclistas atualmente.



Figura 2 – O uso da bicicleta pelos brasileiros

Fonte: (PAUPITZ, 2012)

¹ Todas as Figuras, Tabelas e Quadros sem indicação específica da fonte foram produzidas pela equipe.

O preparo físico dos praticantes, bem como as condições de relevo e das estradas brasileiras, possibilita que a maioria dos ciclistas percorra entre 50 e 100 quilômetros por dia durante sua viagem. Porém, uma parcela considerável consegue percorrer acima dos 100 quilômetros diários, conforme Figura 3.



Figura 3 – Distância média percorrida em viagens

Fonte: (PAUPITZ, 2012)

Quanto à preferência do terreno para se pedalar a maioria opta por estradas não pavimentadas, como mostra a Figura 4. A parcela de ciclistas que pedalam em ambos ou não tem uma preferência formada esta representada por “outros”.



Figura 4 – Preferência quanto ao pavimento

Fonte: (PAUPITZ, 2012)

Foi possível observar também que grande parte dos ciclistas prefere cuidar pessoalmente da organização de sua viagem e fazer isso de forma independente. Dentre os que utilizam os serviços de agências de turismo, metade respondeu que o principal motivo é a segurança proporcionada pelos profissionais.

A Figura 5 mostra que muitos ciclistas não utilizam outro meio de transporte durante a viagem. Dentre os que optam por casualmente utilizar meios de deslocamento alternativos à bicicleta, a grande maioria recorre ao uso do ônibus.



Figura 5 – Transportes alternativos durante a ciclovagem
Fonte: (PAUPITZ, 2012)

2.1.3 Tipos de bicicleta

Segundo Garcia e Telles (2014), um velho ditado do cicloturismo é “a melhor bicicleta para viajar é aquela que você tem”. Isso dá maior abrangência ao esporte visto que mesmo pessoas com condições financeiras mais simples podem realizá-lo. Escolher uma bicicleta para praticar o cicloturismo envolve uma série de fatores a serem considerados. Por isso, pode-se afirmar que não existe uma bicicleta ideal e sim, a melhor para sua viagem e suas condições financeiras (ALCORTA, 2010).

a) *Touring Bike*

O tipo de bicicleta mais recomendado para trechos maiores de asfalto é do tipo *touring* (Figura 6). Ela apresenta melhor desempenho nos trechos pavimentados e tem resistência suficiente para rodar em trechos rurais. Porém, deixa a desejar no quesito conforto.



Figura 6 – Exemplo de bicicleta tipo *touring*
Fonte: (TOURING BIKES, SD)

b) Mountain Bike

As principais características da bicicleta de montanha são os pneus largos, com cravos para uso em terrenos irregulares e sem pavimentação e o guidão reto. Outros pontos característicos são amortecedores dianteiros e traseiros e freios a disco hidráulicos ou mecânicos. A geometria do quadro e dimensões das rodas estão entre os itens que ainda são testados nas mais diversas condições para definição de qual tecnologia se adapta melhor a cada situação (SIGWALT; CARDOSO, 2014).

Quando a maior parte do percurso da viagem é em estrada não pavimentada, uma bicicleta do tipo *mountain* é mais adequada. Ela apresenta mais resistência em relação ao modelo *touring*, além de ser mais confortável devido à suspensão dianteira e a posição de pedalar, como mostrado na Figura 7. A bicicleta mais indicada para o cicloturista brasileiro é a *mountain bike*, pois é a mais robusta e adequada a todos os tipos de terreno.



Figura 7 – Exemplo de bicicleta tipo *mountain*
Fonte: (SWINNERTON CYCLES, SD)

c) Bicicleta para cicloturismo

De modo geral, os praticantes fazem adaptações em bicicletas que já possuíam antes de pensar em fazer a primeira viagem. Os acessórios necessários também dependem de como será realizada a viagem: qual a duração, onde será a hospedagem, como serão as alimentações, além do conforto que o ciclista deseja carregar. Normalmente, elas apresentam suportes para alforjes junto às rodas e alguns acessórios a mais como: uma ou duas garrafas de hidratação, suporte para

bomba de ar, bolso para ferramentas, lanternas para iluminação, espelho retrovisor, suporte para GPS ou celular, entre outros (Figura 8).



Figura 8 – Exemplo de bicicleta adaptada pra viagem
Fonte: (BIKE EXCHANGE, SD)

2.2 Surfe

O surfe é uma atividade realizada em águas oceânicas rasas cujo objetivo é aproveitar a energia das ondas para, com o auxílio de uma prancha, adquirir sustentação sob a superfície da água e deslizar ao longo do trecho de arrebentação (EDGE, 2001).

O local exato do surgimento do surfe não é considerado unanimidade entre os historiadores. Porém, foi nos Estados Unidos que o esporte ressurgiu, influenciado pela cultura de seu arquipélago havaiano, e se desenvolveu para a forma que é praticada até agora. Em primórdios do século XX, o esporte foi disseminado ao longo das regiões costeiras americanas, sendo que o ápice de popularização ocorreu no estado da Califórnia. Na segunda metade do século XX o surfe extrapolou a barreira de simples atividade ao ar livre para assumir o posto de subcultura. Foi um diferenciador social que, junto com o movimento *hippie* da década de 60, guiou jovens a se desprenderem dos costumes tradicionais e se isolarem dos avanços capitalistas gerados pelo pós-guerra (KAMPION; BROWN, 1998).

Porém, estes mesmos avanços da economia também geraram desenvolvimento tecnológico. A substituição das pranchas de madeira pelas de materiais compósitos contribuiu para a massificação e a crescente comercialização do esporte. O mercado destinado ao surfe começou a se formar e a ganhar identidade. *Surf shops*, filmes, roupas e revistas especializadas ganharam força (RIBEIRO, 2003. p. 43).

Hoje, o surfe tem sua cultura disseminada nas mais distintas regiões do mundo. A *International Surfing Association* (ISA) conta com 105 países associados, sendo que alguns nem mesmo litoral possuem, como Afeganistão, Hungria e Suíça (INTERNATIONAL SURFING ASSOCIATION, 2015).

2.2.1 Surfe no Brasil

O surfe foi introduzido no Brasil na década de 1930 e os primeiros praticantes estavam no litoral de São Paulo. Porém, foi somente nos anos 1950 que surgiu o primeiro grupo de surfistas no país, na cidade do Rio de Janeiro. Foi impulsionado a partir de uma mudança comportamental resultante do avanço da economia e da indústria cultural brasileira ligadas à expansão da cultura norte-americana (RIBEIRO, 2003. p. 69).

Assim como ocorrido anteriormente nos EUA, durante as décadas de 1980-90 o esporte e aquilo que o envolve cresceram consideravelmente no Brasil: fábricas de roupas, equipamentos e acessórios; lojas e marcas, mídia especializada; números de competições e de praticantes (FORTES, 2011).

O país conta com o número de praticantes ocasionais na ordem de 2,4 milhões, movimentando negócios em diversos estados, principalmente na cidade de Florianópolis-SC, com média de um surfista praticante para cada grupo de vinte moradores (DA COSTA, 2005).

Atualmente, o surfe profissional brasileiro configura-se entre as três maiores potências do circuito mundial da *World Surf League* (WSL), juntamente com Austrália e EUA. A evolução do esporte no país chegou ao seu ápice depois da primeira conquista brasileira de um título mundial, vencido por Gabriel Medina no ano de 2014 (BRANDÃO, 2015). A ascensão dos atletas brasileiros no cenário do surfe surpreendeu a comunidade internacional, a qual já reconhece e respeita toda a

história envolvida nessa jornada de desenvolvimento (LEHMAN, 2014). Conseqüentemente, a reputação da indústria brasileira de surfe acompanhou o progresso do esporte, tendo produtos aceitos e consolidados perante o mercado externo (STOTZ, 2009).

2.2.2 Perfil dos praticantes de surfe

Os praticantes de surfe, conhecidos como surfistas, têm características bastante próprias. Tratam a atividade não somente como esporte, mas como estilo de vida. Fortes (2011, p. 214) define o surfe como uma subcultura midiática, devido ao grande papel que a mídia especializada teve ao longo de sua evolução.

Em 1966, o lançamento do aclamado filme documentário *Endless Summer* colaborou para o estabelecimento de uma importante característica presente nos surfistas: o prazer de explorar novas praias. Nele, o cinegrafista Bruce Brown acompanha dois surfistas californianos numa jornada ao redor do mundo em busca de ondas desconhecidas. A partir de então, as viagens de surfe, conhecidas por *surf trips*, aparecem como traço marcante de produtos de mídia, ajudando a transformá-las numa atividade bastante valorizada pela subcultura do surfe (FORTES, 2011, p. 341).

Dolnicar e Fluker (2003) conduziram uma investigação sobre as características demográficas e psicográficas dos turistas de surfe e concluíram que o aspecto mais importante do destino é a ausência de *crowd*, como é chamado o acúmulo de praticantes numa mesma área do mar. 72% dos entrevistados consideraram que a atração das viagens não é somente encontrar boas condições de prática, mas sim poucas pessoas para disputar as ondas. Outras informações relevantes apresentadas foram: 60% preferem ondas entre 4 e 6 pés de altura e 27% entre 6 e 8 pés; 55% preferem que a viagem dure menos de duas semanas; 48% procuram novos países e novas praias; 73% preferem se deslocar em várias áreas e praias de um mesmo destino, o que sugere um padrão de viagem muito móvel e focado na busca de experiências.

Santos (2011) desenvolveu uma pesquisa a fim de fornecer informações úteis para gestores e operadores de turismo interessados em elaborar pacotes turísticos exclusivos para surfistas. O autor cita que a presença de serviços de aluguel de

carros e motocicletas na região turística aumenta a facilidade de acesso às praias pouco exploradas, tornando-as mais frequentadas e menos secretas.

Alcântara, Matias e Araújo (2012) levantaram dados sobre as motivações envolvidas em viagens dos surfistas do nordeste do Brasil. Os resultados apontaram que são na maioria homens (93%), com idades que variam entre 30 e 35 anos (33%). Geralmente, busca-se auto realização através de experiências novas oriundas da interação com o local visitado, tanto aspectos naturais quanto sociais.

A consciência ambiental também é uma característica marcante dos surfistas. Isso se deve ao contato íntimo que o surfe tem com a natureza e seus elementos. Muitas organizações de proteção ambiental surgiram da comunidade do surfe, podendo-se citar a *Surfrider Foundation* como a mais representativa (WAGNER; NELSEN; WALKER, 2011).

Ao estudar a viabilidade da criação de uma rota de surfe para a região de Peniche, em Portugal, Cabeleira (2011) assume como hipótese de estudo que os surfistas tendem a ser respeitantes do meio ambiente. Citam-se as iniciativas dos municípios de Cascais e Ericeira em incentivar a utilização de bicicletas, sendo que nesta última uma empresa oferece serviço de aluguel de bicicletas com suporte para prancha de surfe (ver Figura 9). Tomando estes exemplos como inspiração, sugere-se que criação de serviços similares em Peniche permitiria ligar a cidade às zonas mais dispersas de forma mais ecológica e de custo reduzido.

Quanto à preferência de equipamento, Howard (2015) publicou um artigo no portal online da revista especializada em surfe australiana *Stab Magazine* sobre os modelos de prancha mais vendidos no ano de 2014. Através de consulta aos fabricantes líderes de mercado mundial, pode-se concluir que os surfistas atuais estão procurando por pranchas de menor comprimento, área superficial mais ampla e maior volume.



Figura 9 – Serviço de aluguel de bicicletas com suporte para prancha de surfe em Portugal

Fonte: Go Out (2011)

2.2.3 A prancha de surfe

No início do desenvolvimento do surfe moderno, por volta de 1880, as pranchas de surfe eram compostas basicamente de madeira, principalmente madeira balsa. Nos anos 1950 e 1960 uma revolução na fabricação de pranchas foi iniciada com a invenção das pranchas com núcleo de espuma. Neste tipo de construção, um bloco de poliuretano é recoberto com fibra de vidro e embebido com resina de poliéster. Isso permitiu um significativo decréscimo no peso total da prancha. Os blocos de poliuretano, que contribuem com 50% do peso total, apresentam densidades típicas de 20 – 50 kg/m³ (MCCAGH, 2013). Um peso aproximado de uma prancha gira em torno de 3 kgf para um modelo padrão com 1,8 m de comprimento e 0,3 m de largura (6 pés X 12 pol). Pela natureza de seus materiais, as pranchas são muito frágeis sendo que pequenos impactos de objetos rígidos podem danificar sua laminação.

O design das pranchas foi se desenvolvendo ao longo da história. No geral, foi reduzido o tamanho e melhorado o desempenho hidrodinâmico pela manutenção de suas curvas. Existem muitas variáveis geométricas que impactam diretamente na performance da prancha. Entretanto, para o presente trabalho as dimensões

relevantes são o comprimento e largura (Figura 10). O comprimento é medido a partir de uma linha reta que vai desde a rabeta até o bico e a largura é a maior distância transversal entre as bordas da prancha. Tradicionalmente, as unidades utilizadas para descrever as medidas de prancha de surfe são pés e polegadas. Porém, por conveniência ao leitor o presente trabalho descreve as medidas no SI. A espessura, independente do modelo, sofre pouca mudança, variando na faixa de 3,8 a 7,6 cm (1,5 a 3 pol).

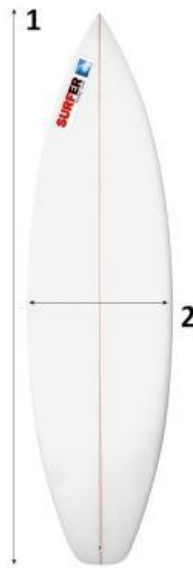


Figura 10 – Principais dimensões da prancha de surfe: (1) comprimento e (2) largura

Fonte: Adaptado de Surfer Today (2015)

Em razão do surfe poder ser praticado em diferentes praias e por diferentes surfistas, sempre existirá um modelo de prancha mais adequado para cada situação. A figura 11 mostra os principais modelos das pranchas modernas.

A *shortboard* é caracterizada pelo bico fino e dimensões reduzidas. Permite ao surfista excelente mobilidade para manobras e curvas fechadas. Seu comprimento varia desde 1,65 até 2,15 m (5,5 - 7 pés). É o modelo mais utilizado no mundo.

O *longboard* é o mais antigo e tradicional dentre os modelos. Possui bico arredondado e grande comprimento, podendo chegar a 3,65 m (12 pés). É recomendável para iniciantes, por causa de sua grande estabilidade, ou para aqueles que preferem uma linha de surfe mais clássica.

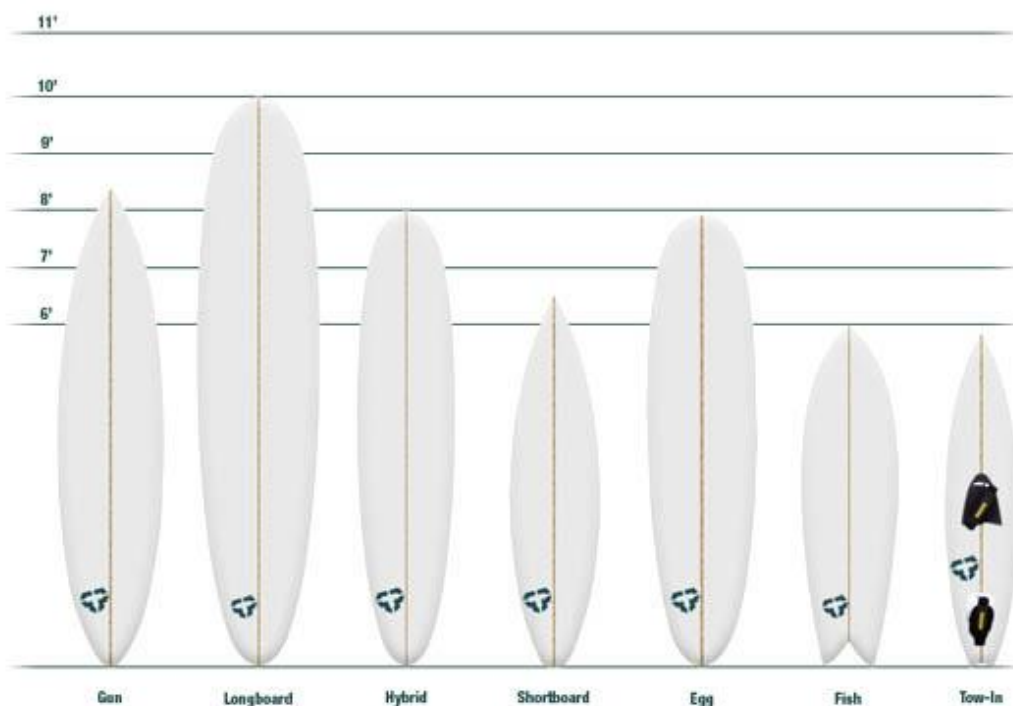


Figura 11 – Principais modelos de prancha de surfe

Fonte: Tactics (2015)

A *gun* é o modelo escolhido quando as ondas estão grandes e exigem da prancha velocidade, controle e grande flutuação para a remada. É similar à *shortboard* e diferencia-se pelo comprimento maior, variando entre 2,15 a 3,65 m (7 - 12 pés).

A *hybrid* combina características da *shortboard* e *longboard*, medindo entre 2,15 a 2,75 m (7 - 9 pés). A *egg* é uma versão da *longboard* com menos área de bico, mede entre 1,82 e 2,45 m (6 - 8 pés). Conhecidas no Brasil como *funboard*, são recomendadas para iniciantes ou para quando o mar oferece condições fracas.

A *fish* foi desenvolvida a partir da introdução das pranchas biquilhas no mercado. Com isso, foi possível reduzir consideravelmente o comprimento, proporcionando um salto de desempenho em relação aos *longboards*. Seu comprimento característico está entre 1,5 e 2,15 m (5 - 7 pés). É um modelo que, embora possa apresentar traços mais modernos, agrada muito aos surfistas saudosistas.

A prancha *town-in* somente é utilizada quando as condições do mar estão extremas para o surfe de remada, exigindo-se a utilização de jet-skis para rebocar o atleta em direção às ondas. Por esse motivo, não são relevantes para este trabalho.

A medida da largura não é uma característica determinada pelo modelo. Em geral, pranchas pequenas variam entre 45 e 55 cm (17 - 21 pol) e as grandes podem chegar a 60 cm (24 pol).

Todas as dimensões citadas são estimativas baseadas em consultas a catálogo de fabricante (CHANNEL ISLANDS, 2015) e guia de pranchas de mídia especializada (FLUIR, 2015).

As quilhas foram sempre um grande empecilho para o transporte das pranchas. Contudo, os modernos sistemas de quilha por encaixe já são amplamente utilizados (Figura 12). Isso possibilita que múltiplas pranchas possam ser empilhadas para transporte.

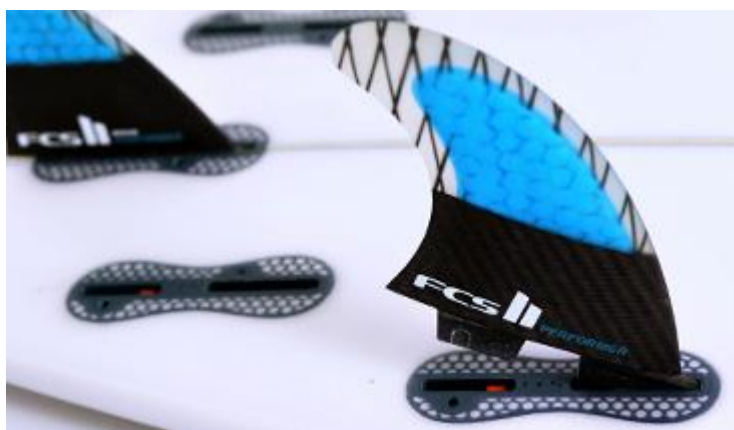


Figura 12 – Sistema de quilha por encaixe
Fonte: FCS (2015)

Uma tarefa igualmente importante é analisar os acessórios empregados para proteger e armazenar as pranchas de surfe durante deslocamentos. Para isso, são utilizados diferentes tipos de capas de prancha, geralmente, disponíveis em tamanhos diversos.

A capa toalha é o modelo mais simples encontrado no mercado (Figura 13). Sua utilidade limita-se à proteção de pequenos impactos e à exposição direta com o sol, tendo utilidade apenas para curtos deslocamentos até a praia.



Figura 13 – Capa de toalha

Fonte: Dakine (2015)

A opção mais utilizada por surfistas é a capa refletiva (Figura 14). Caracteriza-se pelo acolchoamento interno, que garante relativa proteção a impactos, e pelo revestimento externo de lona refletiva, que evita o superaquecimento da prancha. É ideal para ser transportada na parte superior externa de carros através do uso de *racks*.



Figura 14 – Capa refletiva para viagem

Fonte: Dakine (2015)

A capa ideal para viagens de longa duração é o chamado sarcófago (Figura 15), que possui camada mais espessa de acolchoado em relação às outras opções. Comporta mais de uma prancha, sendo que alguns modelos acomodam até cinco unidades. Para isso, dispõe de divisórias internas que evitam o contato direto entre elas.



Figura 15 – Capa do tipo sarcófago
Fonte: Dakine (2015)

2.3 Interação do cicloturismo com o surfe

Segundo conceituação da EMBRATUR; IBAMA (1994), ecoturismo é um segmento da área turística que utiliza, de forma sustentável, o patrimônio natural e cultural, incentiva sua conservação e busca a formação de uma consciência ambientalista através da interpretação do ambiente, promovendo o bem-estar das populações envolvidas. Tal definição é a principal característica em comum entre cicloturismo e surfe. O primeiro é considerado por Carvalho, Ramos e Sydow (2013) uma mobilidade de viagem sustentável que permite contato com a natureza e suporte econômico às populações locais. O segundo, apesar da relação intrínseca com o meio ambiente e de ser realizado, em grande parte, em povoados remotos, gera significativo impacto ambiental (LOMAX, 2015).

Em estudo realizado para avaliar o ciclo de vida da prancha de surfe, Schultz (2009) conclui que a parcela mais significativa do impacto ambiental causado pela prática de surfe é oriunda do uso de veículos automotores nos deslocamentos até as praias. A Figura 16 mostra que a utilização de carros durante as sessões de surfe contribui em até dez vezes mais emissões de kg de CO₂ que a fabricação da prancha, podendo dobrar essa quantidade no caso dos *pick-ups*.

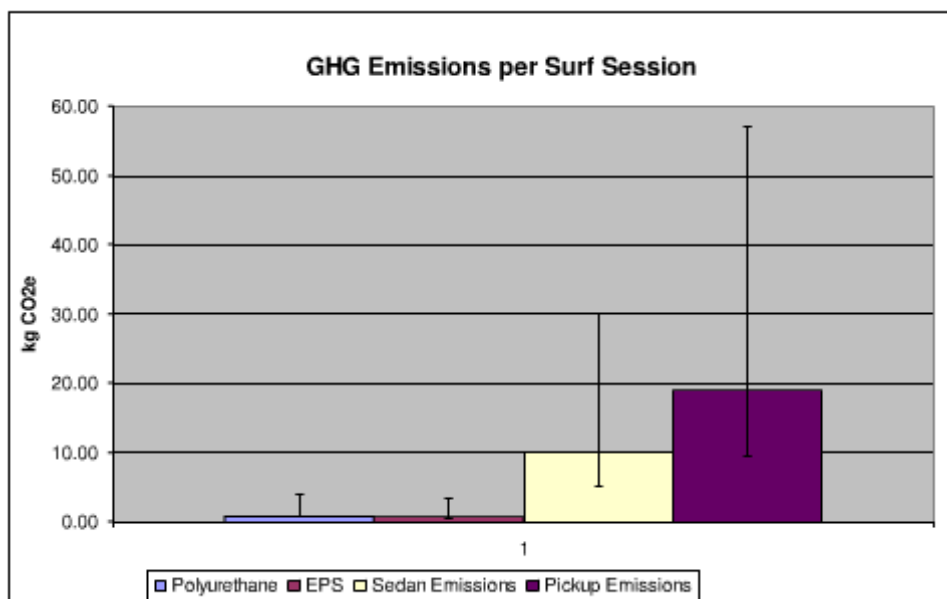


Figura 16 – Emissões de gases estufa por sessão de surfe
Fonte: Schultz (2009)

Na tentativa de encontrar uma maneira alternativa de realizar viagens, alguns surfistas começaram a adotar a bicicleta como meio de transporte. Contudo, surgiu a difícil tarefa de acomodar todo o material de surfe neste modal.

2.3.1 Formas de transportar pranchas em bicicletas

As grandes dimensões da prancha de surfe tornam-se um grande desafio para eleger a melhor maneira de transportá-las numa bicicleta.

Praticantes de surfe que moram próximos à praia e desejam praticidade, rapidez e custo reduzido nos deslocamentos até ela têm a opção de carregar suas pranchas acopladas à bicicleta. Para isso, são utilizados equipamentos denominados *racks*, ou simplesmente suportes.

O suporte lateral é o dispositivo mais usado nesse contexto (SURFER TODAY, 2015). Trata-se de empregar ganchos fixados, geralmente, no canote e parte frontal do quadro da bicicleta (Figura 17). A prancha é presa por fitas ou cordas. Alguns modelos suportam até duas pranchas. Porém, são mais utilizados para apenas uma. Garante a segurança da prancha quanto ao deslocamento no suporte.



Figura 17 – Exemplo de suporte lateral
Fonte: Bless This Stuff (SD)

O suporte traseiro é uma alternativa ao lateral (Figura 18). A posição da prancha garante simetria na bicicleta e que ambos os lados fiquem livres. Ventos laterais tornam-se um grande problema devido à área superficial da prancha ficar totalmente exposta a eles.



Figura 18 – Exemplo de suporte traseiro
Fonte: Surfer Today (2015)

Inspirado nos *racks* para carros, o suporte superior permite o transporte de mais de uma prancha, sendo que a sua posição assegura o bom desempenho aerodinâmico da bicicleta (Figura 19). Os pontos negativos são a modificação do centro de gravidade e falta de praticidade para fixar a prancha.



Figura 19 – Exemplo de suporte superior
Fonte: Canal Off (2013)

O uso de reboques, conhecidos por *trailers*, emprega uma abordagem alternativa aos *racks*. Consiste numa estrutura presa na parte traseira da bicicleta que sustenta a prancha através de rodas. A desvantagem é o peso extra. A Figura 20 mostra um exemplo de *trailer* para transporte de pranchas.



Figura 20 – Exemplo de *trailer*
Fonte: Hi Consumption (SD)

2.3.2 Como são realizadas as viagens

Através de ferramentas de busca na internet, é possível rapidamente encontrar dezenas de relatos de surfistas que adotaram o cicloturismo como meio de realizar suas viagens de surfe. O Apêndice A contém aqueles considerados relevantes para levantamento da informação.

Basicamente, a opção mais considerada foi rebocar as pranchas por meio de *trailer*, de uma ou duas rodas. Seu ponto positivo é manter a estabilidade da bicicleta. Como inconveniência, pode-se citar o peso extra, necessidade de manutenção e restrição nas trilhas mais acidentadas. A Figura 21 mostra um *trailer* para carga comum transportando uma prancha, enquanto que a Figura 22 contém um *trailer* específico para esta aplicação.



Figura 21 – Exemplo de *trailer* adaptado
Fonte: Bikensurf (2011)



Figura 22 – Exemplo de *trailer* para transporte de pranchas
Fonte: Quiver Kaddy (2012)

Outra solução utilizada é o *rack* lateral. Alguns dos pontos negativos já foram comentados na seção anterior. No caso de viagens, os bagageiros traseiros com alforjes são bastante empregados para o transporte de cargas gerais. Sendo assim, o uso suporte lateral é limitado pelo espaço físico disponível. A Figura 23 mostra como isso pode ser resolvido, substituindo um dos alforjes pelo suporte. Entretanto, o volume de bagagem fica reduzido, restringindo essa solução a pequenas viagens, além de dificultar o equilíbrio de peso lateral.



Figura 23 – Exemplo de suporte lateral em cicloviamagem
Fonte: Eat Sleep Surf (2013)

As estradas, em geral, são as mesmas utilizadas durante cicloviamagem convencionais, podendo ser de cascalho, lamacentas, pedregosas e pavimentadas (SIGWALT; CARDOSO, 2015). Entretanto, deve-se levar em conta que grande parte do percurso pode ser percorrido em trilhas de areia próximas as praias ou, até mesmo, na própria orla litorânea. Com isso, deve ser considerada a possibilidade do ciclista ter que empurrar a bicicleta em trechos onde o tipo de areia impossibilita deslocar-se pedalando (ver Figura 24). A areia e o ambiente úmido e salgado são fatores que danificam a bicicleta, exigindo-se cuidados especiais quanto à manutenção após a pedalada (PETRIS, 2015).



Figura 24 – Ciclista empurrando sua bicicleta na areia
Fonte: Hiperativos (SD)

2.4 Caracterização da Oportunidade

Viajar de bicicleta carregando pranchas de surfe pode ser uma experiência tanto prazerosa quanto incômoda. A escolha da forma de carregar os equipamentos, bagagens e pranchas durante dias, semanas ou meses de viagem é uma tarefa bastante complexa. Certamente, qualquer alternativa selecionada terá mais pontos negativos do que positivos.

Nesse contexto, conforme será detalhado no próximo capítulo, nota-se a escassez de opções eficientes ofertadas no mercado. Em geral, são pequenos fabricantes localizados em regiões específicas da Austrália e Estados Unidos, países com grande número de surfistas e onde o cicloturismo já está consolidado. Nenhuma das opções, entretanto, apresenta um diferencial em seu mecanismo que corresponda à necessidade da atividade.

O litoral brasileiro possui cerca de 7,4 mil quilômetros de extensão (PORTAL BRASIL, 2015), sendo que alguns trechos apresentam condições bastante favoráveis ao surfe, como o litoral norte de São Paulo e o catarinense. No litoral do vizinho Uruguai também se encontram muitas praias frequentadas por surfistas, além de já ser trajeto clássico de cicloturistas brasileiros.

O mercado brasileiro não oferece nenhum produto específico para a ocasião, existindo então uma oportunidade para desenvolver um equipamento de cunho inovador que atenderá as necessidades envolvidas no transporte de pranchas de surfe durante viagens de bicicleta.

3 PROJETO INFORMACIONAL

Nesse capítulo, será abordada a metodologia utilizada para a aquisição dos dados que são usados no decorrer do trabalho. O *benchmarking* foi estruturado para a captura das informações técnicas relevantes dos produtos existentes hoje, tanto no mercado internacional como nacional. Foram escolhidos suportes que transportam as pranchas em diferentes posições ao redor da bicicleta. Os dados foram analisados para que fosse possível entender quais as principais diferenças entre os suportes e quais suas principais qualidades. Depois foi aplicado um questionário *on-line* (ver Apêndice B) onde foram obtidas 87 respostas de brasileiros e pessoas de outros países como Nova Zelândia e Indonésia. Um resumo gráfico das respostas pode ser encontrado no Apêndice C. Com o questionário foi possível perceber quais as necessidades que a maioria dos possíveis usuários julga mais importantes no produto. Essas necessidades foram traduzidas em requisitos de projetos que serviram de base para compor a Casa da Qualidade. Com essa, foi possível determinar os requisitos que devem ser priorizados no projeto e compilar a especificação do produto.

3.1 *Benchmarking*

Para compor o *benchmarking* foram selecionados vários tipos de suportes específicos para transportar pranchas em bicicleta. Foi priorizado escolher suportes que carreguem a prancha em diferentes posições para melhor entendimento das vantagens e desvantagens de cada uma das soluções.

Os principais quesitos avaliados foram: i) a forma de transporte; ii) pontos de fixação na bicicleta; iii) peso e outros dados de engenharia; iv) a montagem do suporte; e v) os recursos que minimizam danos a prancha. A tabela de *benchmarking* pode ser encontrada no Apêndice D.

3.2 Resultados gerais do *benchmarking*

Foram analisados suportes que transportam a prancha na lateral da bicicleta, na parte posterior e, também, sobre o ciclista. Ainda, foram selecionados *trailers* específicos para o transporte de pranchas de surfe. Durante a pesquisa foi possível

perceber que no mercado internacional a maior parte dos suportes são laterais e carregam pranchas até 2,1 m (7 pés). Para pranchas ou distâncias maiores os *trailers* são mais utilizados. No mercado nacional foram encontrados apenas alguns modelos de suportes laterais.

Quanto à fixação, todos os suportes analisados, se apoiam de alguma forma no canote do banco do ciclista. Quando o suporte necessita de mais um apoio o segundo ponto é, normalmente, a caixa de direção ou o eixo traseiro.

Os suportes são compostos de duas a dez partes distintas e são utilizados sempre parafusos para fazer a junção entre eles. Para executar a montagem, normalmente, não é necessária mais de uma ferramenta.

O peso e o volume quando encaixotados variam muito de acordo com o tipo do suporte, devido as suas características físicas. Os materiais mais utilizados para a fabricação são ligas de alumínio e aços inoxidáveis. Foram encontrados apenas dois suportes que são feitos de aço carbono.

Os suportes conseguem carregar apenas uma prancha. Alguns modelos de *trailers* carregam duas ou três. A fixação da prancha no suporte ocorre quase sempre, por elásticos ou fitas que pressionam a mesma sobre uma superfície com revestimento emborrachado. Nenhum deles apresenta algum tipo de dispositivo que dificulte o furto da prancha.

Para a conversão do preço dos produtos internacionais foi utilizada a cotação do dólar comercial do dia 14/11/2015. Os encargos relacionados a frete e impostos não foram considerados. Foi possível observar que os preços praticados no mercado nacional encontram-se bem abaixo da média, para os suportes de todos os tipos. Para os *trailers* os preços são bastante superiores, como era esperado, devido ao seu custo de fabricação e maior valor agregado.

3.2.1 Análise sobre as diferentes posições de transporte

Para pequenos deslocamentos, como alguns bairros dentro de uma cidade litorânea, os suportes laterais são amplamente utilizados. Principalmente, por serem bastante baratos, mais leves e a prancha ficar suficientemente bem alocada para um curto trajeto.

Os suportes traseiros e aqueles em que a prancha é alocada acima do ciclista são pouco utilizados e dificilmente encontrados para venda. Possivelmente, devido à instalação mais complicada e ao deslocamento do centro de gravidade para um ponto mais alto, o que prejudica em muito a estabilidade da bicicleta.

Para viagens de maior percurso os *trailers* são amplamente utilizados, pois existe a possibilidade de carregar bagagens adicionais além da prancha. Adicionalmente, mantêm o centro de gravidade baixo e não interferem no espaço do ciclista, possibilitando uma pedalada mais confortável. Existem suportes que utilizam tanto uma como duas rodas. Os que utilizam apenas uma são melhores quando a bicicleta está em alta velocidade, pois permite que o suporte acompanhe melhor a trajetória da bicicleta nas curvas. Porém, em baixa velocidade, como em subidas, um suporte de duas rodas se torna mais estável, ajudando o ciclista a não deslocar tanto o centro de gravidade.

3.3 Levantamento das necessidades do cliente

Para que fossem obtidas as necessidades do cliente foi estruturado um questionário *online* (ver Apêndice B) onde foram obtidas 87 repostas de participantes nacionais e internacionais. As respostas foram ponderadas segundo a experiência do participante tanto com o cicloturismo quanto com o surfe. Os pesos utilizados podem ser observados na Tabela 1. Para todas as outras repostas foi atribuído o peso igual à zero por não ter conhecimentos suficientes sobre o assunto do presente trabalho.

Experiência	Peso
Pratica cicloturismo e surfe	1,0
Pratica cicloturismo e tem interesse em surfe	0,6
Pratica cicloturismo apenas	0,2
Tem interesse em cicloturismo e pratica surfe	0,2

Tabela 1: Valores das repostas segundo a experiência

3.3.1 Tabela das necessidades do cliente

A tabela das necessidades dos clientes foi ordenada de acordo com a maior média das notas obtidas pelo questionário, utilizando a ponderação da Tabela 1. Foram atribuídos valores de um a cinco para o que os respondentes consideram

mais importante no dispositivo, sendo um irrelevante e cinco essencial (ver Tabela 2).

Necessidade do Cliente	Peso
Não interferir na estabilidade da bicicleta	1,832
Ser leve	1,600
Não interferir no rendimento da pedalada	1,573
Oferecer boa proteção para prancha	1,541
Ser de fácil instalação e desmontagem	1,464
Oferecer fixação rápida da prancha	1,395
Ter manutenção simples	1,355
Oferecer mecanismo que evite furtos da prancha	1,291
Ser compacto quando não estiver em uso	1,232
Carregar duas ou mais pranchas	0,873

Tabela 2: Necessidades dos clientes

É possível perceber que o cliente prioriza muito o desempenho da bicicleta, de forma que os três requisitos mais importantes estão relacionados a isso. Logo após, tem-se algumas facilidades que o produto pode oferecer. Também, fica bem claro que a maioria dos usuários pretende carregar apenas uma prancha durante a viagem.

3.4 Requisitos de projeto

Conforme as necessidades dos clientes foram selecionados requisitos de projeto que traduzam as expectativas dos usuários em conceitos de engenharia foram formulados (ver Tabela 3).

3.5 Casa da Qualidade

A ferramenta da Casa da Qualidade foi utilizada para determinar quais os requisitos de projetos que devem ser priorizados segundo a visão do cliente. Para isso os requisitos foram relacionados com as necessidades do cliente utilizando-se um para relação fraca, cinco para relação intermediária e nove para relação forte (ver Apêndice E).

Característica	Tendência	Unidade
Deslocamento centro de gravidade	↓	mm
Massa	↓	kg
Coefficiente aerodinâmico	↓	-
Força adicional para acionar o pedal	↓	N
Força exercida sobre a superfície da prancha	↓	N
Força utilizada para fixar a prancha	↑	N
Número de ferramentas para montagem	↓	n ^o
Numero de peças para montagem	↓	n ^o
Tempo para encaixe da prancha	↓	s
Componentes padronizados	↑	n ^o
Tempo para desencaixe da prancha por estranhos	↑	s
Volume encaixotado	↓	m ³
Volume disponível para as pranchas	↑	m ³

Tabela 3: Requisitos de Projeto

3.6 Especificações de produto

As especificações de produto foram definidas a partir dos requisitos de projetos que foram ordenados segundo sua importância na casa da qualidade. A cada uma delas foi atribuída uma unidade padrão e uma ferramenta de medição, bem como um objetivo a ser alcançado no projeto. As especificações de produto podem ser observadas na Tabela 4.

Requisito	QFD	Tipo	Objetivo	Sensor	Saída Indesejável
Deslocamento centro de gravidade	1°	Demanda	< 100 mm	Especificação	Redução da estabilidade da bicicleta
Massa	2°	Demanda	< 10 kg	Balança	Aumento do peso a ser carregado
Número de peças para montagem	3°	Demanda	< 5	Visual	Dificuldade na manutenção e montagem
Número de ferramentas para montagem	4°	Demanda	< 2	Visual	Dificuldade na manutenção e montagem
Componentes padronizados	5°	Demanda	< 3 tipos	Especificação	Dificuldade na reposição de peças
Coefficiente aerodinâmico	6°	Demanda	< 0,8	Especificação	Aumento da força para pedalar
Força utilizada para fixar a prancha	7°	Demanda	> 100 N	Dinamômetro	Pouca rigidez com ação da força do vento
Força adicional para acionar o pedal	8°	Demanda	< 500 N	Dinamômetro	Aumento do cansaço do ciclista
Força exercida sobre a superfície da prancha	9°	Demanda	< 1000 N	Dinamômetro	Deformação da superfície da prancha
Volume encaixotado	10°	Desejo	< 0,04 m ³	Régua	Grande volume para armazenamento
Tempo para encaixe da prancha	11°	Desejo	< 30 s	Cronômetro	Demora no acoplamento da prancha
Tempo para desencaixe da prancha por estranhos	11°	Desejo	> 2 min	Cronômetro	Furtos realizados com muita facilidade
Volume disponível para as pranchas	13°	Desejo	> 0,14 m ³	Régua	Comportar apenas uma prancha

Tabela 4 – Especificações de produto

4 PROJETO CONCEITUAL

O seguinte capítulo contempla a etapa de definição da concepção de produto sobre a qual o prosseguimento do projeto será baseado. Para tal, primeiramente, será definida a função global que o produto deve executar, assim como suas sub funções em nível mais detalhado. Na sequência, a ferramenta Matriz Morfológica será utilizada para explorar soluções capazes de consumir cada uma das funções específicas. Concepções foram geradas a partir da seleção de diferentes combinações de soluções. Então, após atribuir pontuações a estas, conforme o grau de atendimento das necessidades dos clientes, classificou-se as na ordem de maior probabilidade de superar as expectativas do consumidor final.

4.1 Função global do produto

Com a finalidade de se compreender o propósito essencial do produto, a Função Global é representada esquematicamente por um diagrama contendo as entradas e saídas do sistema. Para o presente projeto, como visto na Figura 25, a função global é transportar prancha de surfe durante uma viagem de bicicleta. Os requisitos de entrada do sistema necessários para executar tal função são essencialmente os materiais a serem deslocados, no caso a prancha de surfe e bagagem de viagem, a energia que será consumida e a ferramenta que transformará esta em movimento, a bicicleta. Como saída, tem-se os objetos físicos deslocados e a energia que é dissipada durante o deslocamento.

Importante destacar que, dentre as entradas previstas no sistema da função do produto, foi incluída a bagagem que o ciclista indispensavelmente carrega durante uma viagem. Isso implica que, além da prancha de surfe, a bicicleta também precisará dispor de acessórios específicos para alocar esse tipo de material, e que o produto em desenvolvimento leve isso em consideração.



Figura 25 – Diagrama representativo da Função Global do Produto

4.1.1 Delimitação do método de transporte da prancha

O levantamento de informações realizado nos capítulos anteriores evidenciou a existência de dois métodos globais para transportar prancha de surfe em uma bicicleta: i) a utilização de suporte fixo (lateral, traseiro ou superior) ou ii) de dispositivo apoiado em roda (*trailer* ou *carreta*). Devido à grande diferença presente dentre a estrutura funcional deles, o prosseguimento da atual fase do projeto exige um direcionamento àquele método que é considerado o mais apropriado para executar a função global do produto definida e, assim, orientar melhor as seguintes listagens das sub-funções e princípios de solução.

A equipe definiu que o conceito do produto seria direcionado para um dispositivo apoiado em roda por três principais motivos:

- a) Necessidade do cliente: como evidenciado na Tabela 2, a necessidade do cliente que ficou na primeira posição do levantamento realizado foi “não interferir na estabilidade da bicicleta”. Previamente, foi comentado sobre a vantagem que o *trailer* apresenta em relação aos suportes quanto à interferência na estabilidade do conjunto geral ciclista/bicicleta;
- b) Função global: a bagagem de viagem foi definida como uma entrada na função global do produto. O uso de suportes para prancha restringe ou, mesmo, inutiliza espaços necessários para o emprego de bagageiros e alforjes, como se pode notar na Figura

18 e na Figura 23. O *trailer* além de, possivelmente, não ter influência alguma neste espaçamento ainda é capaz de disponibilizar uma região específica para armazenamento de bagagens sobressalentes;

- c) Opção preferencial: a análise dos relatos dos cicloturistas que transportaram pranchas em suas viagens descritos no Apêndice A indica o *trailer* como opção preferencial, confirmando assim ser um método eficiente para esse tipo de *surf trip*.

4.1.2 Lista de funções

Tendo estabelecida a função global, a próxima etapa é ramificá-la em níveis mais específicos e detalhados. Para isso, alternativamente à estrutura funcional em diagrama de blocos de Rozenfeld *et al* (2005), foram definidas e listadas em níveis as sub-funções consideradas intrínsecas da ação de “transportar prancha de surfe utilizando bicicleta durante viagem”. Estas são apresentadas na Tabela 5.

Tal adaptação na metodologia seguida teve por objetivo evitar a complexidade que a estrutura funcional de um dispositivo do gênero apresenta. Ainda assim, foi mantido o detalhamento ordenado de ações que o produto deverá realizar para atingir sua função essencial.

4.2 Princípios de soluções

A partir do levantamento e listagem das sub-funções, foi produzida uma Matriz Morfológica contendo, para cada uma delas, soluções individuais que possivelmente poderiam ser utilizadas na composição do produto final.

Como apresentado anteriormente na fase do projeto informacional, existem diferentes métodos para tal. Os recursos escolhidos para a seleção de formas de solucionar as funções específicas foi a utilização de catálogos, benchmarking, pesquisas na internet e criação.

Como pode ser visto no Apêndice F, neste momento ainda não existiu a preocupação em avaliar a viabilidade técnica e financeira das soluções

individuais, possibilitando assim a percepção de alternativas inovadoras e criativas.

ITEM	FUNÇÕES
1	Acomodar pranchas de até 3 metros
2	Garantir integridade do item
2.1	Amortecer vibrações
2.2	Garantir fixação do item
2.3	Apoiar o item
3	Acoplar na bicicleta
3.1	Acoplar em qualquer modelo
3.2	Permitir acoplamento com poucas operações
4	Ser aerodinâmico
5	Ser manobrável
5.1	Permitir movimento
5.2	Fixar rodas
6	Ser visível
7	Carregar bagagem extra
7.1	Suportar volume extra
7.2	Fixar do bagageiro
8	Ser compacto

Tabela 5: Lista de funções do produto

4.3 Geração de concepções

Com a Matriz Morfológica apresentando diversos princípios de solução individuais, o próximo passo rumo à geração de concepções é a combinação entre eles para obter princípios de solução globais do produto.

A seleção das combinações não foi dada simplesmente pela escolha aleatória de princípios de solução, mas sim pela análise das restrições físicas e geométricas entre as mesmas. O Apêndice G apresenta a tabela de combinações de princípios de solução, onde cada coluna contém um princípio de solução individual selecionado para dada sub-função do produto.

Para definir a arquitetura do conjunto completo de cada concepção, foram conduzidas sessões de *brainstorming* entre a equipe visando definir o arranjo das partes físicas e o design geral do produto. Com isso, foram desenvolvidos croquis representativos contendo os princípios de solução pré-estabelecidos.

Na secção a seguir, os resultados finais das concepções de produto serão apresentados.

4.3.1 Descrição das concepções

Serão detalhadas a seguir as características e peculiaridades das concepções criadas. Com isso, é possível analisar criteriosamente os pontos positivos e negativos apresentados por cada uma delas.

Os croquis foram esboçados a mão livre para que não houvesse limitações ao uso da criatividade. Todos os desenhos apresentam uma roda adicional ao conjunto proposto, a de maior diâmetro, que representa a roda traseira da bicicleta. Assim, a identificação do local de acoplamento do dispositivo é facilitada e melhor compreendida.

a) Conceção 1 – Canoa

Nesta concepção, a prancha seria apoiada diretamente nos tubos frontal e traseiro do chassi superior do *trailer*, existindo apenas um revestimento esponjoso entre eles para prover algum amortecimento e atrito. A fixação do equipamento é garantida por uma fita similar a que é utilizada para transportar o item em carros. Tal solução reduziria o peso do conjunto, já que não necessita de partes adicionais ao *trailer*. Porém, o posicionamento da prancha seria fixo e, provavelmente, não teria estabilidade no momento de acoplá-la no apoio.

Como se observa na Figura 26, o trailer é fixado no eixo traseiro da bicicleta, e uma junta universal proporciona a articulação do sistema para permitir manobrabilidade.

O espaço destinado às bagagens extras é delimitado completamente por tela metálica, e seus contornos assemelham-se a uma canoa indígena.

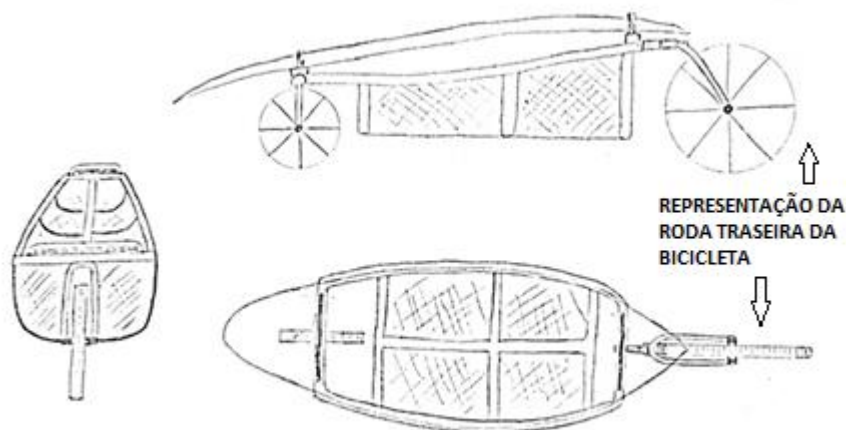


Figura 26 – Concepção 1 – Canoa

b) Concepção 2 – SUP Carrier

O objetivo dessa concepção seria sua capacidade de transportar pranchas maiores, tais como os *longboards* e, até mesmo, *SUP's*. Para isso, as principais características adotadas são a grande distância entre os eixos da roda traseira da bicicleta e a do trailer e o acoplamento do dispositivo ocorrer no tubo do selim, como visto na Figura 27.

Visando minimizar o peso total causado pelo grande tamanho e estrutura metálica reforçada, não é previsto bagageiro, sendo que eventuais pequenos objetos poderiam ser transportados numa rede elástica presa diretamente na estrutura principal. A articulação seria garantida por uma junta universal, localizada logo após a abraçadeira de acoplamento. O apoio da prancha fica distribuído em duas barras transversais.

Como ponto negativo, destaca-se o centro de gravidade elevado, já que a roda é aro 18". Isso, somado ao peso, prejudicaria a estabilidade do ciclista. Também, devido ao local de acoplamento ser no canote do selim, o espaço traseiro superior da bicicleta seria parcialmente inutilizado para carregar algum material de viagem.

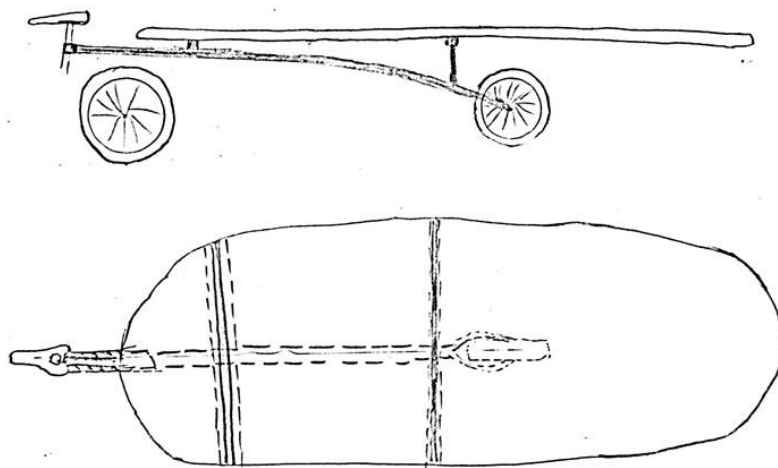


Figura 27 – Conceção 2 – Sup Carrier

c) Conceção 3 – Proa

Buscando estabilidade, esta concepção utiliza duas rodas de 16” que dão melhor apoio e não transferem momento ao ciclista. O acoplamento é direto no eixo traseiro da bicicleta. Isso se dá pela substituição do *quick release* por um modelo próprio com buchas externas as quais também fornecem articulação vertical ao trailer.

A prancha é apoiada em quatro pontos em formato de ganchos que agarram sua borda. Uma tela de material plástico presa ao longo da estrutura tubular permite que alguns materiais também sejam transportados nos espaço abaixo da prancha.

Na Figura 28 pode-se perceber que o posicionamento da prancha apresenta uma inclinação em relação à horizontal, o que deixa o sistema com menor comprimento. Ao mesmo tempo, essa inclinação limita o tamanho da prancha a ser transportada e cria uma projeção que aumenta o arrasto aerodinâmico e diminuí o rendimento das pedaladas.

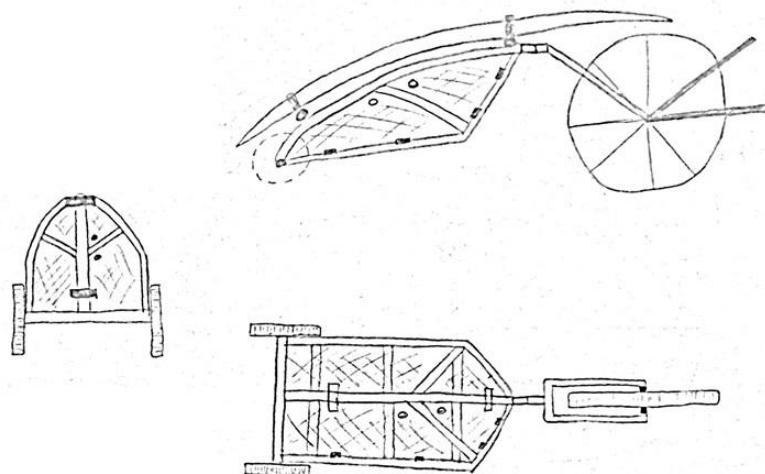


Figura 28 – Concepção 3 – Proa

d) Concepção 4 – Roda Extra

A Figura 29 apresenta a concepção que teria o menor peso. Sua estrutura é composta apenas por dois garfos articulados entre si e presas no eixo traseiro da bicicleta e na roda de igual tamanho (26”) do trailer e por ganchos de suporte laterais para as pranchas, similares ao mostrado na Figura 17.

Apesar de leve, tal concepção teria a estabilidade comprometida quando sob ação de ventos laterais e caso fosse transportada apenas uma prancha em algum dos lados.

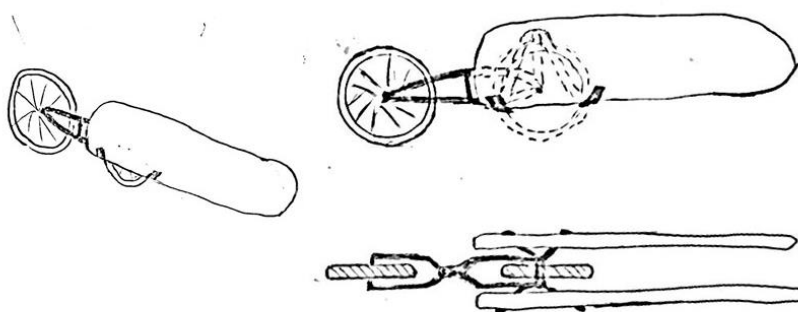


Figura 29 – Concepção 4 – Roda Extra

e) Conceção 5 – Trailer Clássico

Seguindo o modelo clássico dos *bike trailers* de uma roda, a concepção representada na Figura 30 diferenciara-se destes, apenas pelo bagageiro de lona removível e pela adição dos suportes de barras transversais, que atuariam como *racks*. Estes seriam os suportes de pranchas mais elaborados dentre todas as concepções, com o apoio em borrachas para amortecimento, fita com espuma e fecho rápido para fixação da prancha.

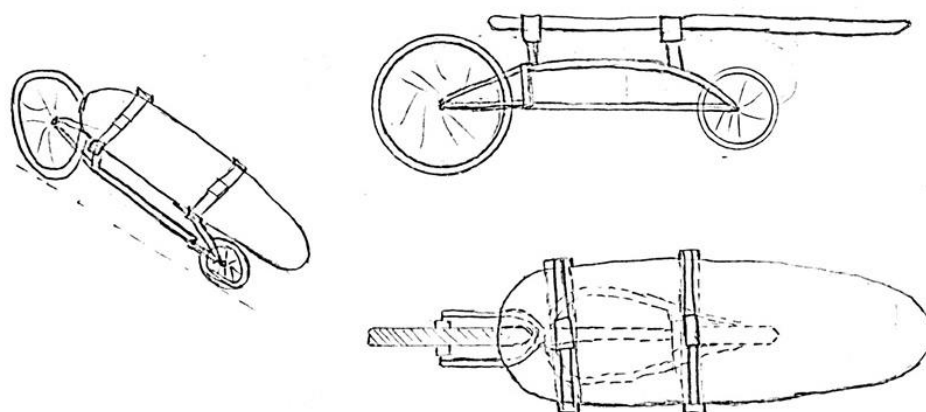


Figura 30 – Conceção 5 – Trailer Clássico

f) Conceção 6 – Nômade

Destinado a atender os cicloturistas de maiores itinerários, a concepção da Figura 31 detém grande capacidade para bagagens e materiais extras. A utilização de três rodas torna-se necessária para distribuir melhor o peso. Porém, deixa o trailer muito instável quando utilizado em terrenos acidentados. O emprego de suspensões nas rodas tenta reduzir tal desvantagem.

Diferentemente do restante das concepções, esta teria o comprimento regulável pela inserção ou retirada de barras roscadas em sua estrutura de ligação. Outros aspectos singulares são o local de acoplamento, no *seat stay* (suporte do canote) do quadro da bicicleta, a articulação tipo esfera e o uso de ventosas para fixar as pranchas.

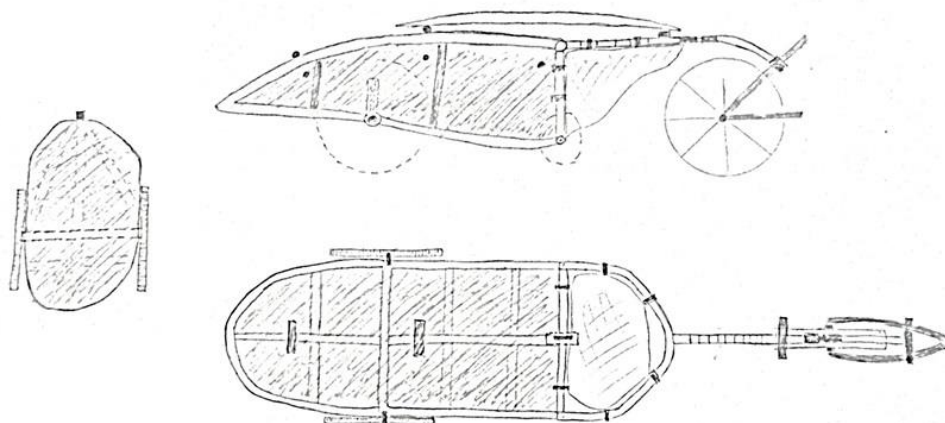


Figura 31 – Conceção 6 – Surfista Nômade

g) Conceção 7 – *The Drifter*

Esta concepção foi desenvolvida a partir da seleção de princípios de solução considerados mais eficazes e inovadores. Para isso, fez-se uma análise criteriosa de todas as demais concepções previamente geradas. Destaca-se a utilização de uma junta universal como componente de articulação. A opção pela estrutura de médio porte com única roda é para reduzir peso e melhorar a manobrabilidade. Isso também, juntamente com a utilização de uma roda de 16”, deixa a prancha numa posição baixa, o que melhora a estabilidade do sistema (CG baixo).

O bagageiro pode ou não ser utilizado, bastando apenas removê-lo, já que trata-se de uma bolsa em lona fixada por *velcros*. A prancha fica apoiada em quatro pontos, reduzindo assim o peso de barras transversais. Sua fixação acontece por meio de fitas com fecho metálico tipo mochila. A utilização de para-lama garante que pedras, barro e qualquer outro tipo de material não atinjam a prancha. A Figura 32 expõe o esboço da concepção 7.

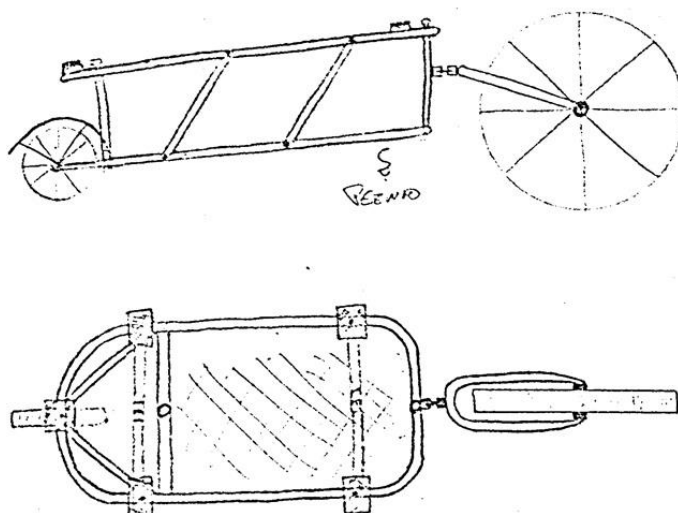


Figura 32 – Conceção 7 – The Drifter

h) Conceção 8 – Minimalista

Com a intenção de ser a opção mais leve, a concepção 8, representada na Figura 33, é composta apenas por duas rodas de 18", o eixo e a estrutura de suporte da prancha e de ligação com a bicicleta. A articulação é posicionada junto ao acoplamento no eixo traseiro da bicicleta.

O ponto forte é a estabilidade em velocidades baixas, proveniente do apoio em duas rodas e o centro de gravidade próximo ao chão. As desvantagens são o comprimento lateral, o qual dificulta sua passagem em trilhas estreitas, e que eventuais materiais extras seriam transportados em cima da prancha, podendo causar danos a mesma.

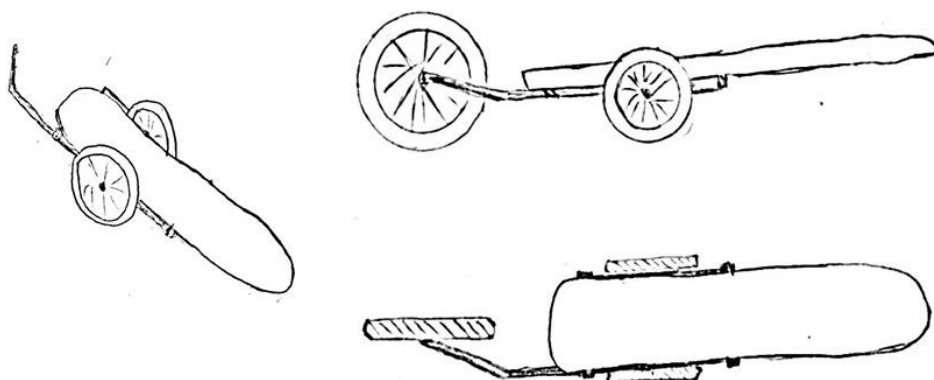


Figura 33 – Conceção 8 – Minimalista

i) **Concepção 9 – Desbravador**

Muito semelhante à concepção 5, como visto na Figura 34 esta diferencia-se pela utilização de suspensão. A melhora na estabilidade em terrenos acidentados acaba prejudicando o peso total do dispositivo.

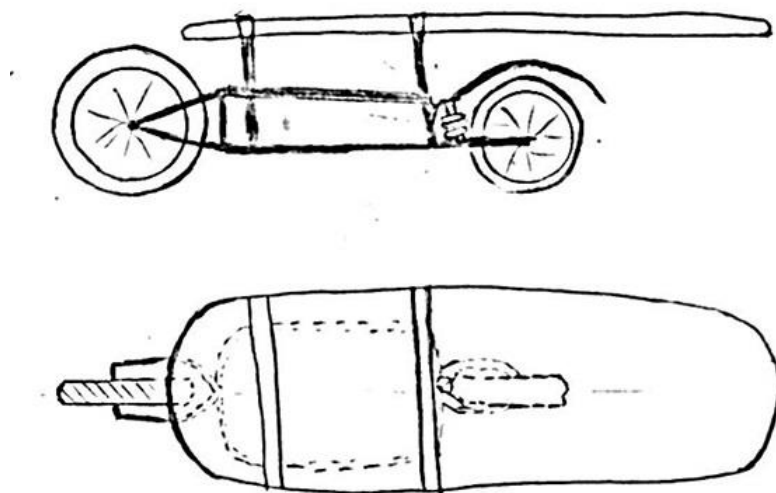


Figura 34 – Concepção 9 – Desbravador

j) **Concepção 10 – Tuk Tuk**

Na concepção 10, representada na Figura 35, a estrutura tubular simples daria ao dispositivo grande capacidade de transportar, além de pranchas maiores, eventuais equipamentos de acampamento. Isso graças às rodas serem aro 20" e à distância entre eixo do trailer e da bicicleta ser suficientemente longa.

A prancha fica apoiada em barras transversais montadas em cima de coxins de borracha.

Aspectos negativos são o peso, restrição à passagens estreitas, instabilidade em curvas durante velocidades maiores e maior arrasto aerodinâmico (devido à posição inclinada da prancha).

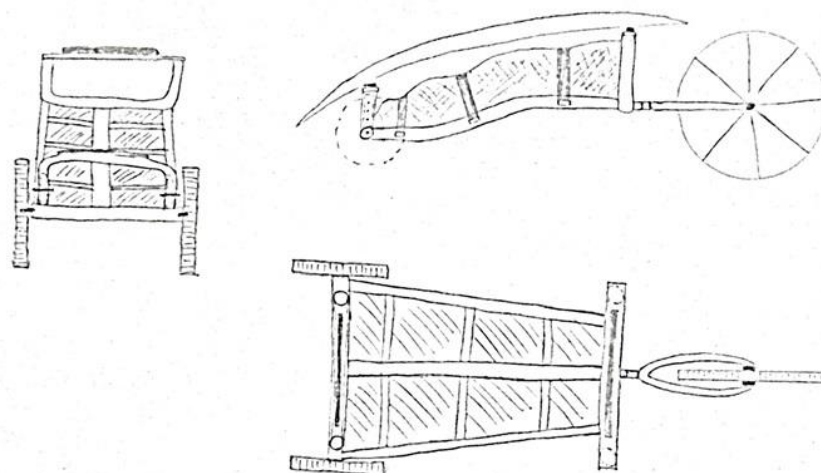


Figura 35 – Concepção 10 – Tuk Tuk

4.4 Seleção da concepção do produto

Para determinar qual das concepções será selecionada como a referência a ser tomada durante o projeto detalhado, utilizou-se a técnica de Matriz de Avaliação Relativa Modificada (MARM). Nela, apresenta-se a concepção que se supõe ser a mais preparada para atender os requisitos de projeto. Através de comparações entre os aspectos técnicos das concepções restantes com aqueles da eleita como referência, confirma-se ou substitui-se a concepção de produto adotada.

4.4.1 Valoração das soluções

Os critérios escolhidos para serem avaliados entre as concepções foram as necessidades técnicas do produto levantadas no Capítulo 2, o custo de fabricação e se contempla a opção de bagageiro. Os pesos foram determinados pela normalização da pontuação que cada requisito teve na Casa da Qualidade. No caso dos critérios “custo” e “bagagem”, que não haviam sido avaliados naquela etapa, foi arbitrado que seus pesos derivam da média de pontuação.

A análise dos resultados demonstra se alguma das concepções apresenta melhor conceito geral do que a selecionada como referência. Isso acontece no caso de algum somatório de pontuação ser maior que zero.

4.4.2 Matriz de avaliação relativa modificada

O apêndice H apresenta a configuração da MARM utilizada durante o processo de seleção da concepção do produto.

Foi determinado em consenso da equipe que a concepção referência seria a 7, já que ela foi desenvolvida através da análise das demais alternativas, adaptando-se as características principais de cada uma delas.

4.4.3 Classificação das concepções

Como previsto, a referência estabelecida realmente detém as características principais para atender os requisitos de projeto baseados nas necessidades dos clientes.

A Tabela 6 aponta a classificação por ordem decrescente das melhores concepções de produto.

CLASSIFICAÇÃO	
1	Concepção 7 – The Drifter
2	Concepção 1 – Canoa
3	Concepção 8 – Minimalista
4	Concepção 4 – Roda Extra
5	Concepção 5 – Trailer Clássico
6	Concepção 3 – Proa
7	Concepção 2 – SUP Carrier
8	Concepção 9 – Desbravador
9	Concepção 10 – Tuk Tuk
10	Concepção 6 – Nômade

Tabela 6: Classificação das Concepções

4.4.4 Concepção adotada

A ferramenta MARM serviu de teste da hipótese assumida de que a Concepção 7 fosse a mais promissora para executar a função global. Isso

garantiu confiança para aprová-la à fase seguinte, a de detalhamento do projeto.

O principal ponto que garantiu a ela a posição de referência para a continuidade do projeto foi a estabilidade provocada pelo baixo centro de gravidade.

5 PROJETO DETALHADO

A primeira etapa do projeto detalhado foi a identificação dos propagadores de restrição. Com esses parâmetros definidos foi produzido um primeiro modelo CAD 3D baseado no esboço da concepção adotada no projeto conceitual. Na sequência, foi conduzida uma análise para determinar os carregamentos e condições de contorno adotados na simulação virtual. Com os resultados das análises o projeto foi otimizado em duas etapas, visando reduzir os pontos de concentração de tensão e, também, a massa total. Posteriormente novas revisões foram realizadas para tornar o projeto mais adequado para fabricação com os fornecedores disponíveis, como será descrito nesse capítulo.

5.1 Propagadores de restrição

Os propagadores de restrição são todos os fatores, os quais a equipe de projetos não tem possibilidade de atuar, e que influenciam diretamente no conceito, dimensões e execução do projeto. Foi definido um esboço, conforme mostrado na Figura 36, nomeando cada uma das partes da estrutura proposta para o *trailer*. Essa nomenclatura será utilizada ao longo desse e dos próximos capítulos.

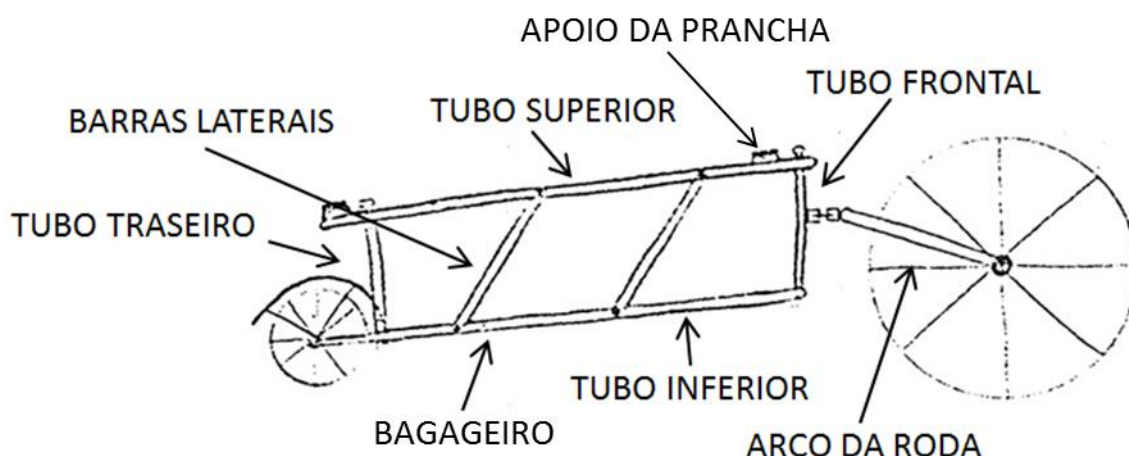


Figura 36 – Identificação das partes da estrutura do trailer

A influência dos propagadores de restrição em cada uma das partes da estrutura proposta é mostrada na Figura 37, seguindo um esquema de cores. Cada propagador de restrição tem associado a ele uma cor, se uma determinada parte da estrutura é afetada pelo mesmo, é apontada uma indicação com uma seta da mesma cor.

COMPONENTE	ESTRUTURA	BIKE/PRANCHA
APOIOS DA PRANCHA	TUBO SUPERIOR	TAMANHO DA PRANCHA
FIXAÇÃO DA PRANCHA	BARRAS LATERAIS	MASSA DA PRANCHA
JUNTA	TUBO FRONTAL	VOLUME MÁXIMO DE CARGA
TELA DO BAGAGEIRO	TUBO TRASEIRO	MASSA MÁXIMA DE CARGA
PNEU	TUBO INFERIOR	TAMANHO DA RODA DA BIKE
RODA	SUORTE BAGEIRO	
CUBO	ARCO DA RODA	
PARALAMAS		
ELEMENTO FIXAÇÃO DA RODA DO TRAILER		
ELEMENTO FIXAÇÃO NA BICICLETA		
ELEMENTOS DE FIXAÇÃO DO TRAILER		

Figura 37 – Propagadores de restrição

Todos os componentes do *trailer* que são comercializados de forma padronizada e que não passariam por nenhum processo de fabricação, alterando sua forma geométrica, foram considerados propagadores de restrição para as dimensões da estrutura. Esses itens foram adquiridos antes de definir as medidas do primeiro esboço técnico, conforme mostrado na próxima seção. A prancha, bicicleta e bagageiro também geram restrições geométricas, para esses foram adotadas medidas de referência padrão considerando as informações contidas no Capítulo 2.

O comprimento e largura do arco da roda foi dimensionado considerando o uso do *trailer* em bicicletas de adultos que, em quase todos os casos, possuem rodas com aro entre 0,660 m (26") e 0,737 mm (29"). O pneu adotado como medida máxima tem 63,5 mm (2,5") de largura e 76,2 mm (3") de altura, esse padrão é utilizado em terrenos *off road* com condições severas de irregularidade.

As pranchas mais utilizadas por adultos, considerando até a categoria de *longboard*, têm o comprimento longitudinal entre 1,68 m (5,5 pés) e 3,05 m (10 pés) e largura lateral entre 50,8 mm (2") e 76,2 mm (3"). O *trailer* deve ser projetado para comportar diversos tipos de pranchas. Portanto, foi considerado o uso do mesmo para transporte de uma prancha pequena ou uma prancha grande e, também, uma combinação das duas opções. As medidas adotadas para a prancha pequena foram 1,68 m (5,5 pés) de comprimento e 50,8 mm (2") de largura, e para a prancha grande 3,05 m (10 pés) de comprimento e 76,2 mm (3") de largura.

O volume de carga estimado para o bagageiro projetado foi de 0,0225 m³, equivale a uma mochila escolar de tamanho médio, suficiente para carregar bagagem para uma viagem de curta duração. O peso estimado da carga foi de 10 kgf, considerando medições feitas em mochilas carregadas com todos os acessórios necessários para a prática do surfe e itens pessoais para uma viagem de um final de semana à praia.

Também, foi levado em conta a limitação das máquinas disponíveis para a o processo de manufatura do protótipo: dobra, corte e soldagem dos tubos. Conforme exposto em mais detalhes no próximo capítulo, esse fator tem influência sobre todos os itens da estrutura metálica proposta para o *trailer*.

5.2 Seleção dos componentes

Para construção do protótipo vários componentes comerciais foram adquiridos devido à variedade de opções no mercado e preço acessível, tornando-se assim, mais interessante comprá-los do que executar uma fabricação própria dos mesmos.

O conjunto da roda (pneu, câmara de ar, aro, raios, cubos, rolamentos, parafuso e porcas) utilizado é um modelo comercializado para bicicletas infantis, conforme mostrado na Figura 38. O aro tem diâmetro de 0,406 m (16") e é fabricado em aço carbono. Como a massa total do *trailer*, com prancha e bagagem, é inferior à da bicicleta, considerando uma criança de aproximadamente 35 kgf, a roda deve resistir aos esforços. O rolamento é do

tipo cônico com esferas de deslizamento, que utiliza graxa azul como lubrificação.



Figura 38 – Conjunto da roda
Fonte: Mercado Livre (2017f)

O pneu selecionado é da marca Levorin, conforme mostrado na Figura 39. Foi escolhido pelo fato de ter um perfil desenvolvido para aplicações *off-road*, um diferencial em relação aos demais modelos disponíveis no mercado. Apesar do menor desempenho em vias asfaltadas, esse perfil dá mais aderência em entradas não pavimentadas, as quais, normalmente, representam a maior parte do trajeto de um cicloturista conforme exposto nos capítulos anteriores desse trabalho.

Para fazer a fixação do suporte da prancha na estrutura principal do trailer foram escolhidas abraçadeiras que são comumente utilizadas para fixação de tubulações de alta pressão com 25,4 mm (1") de diâmetro, o modelo utilizado no protótipo é mostrado na Figura 40. Elas fabricadas em aço inoxidável e foram escolhidas, principalmente, pela facilidade em executar o encaixe e desencaixe na estrutura principal sem o uso de nenhuma ferramenta. Outro ponto considerado foi que as mesmas são dimensionadas para esforços axiais maiores que os encontrados no *trailer* em movimento, garantindo que elas permaneçam na mesma posição onde foram fixadas.



Figura 39 – Pneu do *trailer*
Fonte: Mercado Livre (2017e)



Figura 40 – Abraçadeiras do apoio da prancha
Fonte: Mercado Livre (2017a)

A junta universal, que foi proposta como solução para o acoplamento entre a parte arco da roda e o resto da estrutura, é encontrada no mercado nacional, com preço acessível, para aplicações em ferramentas de uso doméstico nos tamanhos 9,53 mm (3/8") e 12,7 mm (1/2"). Para aplicações industriais, como junta em saídas de eixo de motores, as dimensões são de 25,4 mm (1") ou maiores e essas são fabricadas com materiais mais resistentes. Em uma análise preliminar foi identificado que as juntas para aplicações em ferramentas domésticas não seriam suficientemente resistentes para suportar as cargas que atuariam sobre as mesmas durante a utilização do

trailer. As juntas com aplicações industriais tem um valor de mercado muito elevado, tornando inviável sua utilização no projeto devido ao orçamento disponível. A junta mostrada na Figura 41 é uma das únicas encontradas a venda no mercado nacional e tem o valor aproximado de R\$ 1500,00 por unidade.



Figura 41 – Junta universal disponível no mercado
Fonte: ANT Ferramentas (2015)

Dessa forma, foi necessário escolher outra proposta de solução dentre as que já haviam sido consideradas no projeto conceitual. Dentre elas, a junta esférica não pode ser utilizada com um trailer de apenas uma roda pois o mesmo tombaria para o lado quando estivesse em baixa velocidade ou parado. As outras quatro soluções disponíveis compartilham o mesmo princípio. Porém, uma delas é fixa, outras duas apresentam apenas um grau de liberdade (cada uma em uma direção) e a quarta solução é a combinação das duas direções. Essa última opção é a que mais se assemelha ao mecanismo da junta universal por também possuir dois graus de liberdade, transmitindo menos impactos para a prancha e, também, para a bicicleta. Foi desenvolvido então um sistema de dois graus de liberdade utilizando outros componentes mecânicos.

Para dar o primeiro grau de liberdade ao mecanismo foi utilizado, na fixação do trailer com eixo traseiro da bicicleta, um parafuso que possui nas extremidades uma junta de um grau de liberdade (conforme Figura 42). Como

pode ser observado, a bucha de deslizamento permite que seja fixada nela a peça arco da roda e que a mesma possa se deslocar no sentido vertical em relação ao solo. Esse parafuso tem a fixação do tipo *quick release*, o que simplifica bastante a montagem, e foi desenvolvido por um fabricante de *trailers* para um de seus produtos. Esse também é comercializado como item de reposição e, apesar do preço elevado, se mostra uma solução eficiente para o contexto. Devido às limitações dos fornecedores de serviços disponíveis seria inviável fabricar uma peça semelhante com a mesma qualidade de detalhes e acabamento do item comercial.



Figura 42 – Parafuso de fixação no eixo da bicicleta
Fonte: Bike Shop Hub (2015)

Para dar para a estrutura o segundo grau de liberdade necessário foi escolhido, primeiramente, um sistema de deslizamento de buchas fabricadas em cobre. Porém, com a evolução do projeto foi verificado que as buchas sofreriam rápido desgaste devido ao meio abrasivo ao qual seriam expostas. Dessa forma, seria necessária uma substituição constante das mesmas. Por tanto, na terceira versão do projeto, foi decidido utilizar uma caixa de direção de bicicleta por ser um sistema vedado que necessita de menos manutenção e por ter um deslizamento com menos atrito. O modelo utilizado é do tipo *standard headset*, o que significa que ela é feita com interface para tubos com 25,5mm (1") e sua fixação é realizada através de uma porca estrela presa dentro no tubo. Esse modelo se difere dos convencionais por não ter a fixação através de rosca. O conjunto é composto com dois pares de base e um tampa para os rolamentos, anéis de vedação, espaçador, porca estrela, parafuso e arruelas. Esse é mostrado na Figura 43. A lubrificação dos rolamentos ocorre com graxa azul.



Figura 43 – Componentes da caixa de direção
Fonte: Mercado Livre (2017b)

Para a seleção dos parafusos não há como realizar um dimensionamento preciso pois não estão disponíveis na literatura dados sobre os carregamentos que atuam sobre o *trailer*. Dessa forma, após a etapa inicial de fabricação do protótipo, foram escolhidos parafusos do tamanho M6 para que os furos nos tubos tenham um diâmetro compatível com a área disponível. A cabeça de parafuso escolhida foi tipo sextavado interno (conforme Figura 44) pois requer a mesma chave utilizada na regulação dos câmbios, freios, mesas e bancos das bicicletas convencionais, sendo bem comum um *kit* de chaves hexagonais de 1 a 6 mm na bagagem do ciclo turista. Tanto os parafusos, como as porcas e arruelas utilizadas, são fabricadas em aço inoxidável para suportar o meio agressivo ao qual serão expostos.



Figura 44 – Parafuso com cabeça sextavada interna
Fonte: Mercado Livre (2017d)

Para a escolha do para-lamas foi inicialmente buscado uma opção comercial. Porém, os modelos disponíveis para bicicletas de aro 0,406 m (16”) são bastante limitados. Os encontrados no mercado são produzidos em plástico e possuem um comprimento longitudinal muito pequeno, deixando exposta a prancha ao impacto de pedras e também à sujeira. Além disso, para a fixação dos mesmos seria necessário um suporte dedicado. Portanto, foi decidido realizar a fabricação do mesmo conforme exposto na próxima seção.

Os outros propagadores de restrição: apoio e fixação da prancha e estrutura do bagageiro; tiveram uma fabricação própria e evoluíram junto com o projeto como também descrito na próxima seção.

5.3 Escolha do material

A seleção do material para os tubos do *trailer* foi baseada, principalmente, na resistência às severas condições de uso do dispositivo, em locais onde a lama, umidade, areia e maresia são sempre presentes. Essas são bastante propícias para a oxidação e ressecamento dos materiais, descartando assim aço comum e boa parte dos polímeros disponíveis no mercado com preço acessível (FOGAÇA, 2013). As principais opções analisadas foram o alumínio e aço inoxidável, por estarem disponíveis em larga escala no mercado e com valores aceitáveis para o orçamento de projeto disponível.

Apesar de o alumínio ser um material menos denso o seu limite de tensão na ruptura é inferior à do aço, sendo necessária uma quantidade maior de material para compensar essa diferença. Como o alumínio apresenta baixo limite de resistência ao escoamento, as solicitações mecânicas para as quais o dispositivo é projetado podem ser suficientes para deformar permanentemente a estrutura (BUZINELLI, 2000).

Também, foi considerado que a equipe de projetos tem maior conhecimento e experiência de trabalho com aços do que com outros tipos de materiais. Além disso, a disponibilidade de fornecedores de material e também de manufatura favorecem a escolha do aço inoxidável para o projeto.

O aço inoxidável tipo AISI 302 foi escolhido por ser da família austenítica, possuir alta resistência à erosão gerada pela atmosfera marinha e pela própria água do mar (D'OLIVEIRA, 2007). A escolha do aço foi determinada baseada nas propriedades mecânicas, as quais atendem os requisitos de projeto que foram estimados utilizando a simulação numérica. As propriedades químicas desse aço são mostradas na Tabela 7 e as mecânicas na Tabela 8.

Material	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
Aço 302	0,15	2,00	1,00	0,045	0,030	17,00	8,00

Tabela 7: Composição química percentual máxima do aço inox 302

Fonte: Pipe System (2010)

Material	Peso específico [g/cm ³]	Modulo de Elasticidade [MPa]	Limite de Escoamento à Tração [MPa]	Limite de Ruptura à Tração [MPa]	Dureza [Rockwell]	Alongamento Ruptura [%]
Aço 302	7,85	188000	280	630	85	55

Tabela 8: Propriedades mecânicas aço inox 302

Fonte: Pipe System (2010)

Para o material do bagageiro foi utilizado alumínio no lugar da lona proposta no projeto conceitual. Isso foi necessário, pois as lonas leves oferecem pouca proteção aos itens que seriam carregados, tornando inutilizável o bagageiro. As opções que proporcionam suficiente resistência ao impacto têm peso equivalente ao alumínio e alto valor comercial (EXTRABELT, 2012).

A estrutura onde a prancha é apoiada também foi feita em alumínio visando reduzir o peso do *trailer*.

As peças de alumínio utilizadas na fabricação do protótipo são retalhos comprados em fornecedores locais, os quais não tem registo da composição exata de cada peça. Para fins de projeto foram adotadas as propriedades mecânicas da liga ASTM 1050, alumínio comercial mais frágil de todos. Essas são mostradas na Tabela 9.

Material	Peso específico [g/cm ³]	Modulo de Elasticidade [MPa]	Limite de Escoamento à Tração [MPa]	Limite de Ruptura à Tração [MPa]	Dureza [Rockwell]	Alongamento Ruptura [%]
ASTM 1050	2,70	74200	15	55	20	22

Tabela 9: Propriedades mecânicas do alumínio ASTM 1050

Fonte: Shock Metais (2014)

O material selecionado para apoiar a prancha sobre o *trailer* foi uma fita de borracha feita de PET (Politereftalato de Etileno), mesmo material utilizado em garrafas de refrigerantes. A escolha se deve, principalmente, a conhecida resistência do material aos ambientes abrasivos aos quais o protótipo será exposto (MIRANDA, 2013). Também, foi considerado o modulo de elasticidade, que é adequado para absorver os impactos provenientes do solo protegendo a prancha, e também o baixo peso específico do material. As propriedades do mesmo são mostradas na Tabela 10.

Material	Peso específico [g/cm ³]	Modulo de Elasticidade [MPa]	Limite de Escoamento à Tração [MPa]	Limite de Ruptura à Tração [MPa]	Dureza [Shore]	Alongamento Ruptura [%]
PET	1,26	1,20	59	70	95	30

Tabela 10: Propriedades mecânicas do Politereftalato de Etileno

Fonte: Callister (2007)

Após o desenvolvimento do *layout* técnico, como mostrado na próxima seção, foi adicionada uma peça de reforço na junção perpendicular entre o tubo

frontal e o superior. Essa peça deveria ser feita de alumínio fundido. Porém, devido ao alto custo de produção e dificuldade em encontrar fornecedores, foi utilizado um reforço impresso em material ABS. Esse material é o mais utilizado por impressoras 3D para aplicações comuns, tem resistência suficiente para ser utilizado como prova de conceito e baixo custo de produção (RESINEX, 2017). As propriedades mecânicas do ABS utilizado para a fabricação da peça são mostradas Tabela 11.

Material	Peso específico [g/cm ³]	Modulo de Elasticidade [MPa]	Limite de Escoamento à Tração [MPa]	Limite de Ruptura à Tração [MPa]	Dureza [Shore]	Alongamento Ruptura [%]
ABS RM15	1,04	2080	47	71	108	40

Tabela 11: Propriedades mecânicas do ABS

Fonte: Callister (2007)

5.4 Definição do *layout* técnico

Essa seção irá descrever como foi a evolução do projeto da estrutura metálica, bem como, do apoio da prancha e do bagageiro.

5.4.1 Primeira versão

A partir do esboço da concepção adotada no projeto conceitual, conforme mostrado na Figura 32, foi produzida a primeira versão 3D do projeto alterando, conforme justificado anteriormente. A junta universal para um sistema de deslizamento por buchas dando o grau de liberdade lateral e vertical. Além disso, foram adicionados dois tubos traseiros, tornando possível a remoção das barras laterais traseiras. O bagageiro e uma chapa expandida metálica soldada no tubo inferior. Essa primeira versão do projeto é mostrada na Figura 45.

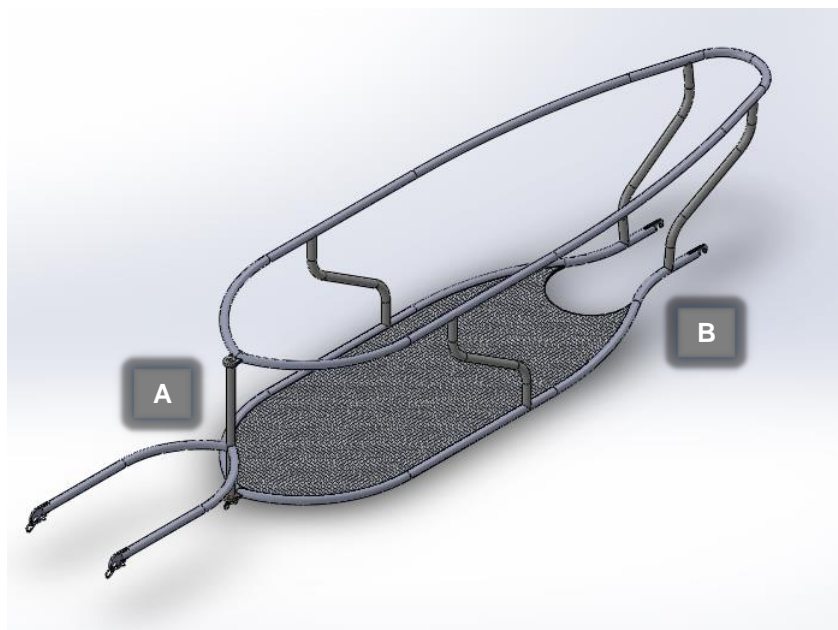


Figura 45 – Primeira versão do projeto

Com uma melhor visualização do projeto foi identificado antes mesmo da simulação estrutural que alguns pontos eram grades concentradores de tensões e próximos a regiões de solda. O primeiro ponto é na solda entre a estrutura principal e o arco da roda (região A na Figura 45) e o outro é próximo as gancheiras do *trailer* (região B na Figura 45).

5.4.2 Segunda versão

Foram adotadas modificações no projeto para melhorar a distribuição dos esforços nos tubos. Na região A foi adotada uma mesa de bicicletas convencionais, conforme Figura 46, para fazer a interface entre o arco da roda com o tubo frontal. Nessa concepção, é eliminada a solda nessa região, além de tornar possível a substituição das buchas de deslizamento e desmontagem do conjunto. Já na região B, a mudança foi a redução do comprimento do tubo lateral, fazendo com que o mesmo seja conectado aos tubos traseiros através da gancheira. A segunda versão do projeto é mostrada na Figura 47.



Figura 46 – Mesa convencional para *mountain bike*
Fonte: Mercado Livre (2017c)

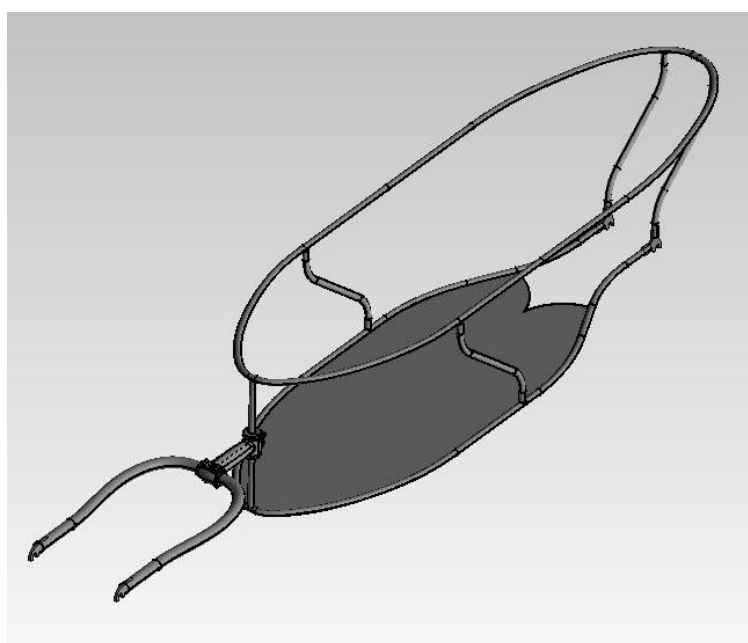


Figura 47 – Segunda versão do projeto

Essa estrutura foi submetida à análise estrutural, descrita na próxima seção, e apresentou pontos com tensões elevadas próximas a região da mesa. Foi concluído que os esforços laterais e verticais poderiam causar de deformação plástica no tubo frontal. Foi analisada a possibilidade de adicionar reforços à estrutura proposta. Porém, o resultado final não ficaria satisfatório. Foi realizado então um estudo buscando uma estrutura que consiga distribuir bem as cargas provenientes do impacto da roda com o solo. A ideia adotada partiu da observação de como é construído o quadro de uma bicicleta, que se assemelha a união de duas treliças para uma melhor distribuição das forças.

5.4.3 Terceira versão

Na terceira concepção, o *layout* foi bastante alterado buscando uma estrutura mais robusta e mais leve, como visto na Figura 48. O componente arco da roda teve adição de um tubo de reforço para reduzir esforços de torção, provenientes de carregamentos verticais, sobre as soldas. Na interface entre o arco da roda e o *trailer* foi removida a mesa para bicicleta e adicionado no lugar uma combinação de dois tubos, cada um soldado em um dos componentes, montados com uma caixa de direção de bicicleta. Essa mudança proporciona, em relação a proposta anterior, uma ligação vedada e menos suscetível aos componentes do meio externo abrasivo. Além disso, as forças ficam melhor distribuídas na região, como pode ser observado nos resultados das simulações na próxima seção. A configuração da estrutura foi alterada também visando a redução de peso, possibilitando, nessa nova concepção, a remoção de diversos trechos de tubo. A roda do *trailer* foi posicionada mais ao centro para distribuir melhor os esforços resultantes nos tubos da região traseira. Além disso, o bagageiro passou a ser removível. Com as modificações adotadas o peso da estrutura foi reduzido em cerca de 35%, além de apresentar um aspecto mais compacto e esportivo.

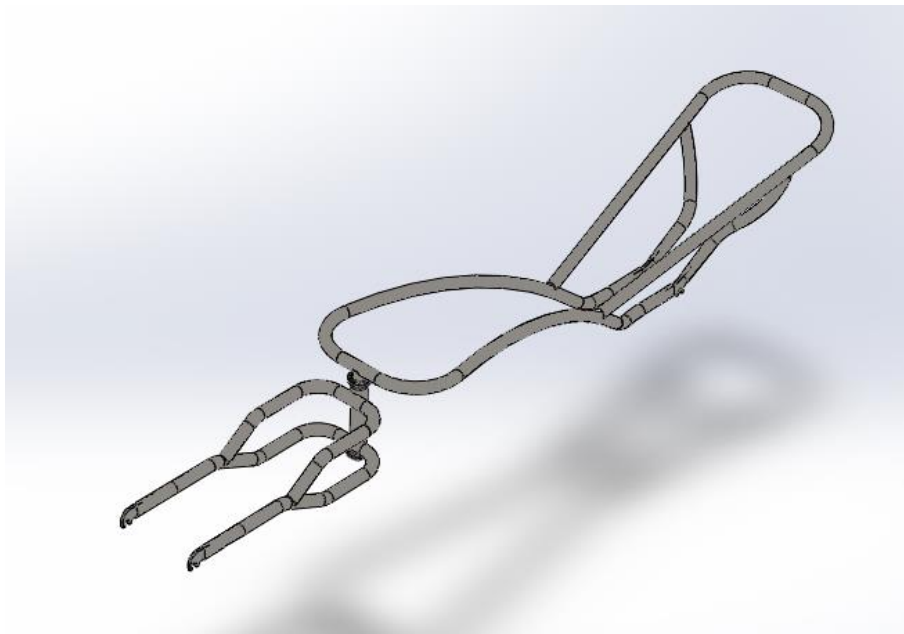


Figura 48 – Terceira versão do projeto

Essa estrutura teve um resultado superior a última versão nas simulações virtuais, reduzindo a maior tensão na região mais crítica em 10%. Com uma

estrutura mais robusta foram produzidos os desenhos detalhados e entregues a diversos fornecedores de serviço de corte, dobra e solda de tubos. Após uma pesquisa mais apurada foi detectado que, a princípio, não havia na região fornecedores dispostos a realizar o trabalho. Apenas um, que não dispunha de máquinas capazes de realizar todas as dobras de tubos presentes nessa versão do projeto, se dispôs a executar a fabricação do protótipo.

5.4.4 Quarta versão

Devido a situação do fornecedor, foi necessário readequar as dimensões do projeto para o maquinário e ferramentas disponíveis pelo mesmo. Assim uma quarta versão foi criada, baseada na concepção anterior. Porém, utilizou-se apenas um único raio de dobra e com espaçamentos necessários para fabricação. Nesse modelo, uma barra chata é utilizada na parte de trás para dar o reforço necessário para a estrutura. Essa versão do projeto é mostrada na Figura 49. O componente arco da roda não precisou sofrer alterações em relação ao modelo anterior.

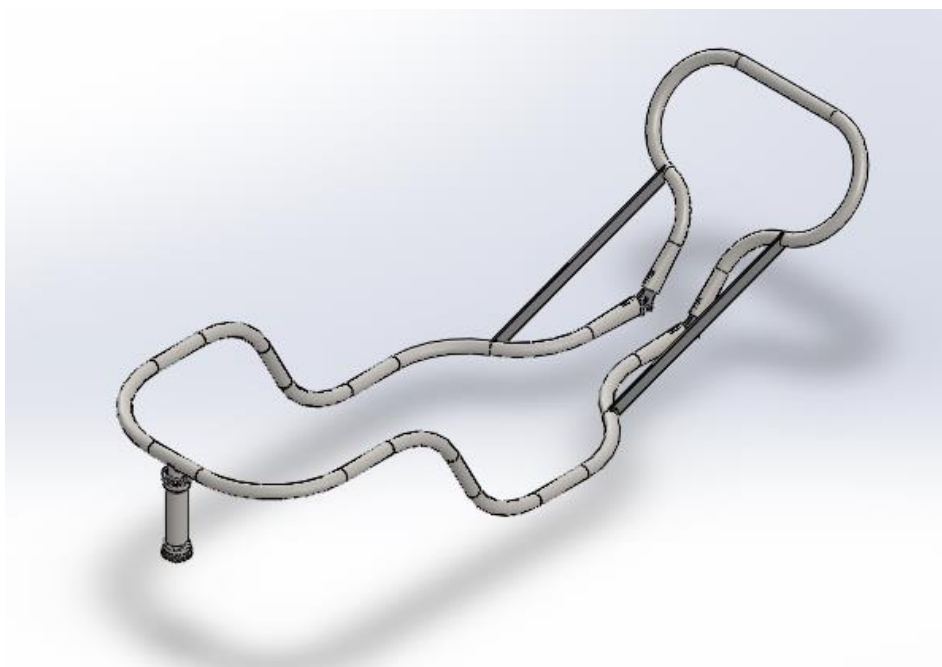


Figura 49 – Quarta versão do projeto

Enquanto era realizada a análise estrutural, o projeto foi enviado novamente ao fornecedor dos serviços de corte e dobra dos tubos. O mesmo se mostrou indisposto a executar a fabricação devido à demanda de outros

serviços. Foi buscado um segundo fornecedor seguindo indicações, esse com maquinário disponível para executar dobras aproximadas às utilizadas na terceira versão do projeto.

5.4.5 Quinta versão

O projeto final, mostrado na Figura 50, é uma adaptação da terceira versão com as modificações necessárias para que o fornecedor de serviços pudesse executá-lo. As alterações mais significativas foram nos componentes arco da roda e tubo traseiro, os quais tiveram suas curvas simplificadas. Os demais componentes também tiveram seus raios de dobra aquedados para as ferramentas disponíveis no fornecedor. Outra alteração foi a fixação das gancheiras, agora soldadas através de um corte na ponta dos tubos, tornando a montagem mais precisa.

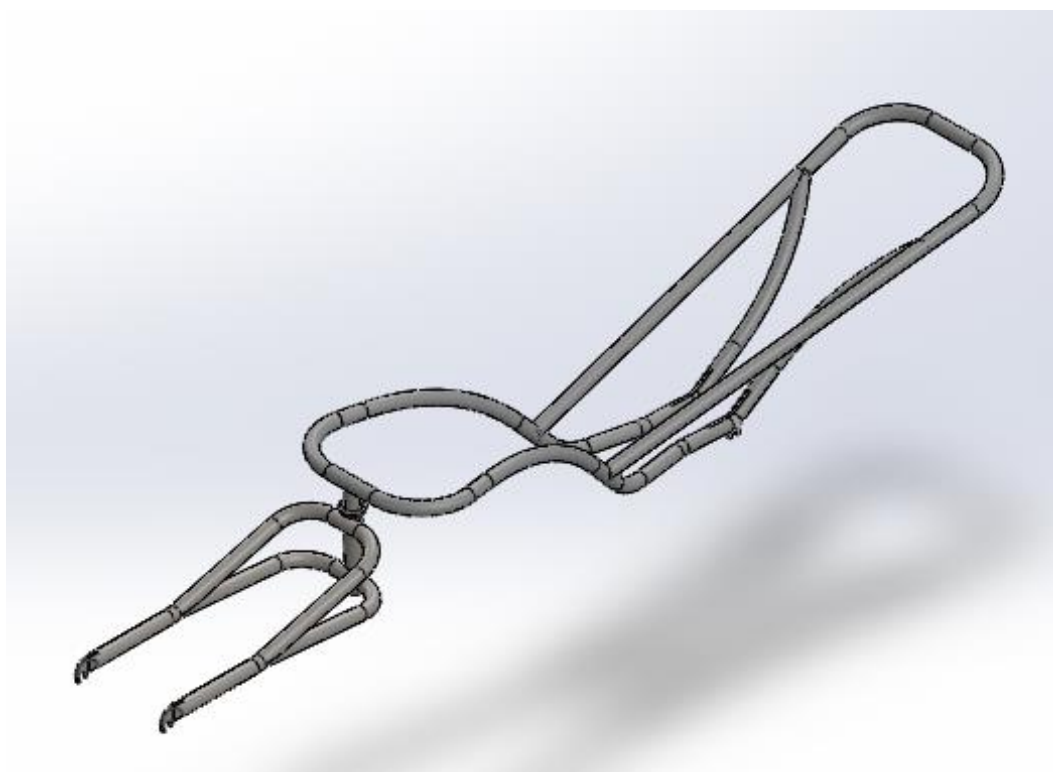


Figura 50 – Quinta versão do projeto

Como esse *layout* técnico é muito semelhante a terceira versão do projeto, a qual se mostrou suficientemente resistente nos testes virtuais, não foi realizada uma nova simulação devido ao grande tempo necessário para a mesma. Foram criados então os desenhos detalhados em 2D para que fosse

possível a fabricação das peças e posterior montagem do conjunto, esses são mostrados no Apêndice I.

5.4.6 Apoio da prancha

O projeto do apoio da prancha foi iniciado considerando a solução adotada no projeto conceitual, com quatro pontos de apoio ligados a estrutura de forma independente. Em um estudo preliminar utilizando o modelo de elementos finitos, descrito na próxima seção, foi detectado que a montagem utilizando esse sistema de apoio apresenta muitas frequências naturais dentro da faixa que não é desejada, de 4 a 8 Hz.

Foi testada a estrutura utilizando outra solução considerada, os apoios paralelos (conforme Figura 51), essa mostrou menos modos dentro da faixa de frequências que é excitada pela roda. A fixação do perfil no *trailer* ocorre por meio das abraçadeiras, descritas na seção anterior, as quais são soldadas em uma chapa de inox e depois rebitadas no perfil de alumínio. Para simplificar o processo de fabricação do protótipo essas peças foram todas coladas utilizando uma resina apropriada para esse tipo de aplicação.

O dimensionamento da largura foi feito considerando que a área em contato com a prancha deveria ser aproximadamente a mesma dos *racks* comumente utilizados em automóveis. Para amortecer parte das forças provenientes do impacto da roda do trailer com o solo, foi utilizada uma borracha com baixo módulo de elasticidade sobre o apoio e, também, na interface com as abraçadeiras. O perfil de alumínio utilizado possui ranhuras internas, que reforçam as paredes para que as mesmas não se deformem.

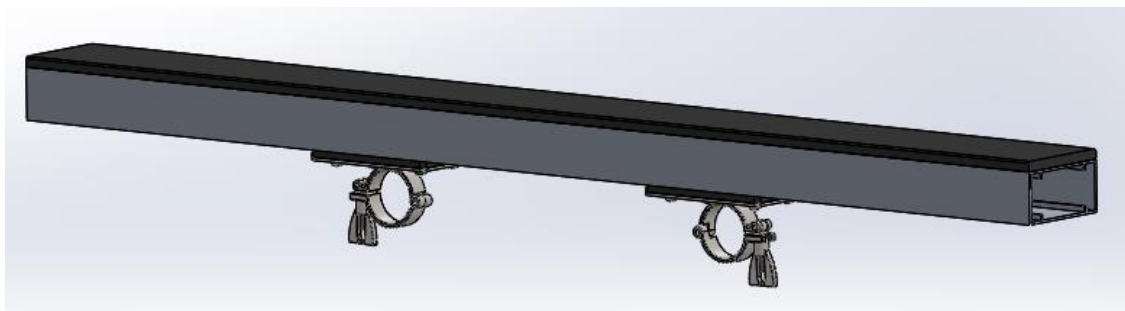


Figura 51 – Estrutura que suporta a prancha

5.4.7 Bagageiro

O bagageiro projetado para a versão final do *trailer* é removível, diferente das primeiras versões, para facilitar o armazenamento do dispositivo e também reduzir o peso quando não for utilizado. A estrutura foi projetada para carregar uma mochila de tamanho suficiente para armazenar todos acessórios necessários para pratica do surf bem como itens pessoais utilizados durante uma viagem de poucos dias. Foi utilizado alumínio no lugar da lona, proposta no projeto conceitual, devido a sua maior resistência contra impactos de objetos que podem ser arremessados de ambas as rodas, do *trailer* e da bicicleta. O bagageiro é mostrado na Figura 52.

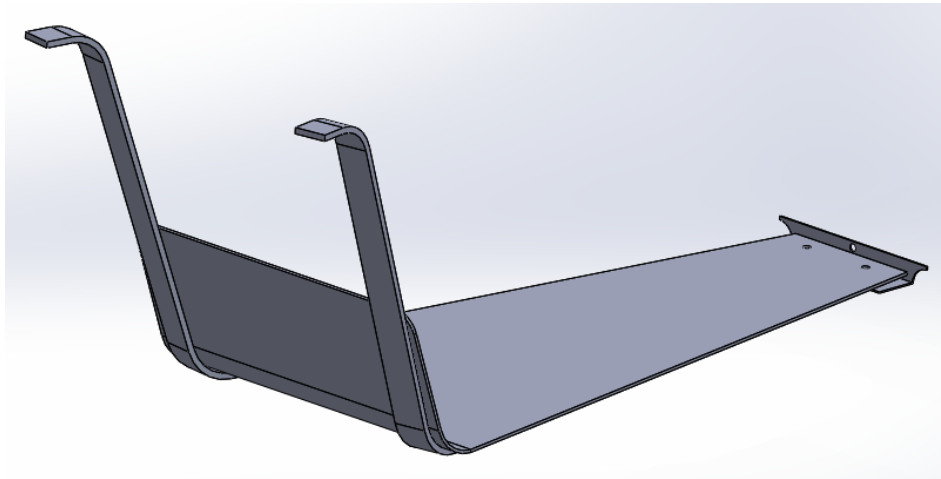


Figura 52 – Modelo 3D do bagageiro

5.4.8 Pára-lama

O pára-lama foi projetado para facilitar sua fixação na estrutura, visto que os disponíveis no mercado têm a furacão considerando que serão utilizados em bicicletas. O projeto consiste em um chapa de aço inox dobrada com um raio 30 milímetros maior que o pneu do *trailer*, como mostrado na Figura 53. Posteriormente, foram adicionados arames para fixar a parte posterior do pára-lamas, aumentando a rigidez do conjunto.

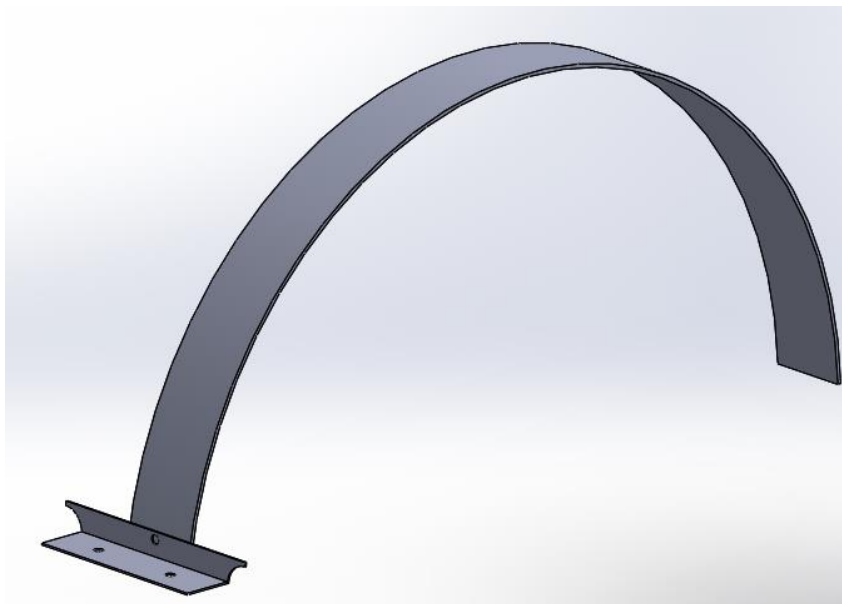


Figura 53 – Modelo 3D do pára-lama

5.4.9 Reforço

Após montagem do conjunto foi decidido adicionar um reforço prototipado em plástico, conforme a Figura 54, para garantir a integridade da solda na região durante os testes físicos.

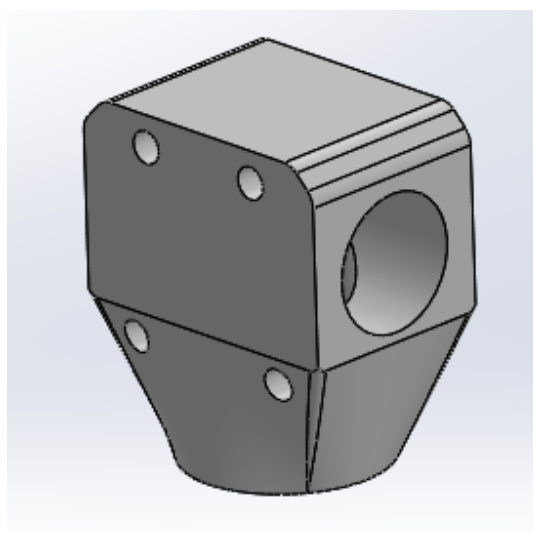


Figura 54 – Modelo 3D do reforço bi partido

5.4.10 Montagem

A montagem completa do conjunto incluindo *trailer* com roda 0,406 m (16”), bagageiro, apoio da prancha, bicicleta com roda 0,660 (26”) e uma prancha 2,13 m (7 pés) é mostrado na Figura 55. Essa montagem foi utilizada

para detectar interferências entre os componentes e realizar os ajustes necessários.

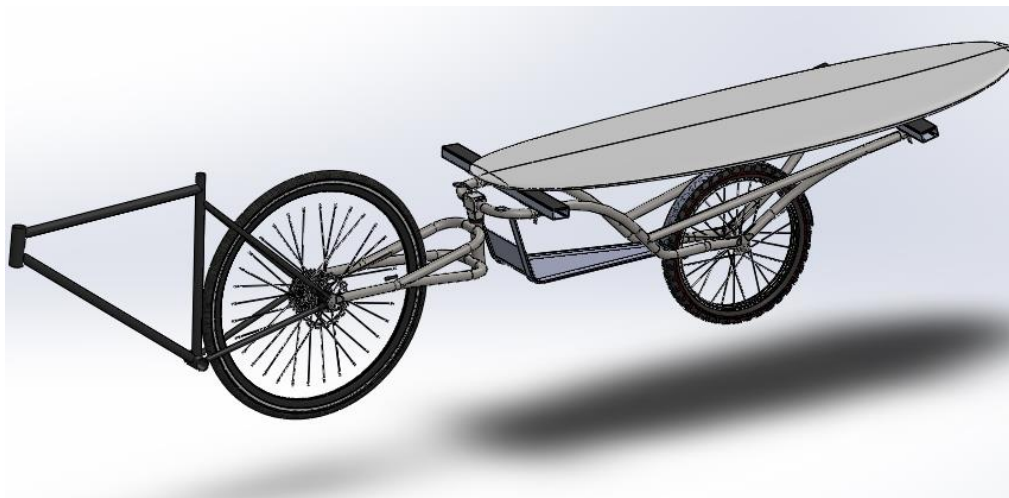


Figura 55 – Montagem completa

5.5 Simulação estrutural

As simulações por elementos finitos foram realizadas durante o desenvolvimento do projeto para determinar, em caráter qualitativo, se as modificações adotadas estavam de fato contribuindo para melhorar a resistência da estrutura. O modelamento do *trailer*, bem como a definição dos parâmetros da simulação e os resultados das mesmas são mostrados na sequência dessa seção.

5.5.1 Detalhamento do modelo

Os modelos de malha das estruturas foram construídos utilizando o *software Hypermesh*, para cálculos matemáticos foi utilizado o *solver Optstruct* e para visualização dos resultados o programa *Hyperview*, todos do pacote *Hyperworks* da empresa Altair.

A estrutura com os tubos foi modelada com elementos do tipo *shell 2D*, devido a pequena espessura de parede do tubo. Eles têm formatos de quadrados e triângulos com tamanho médio das arestas de 2 mm. As soldas foram representadas com um pé de 3 mm e, também, com elementos de casca, metodologia comumente adotada na indústria. As gancheiras foram modeladas utilizando elementos sólidos 3D, e 1 mm de aresta média, devido a

sua maior espessura e foram ligadas aos eixos através de um elemento rígido que representa os parafusos e porcas.

Os eixos onde, foram colocadas as condições de contorno, são elementos de barra com o diâmetro real de cada um dos componentes do protótipo. As abraçadeiras também foram consideradas componentes rígidos devido a robustez das mesmas, não sendo necessário levar em conta o aperto delas nos cálculos. No primeiro modelo, a mesa da bicicleta foi modelada em elementos tetraédricos, o que é bastante comum para componentes com alta complexidade geométrica. A bucha de deslizamento e, posteriormente, a caixa de direção, foram consideradas elementos rígidos sendo ligados a estrutura por um ponto com apenas o grau de rotação em torno do eixo do tubo livre. Todos os parafusos foram considerados elementos de barra com o seu diâmetro nominal e ligados à estrutura por elementos rígidos, considerando um aperto ideal para os mesmos.

A prancha modelada com elementos sólidos e utilizando propriedades mecânicas de um material semelhantes ao utilizado pela indústria na fabricação das mesmas. A conexão com o apoio da prancha foi feita utilizando a ferramenta de contato do tipo *tie*, o qual considera que as duas superfícies estejam ligadas como se estivessem coladas. A chapa expandida, da primeira versão, foi modelada como uma rede de elementos *beam*, representando as dimensões reais de uma chapa comercial. A bagagem foi representada por um elemento de massa com o centro de gravidade estimado de uma mochila no bagageiro. A bicicleta e o conjunto da roda do trailer não foram modelados por serem massas não suspensas no modelo matemático.

5.5.2 Definição dos critérios de avaliação

O cálculo da vida em fadiga foi realizado utilizando como entrada os resultados de tensão das simulações e uma ferramenta implementada no Excel baseada na norma BS 7608 - *Guide to fatigue design and assessment of steel products* (2015). O tipo de solda selecionada para o cálculo, seguindo as indicações da norma, foi o F2 e foram desconsiderados os valores de tensão nos elementos de solda e adjacentes, procedimento comum na indústria devido a singularidade do modelo nessa região. O objetivo de vida adotado para esse

projeto foi de um milhão de ciclos, conhecido no jargão da engenharia como vida infinita do componente. Também, foi adotado para alguns carregamentos, mais severos, a condição de não deformar plasticamente a estrutura, sendo nesse caso o limite a tensão de escoamento do material.

5.5.3 Definição dos carregamentos adotados

A dificuldade da simulação foi a determinação dos carregamentos, os quais não estão presentes em nenhuma literatura. Isso acontece porque os poucos fabricantes de *trailer* existentes não utilizam esse recurso, e caso algum use, não divulga esses dados. Para determinar as cargas que seriam aplicadas no modelo de elementos finitos foi necessário explorar as normas de testes físicos para quadros de bicicleta. Após uma avaliação mais detalhada das normas AS-NZS 1927 (1998), JIS D 9401 (2010), NBR 14714 (2013) e outros estudos com bicicletas foram separados os testes que poderiam ser aplicados de forma semelhante ao projeto. A partir dessas foram gerados os carregamentos de aceleração e condições de contorno como será exposto na sequência.

a) Carregamentos longitudinais

O estudo feito pela *Casteel, Beck & Associates* (2015), o qual foi apresentado na *Proceedings of the Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference*, compara as acelerações que diversos modelos de bicicleta conseguem gerar quando estão freando ou sendo aceleradas para frente numa pista reta e plana. Os testes foram conduzidos em vários tipos diferentes de pisos e os dados contidos no Anexo I mostram os resultados das acelerações obtidas por cada modelo de bicicleta para ambas as situações.

Para a simulação foram considerados os maiores valores medidos em cada uma das direções. No caso, quando utilizando bicicletas do modelo *speed* no piso de asfalto. Os Gráficos 56 e 57 mostram os resultados de aceleração e frenagem, respectivamente, para essas duas situações. Os valores utilizados nas simulações foram de 0,15 G aplicados longitudinalmente no sentido de trás para a frente do *trailer* para simular a aceleração de partida da bicicleta e, o

valor de 0,95 G aplicado no sentido oposto para simular a frenagem da bicicleta (BECK, 2016).

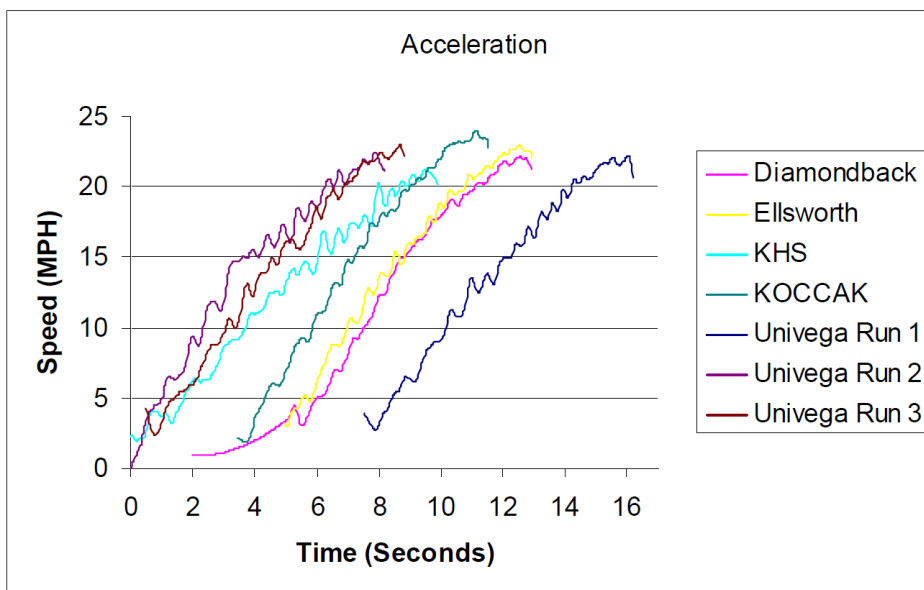


Figura 56 – Aceleração de diversos modelos de bicicleta no asfalto
Fonte: Casteel, Beck & Associates (2015)

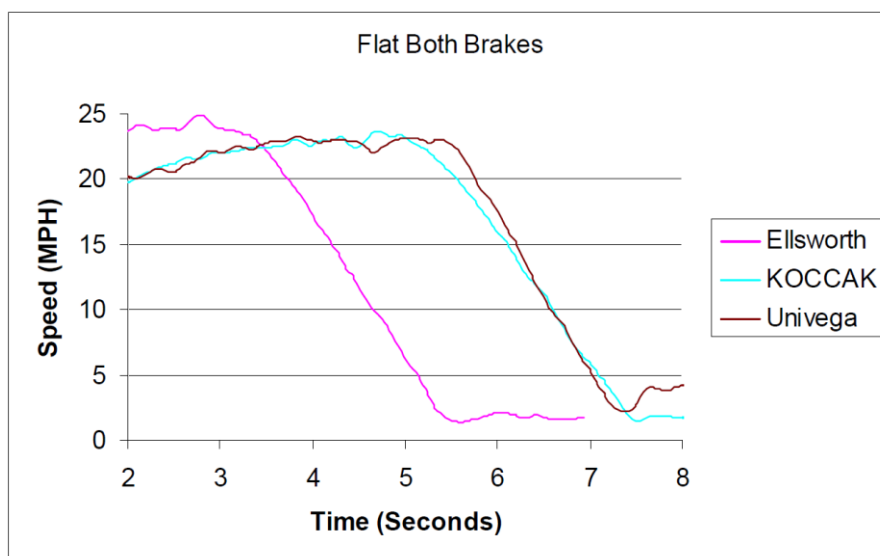


Figura 57 – Frenagem de diversos modelos de bicicleta no asfalto
Fonte: Casteel, Beck & Associates (2010)

As condições de contorno utilizadas para cada para o modelo de aceleração para frente são mostradas na Figura 58. Os números próximos aos triângulos vermelhos, que representam cada um dos graus de liberdade,

indicam que o modelo se comporta como se a toda traseira estivesse presa e o arco da roda sendo puxado pela bicicleta.

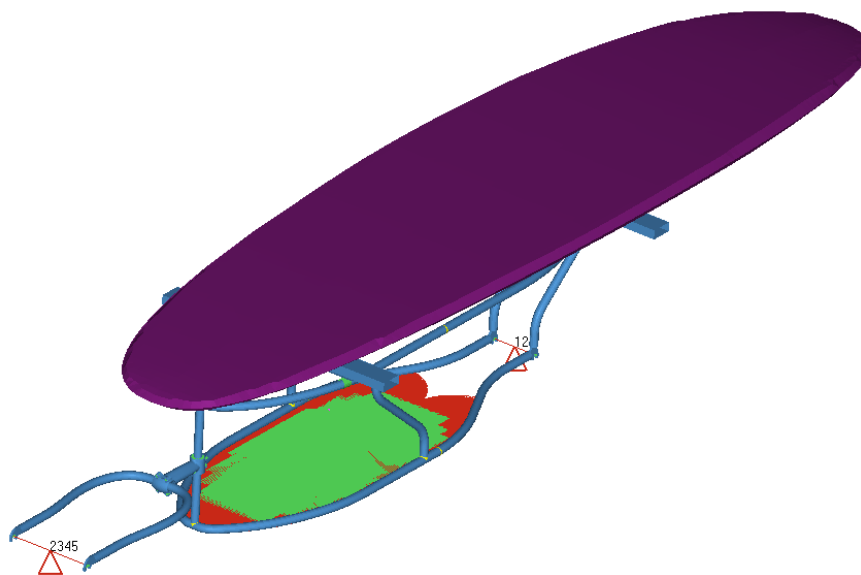


Figura 58 – Condições de contorno para aceleração

Já, para a condição de frenagem, a dinâmica é simulada de forma com que o eixo frontal está travado e o traseiro pode se descolar livremente no sentido longitudinal do *trailer*, conforme mostrado Figura 59. Isso faz com que a força de inércia do conjunto seja transferida, principalmente, para o tubo frontal e arco da roda.

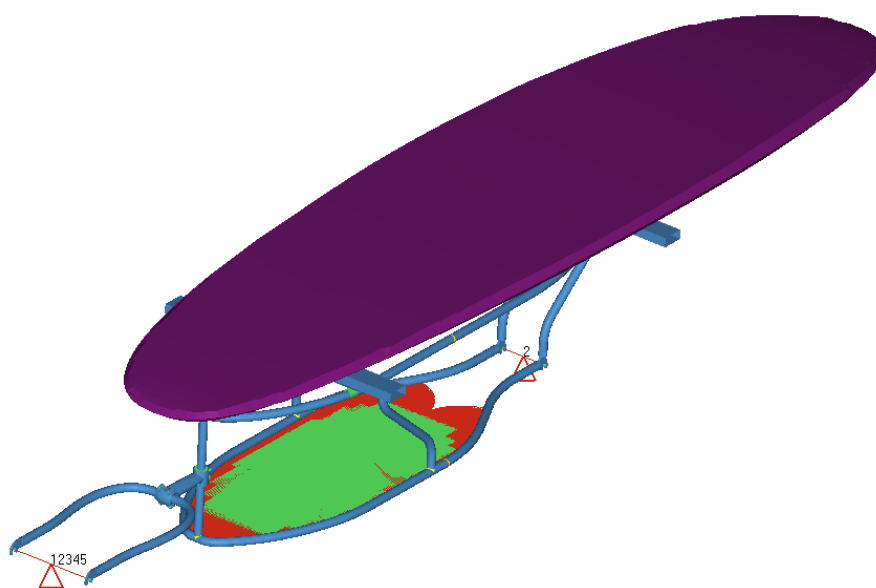


Figura 59 – Condições de contorno para frenagem

b) Carregamento vertical

Outra condição adotada foi uma readequação de um dos testes de impacto no garfo da bicicleta. Esse é exigido por diversas normas de construção de bicicletas. O teste consiste em pivotar no eixo traseiro o quadro da bicicleta e, com adição de algumas massas distribuídas sobre o mesmo, soltá-lo em queda livre de uma altura de 300 mm a partir do eixo da frente, conforme mostrado na Figura 60 (JIS D 9401, 2010).

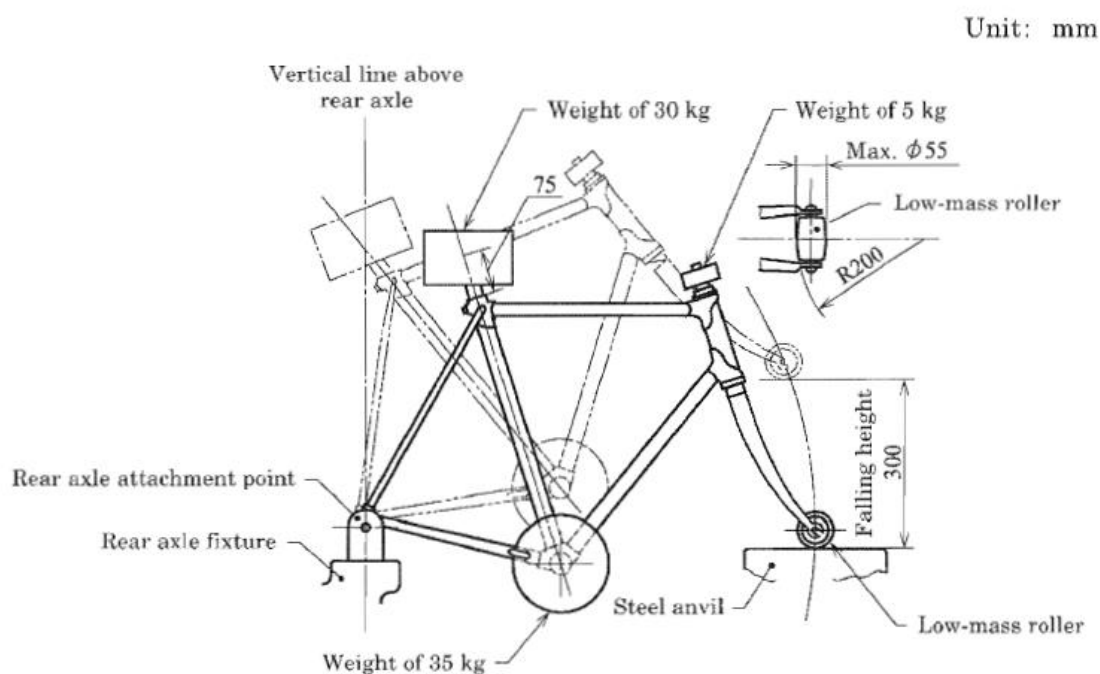


Figura 60 – Teste de impacto para garfo de bicicleta
Fonte: JIS D 9401 (2010)

Esse teste foi adequado a situação do *trailer*, considerando o mesmo carregado com a prancha (7,5 kg) e o máximo peso de bagagem recomendado (10 kg), erguendo e soltando o eixo traseiro de uma altura de 300 mm em queda livre. Para fazer a simulação a partir desse teste foi necessário estimar uma aceleração vertical suficiente para reproduzir no *trailer* a velocidade final atingida pelo quadro da bicicleta antes no impacto. A aceleração vertical calculada foi de aproximadamente 2,5 G.

As condições de contorno utilizadas para esse teste são mostradas na Figura 61. Elas representam os pontos de apoio que podem apenas rotacionar apenas em torno do eixo das rodas, fazendo com que o conjunto seja fletido no seu centro geométrico. Como esse é um teste de impacto destrutivo, foi adotado como objetivo para a simulação que as tensões estejam abaixo do limite de escoamento do material, garantindo com que a estrutura não tenha deformações permanentes.

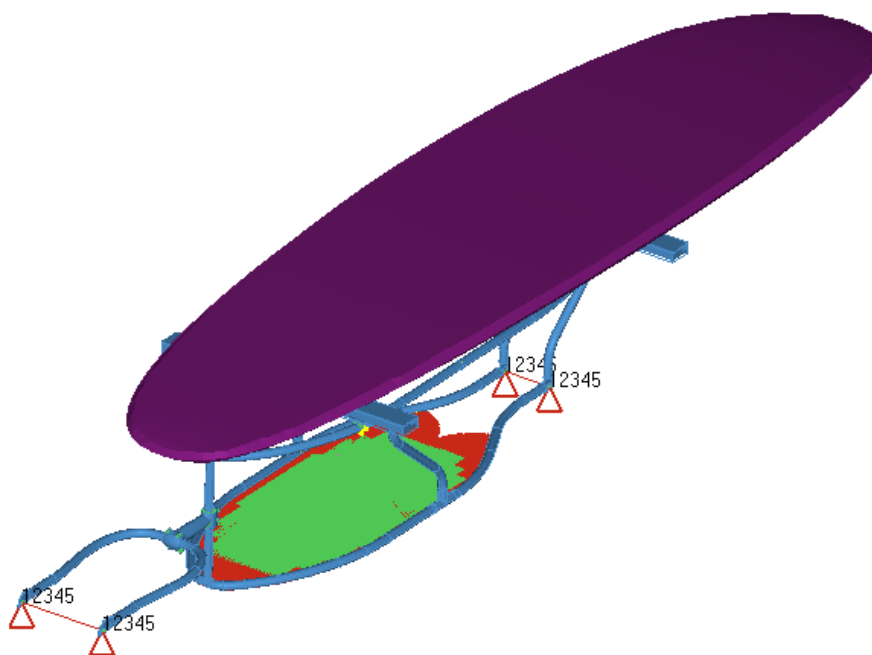


Figura 61 – Condições de contorno para impacto vertical

c) Carregamento lateral

Para avaliar a rigidez lateral do conjunto foi utilizada uma extrapolação de um dos testes para roda de bicicletas proposto pela norma AS-NZS 1927 (1998). Neste, é aplicada uma força de 400 N lateralmente no aro da roda traseira da bicicleta, representando com o que mesmo tenha tipo um impacto lateral com um obstáculo. A Figura 62 apresenta um diagrama de como deve ser feita a execução física do teste. A força aplicada no teste foi transformada em aceleração utilizando a equação da Segunda Lei de Newton e considerando a relação entre a massa da bicicleta e a total *trailer*, em conjunto com a prancha e a bagagem. O valor obtido para a aceleração foi de 2,5 G e foi

aplicado lateralmente em apenas um sentido, considerando que o conjunto é simétrico não há necessidade de testar em ambos os lados.

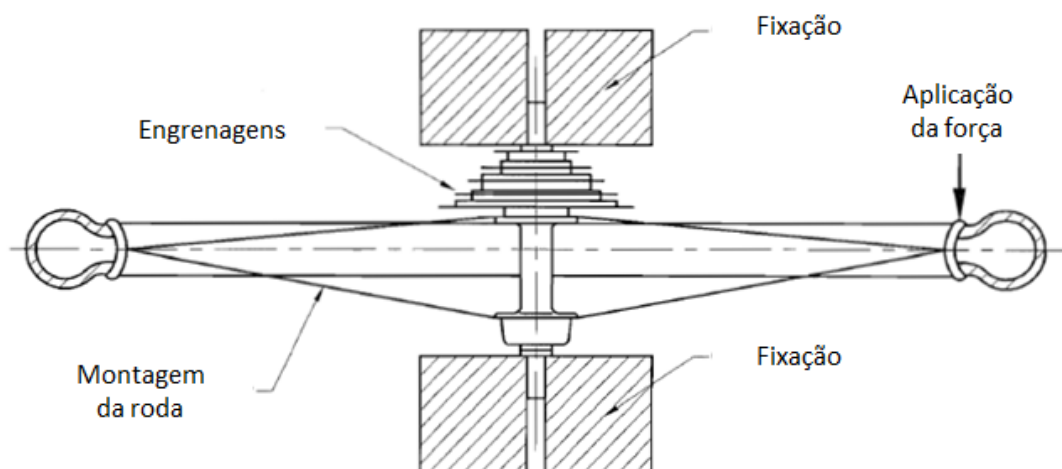


Figura 62 – Condições de contorno para impacto lateral
Fonte: AS-NZS 1927 (1998)

As condições de contorno utilizadas para essa simulação são mostradas na Figura 63. Elas possibilitam que o eixo dianteiro possa apenas rotacionar no sentido vertical e o eixo traseiro tem o deslocamento lateral restringido. Isso representa a condição do pneu em um atrito lateral infinito, transmitindo a força diretamente para a estrutura. Por se tratar de um teste destrutivo o limite de tensão para esse caso também é o escoamento do material.

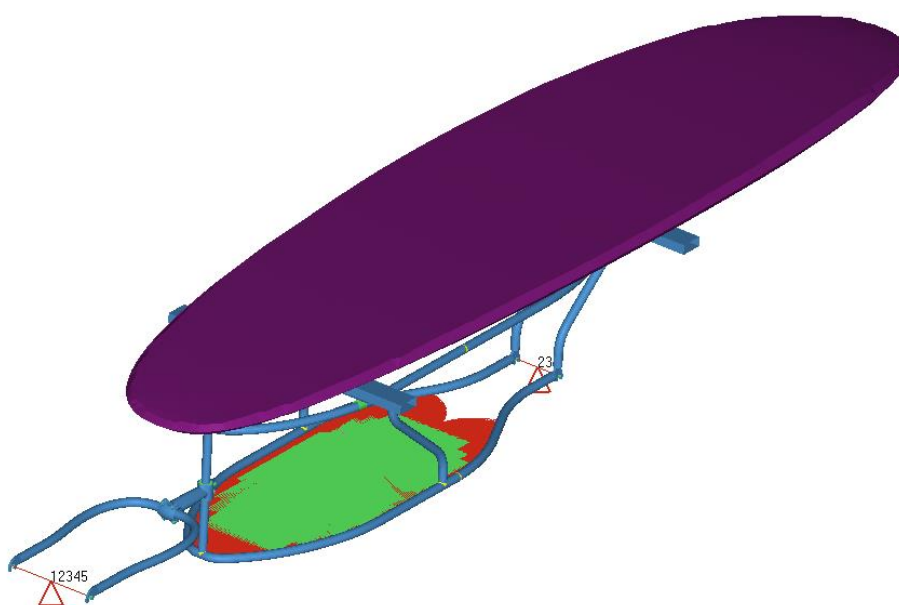


Figura 63 – Condições de contorno para impacto lateral

d) *Análise dos modos de vibrar*

Também, foi realizada um análise modal para avaliar as frequências naturais de vibração do conjunto e entender seu comportamento em diferentes velocidades. A norma NBR 14714 apresenta um teste de fadiga para o garfo da bicicleta (conforme Figura 64), o qual recebe uma carga cíclica aplicada com frequência entre 6 Hz e 10 Hz, faixa que representa a cadência da roda em velocidades médias de um ciclista (NBR 14714, 2013).



Figura 64 – Condições do teste de fadiga do garfo da bicicleta
Fonte: NBR 14714 (2013)

As condições de contorno da análise modal são mostradas na Figura 65, para esse tipo de análise o modelo deve estar totalmente fixo nas suas extremidades. Na análise foi considerada, também, a massa da prancha e do bagageiro, como mencionado anteriormente. As frequências naturais devem estar preferencialmente fora da faixa de 0 até 10 Hz, pois as mesmas são facilmente excitadas pela rodagem da bicicleta e do *trailer*.

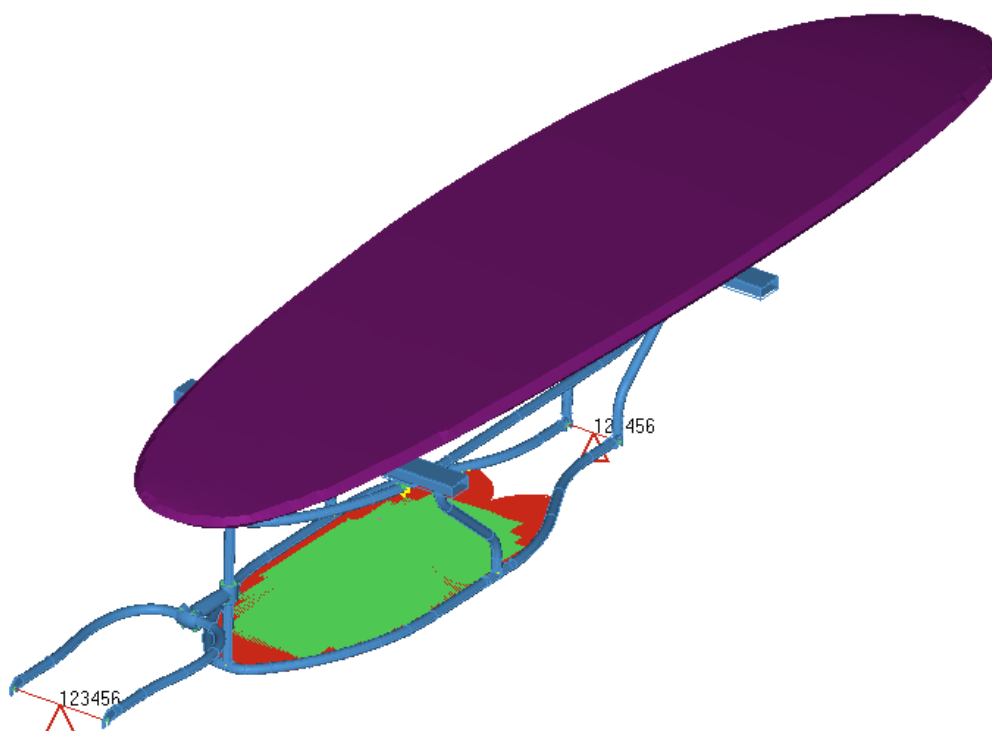


Figura 65 – Condições de contorno para análise modal

5.5.4 Resultados dos carregamentos adotados

Os resultados desses quatro testes que foram simulados são mostrados na sequência, comparando a segunda e terceira versão do *trailer* as quais foram as mais relevantes durante a etapa do projeto. A primeira versão não foi simulada, pois as limitações dos projetos eram evidentes e a possibilidade de construir a quarta versão foi abandonada após a troca de fornecedor. A quinta versão do projeto, da qual foi construído o protótipo, também não foi simulada por que sua geometria é muito semelhante com a terceira versão do projeto. Os resultados das simulações mostrados na sequência têm caráter apenas comparativo, pois os testes foram apenas extrapolados matematicamente, sem serem de fato validados fisicamente. Para um dimensionamento preciso da estrutura seria necessária uma aquisição de dados para entender o comportamento dinâmico do *trailer* nas condições em que o mesmo será utilizado.

Para o carregamento de aceleração os resultados são mostrados na Figura 66 para a segunda versão do projeto e na Figura 67 para a terceira versão do projeto. Pelas imagens é possível observar que ambos os modelos

têm as maiores tensões próximas de 170 MPa na região entre o arco da roda e o tubo frontal. Porém, como em nenhum dos casos essa tensão está na região de solda os resultados são aceitáveis.

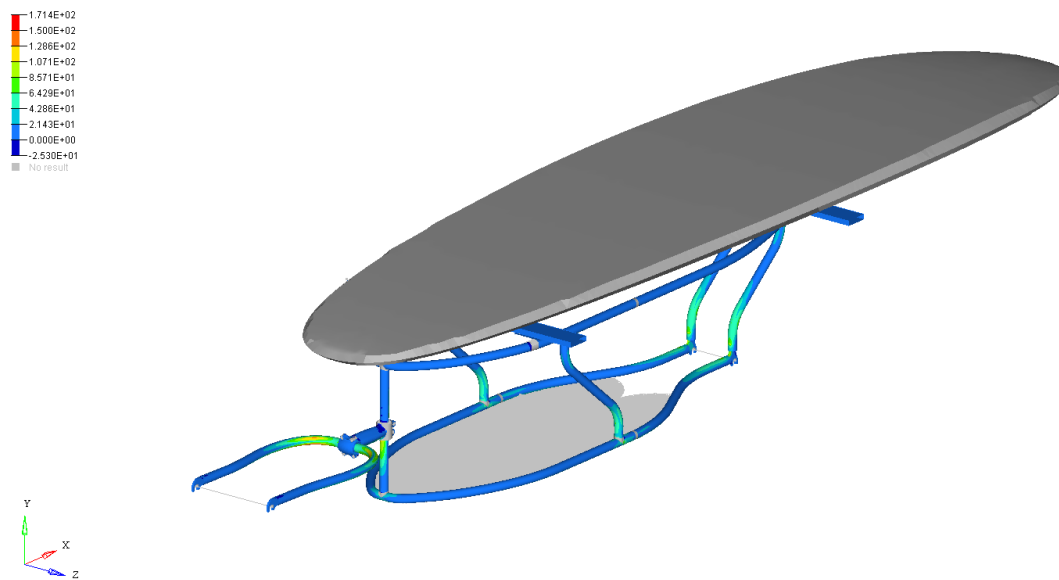


Figura 66 – Resultados da análise de aceleração para a segunda versão do projeto

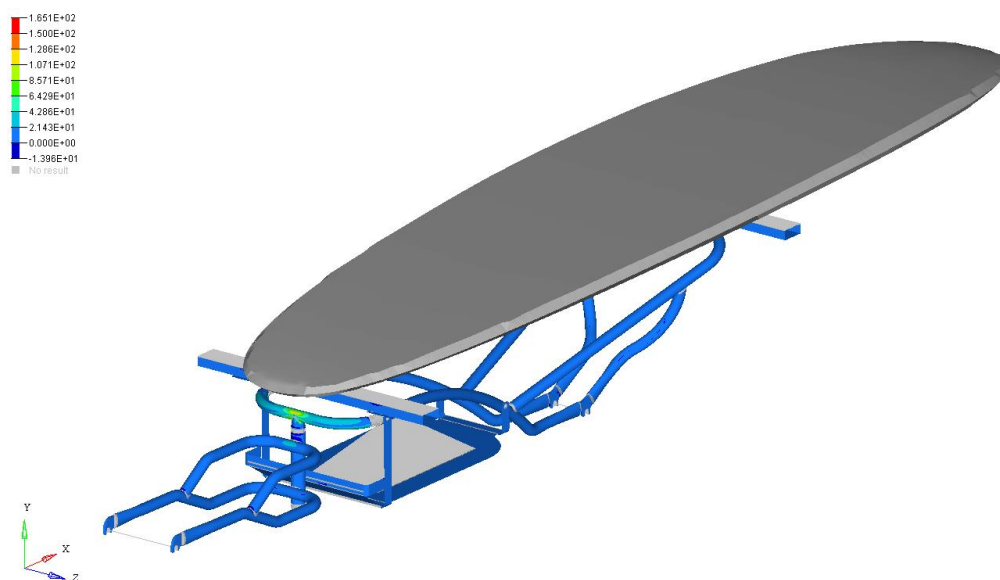


Figura 67 – Resultados da análise de aceleração para a terceira versão do projeto

Para o carregamento de frenagem os resultados são mostrados na Figura 68 para a segunda versão do projeto e na Figura 69 para a terceira versão do projeto. Nas figuras pode-se observar que o comportamento da estrutura é bastante semelhante ao movimento no sentido contrário. Novamente, ambos os modelos têm as maiores tensões próximas de 170 MPa na região entre o arco da roda e o tubo frontal. Porém, distante o suficiente da região de solda.

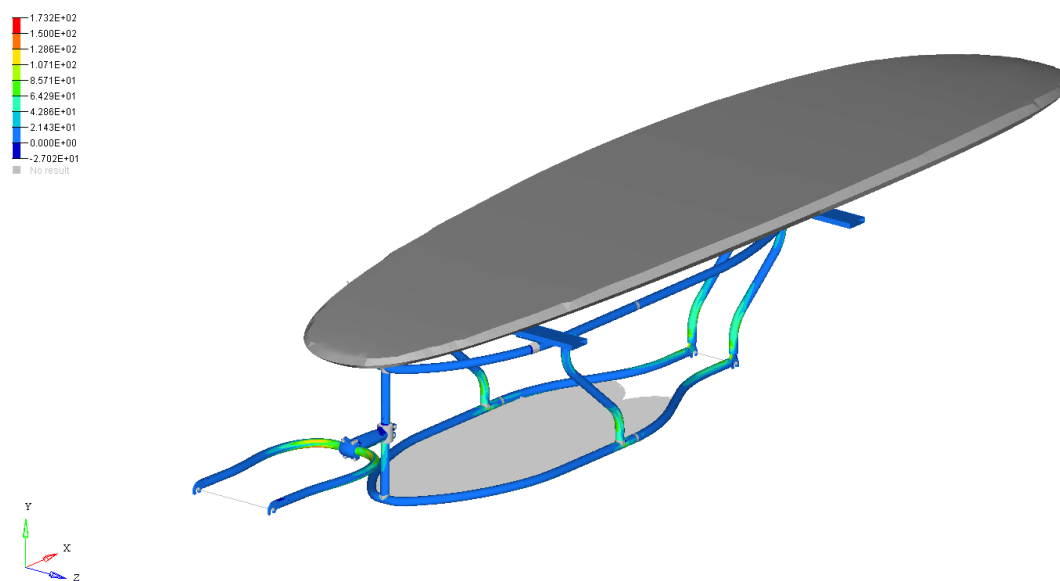


Figura 68 – Resultados da análise de frenagem para a segunda versão do projeto

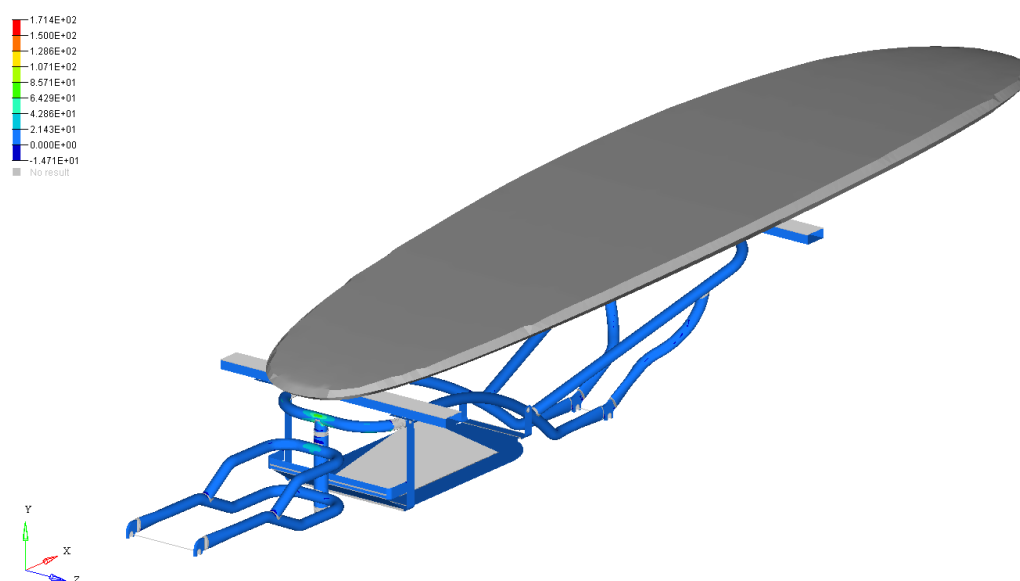


Figura 69 – Resultados da análise de frenagem para a terceira versão do projeto

Para o carregamento de lateral os resultados são mostrados na Figura 70 para a segunda versão do projeto e na Figura 71 para a terceira versão do projeto. Nas figuras pode-se observar que a rigidez lateral do arco da roda na versão final do projeto é muito maior, sendo mais resistente a esse carregamento. A segunda versão apresenta tensões acima do de 1200 MPa, sendo mais que o suficiente para ocasionar a ruptura instantânea do material.

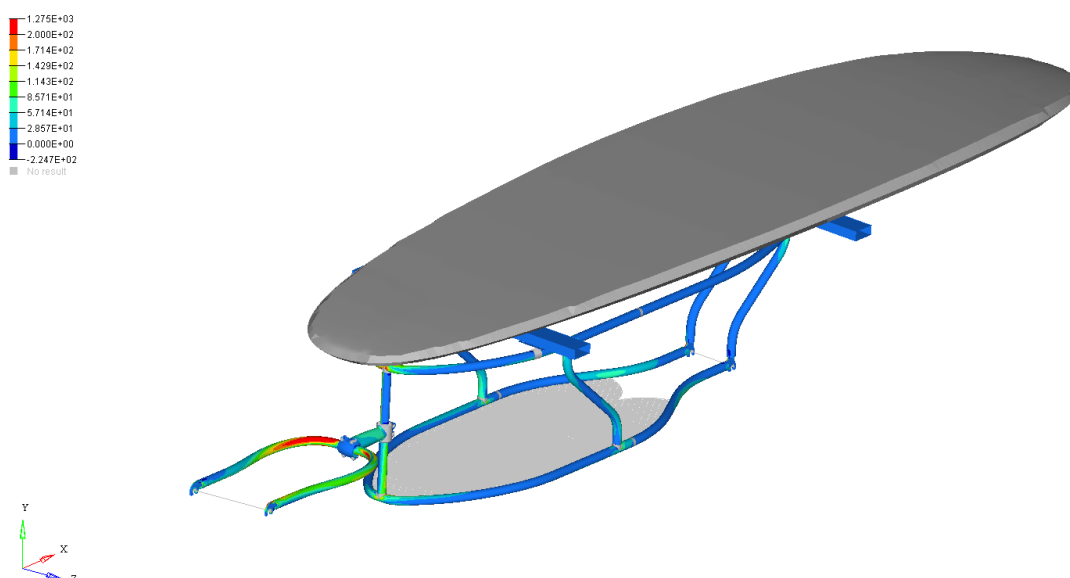


Figura 70 – Resultados da análise de impacto lateral para a segunda versão do projeto

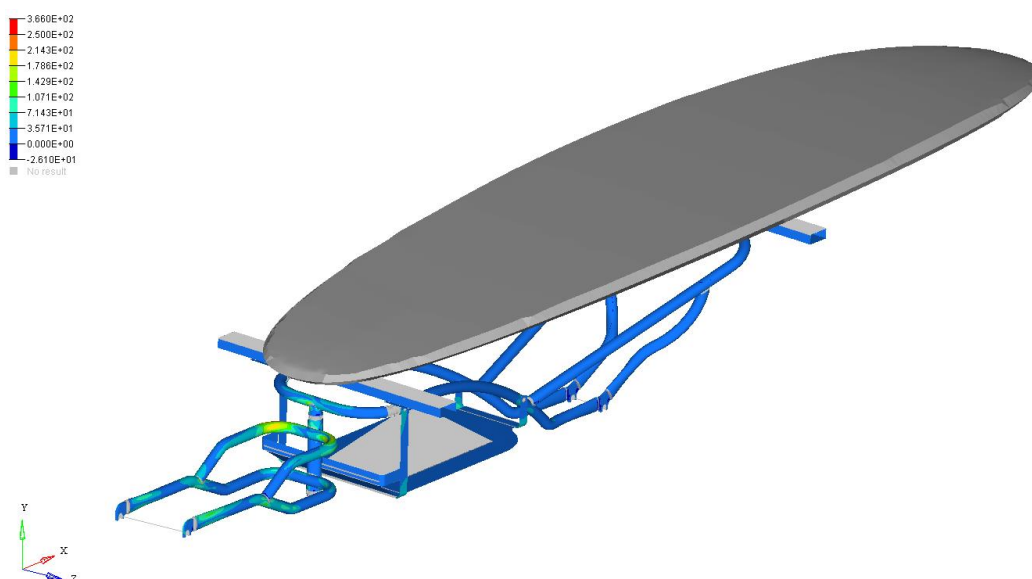


Figura 71 – Resultados da análise de impacto lateral para a terceira versão do projeto

Para o carregamento vertical os resultados são mostrados na Figura 72 para a segunda versão do projeto e na Figura 73 para a terceira versão do projeto. Pode-se notar que as tensões entre o arco da roda e o tubo frontal são bastante semelhante nos dois modelos, estando dentro de valores aceitáveis. Porém, a segunda versão apresenta uma maior fragilidade na região das gancheiras traseiras.

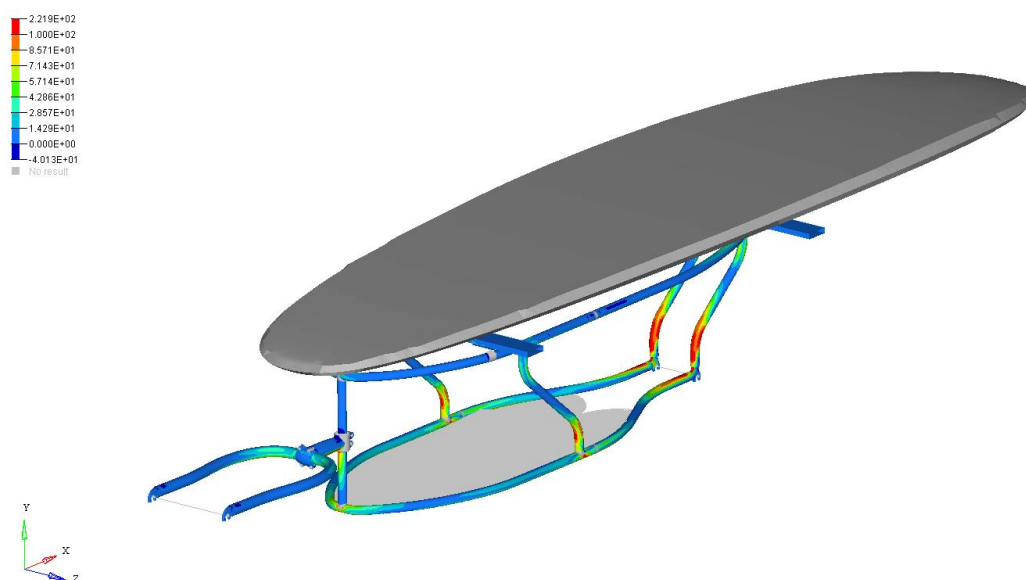


Figura 72 – Resultados da análise de impacto vertical para a segunda versão do projeto

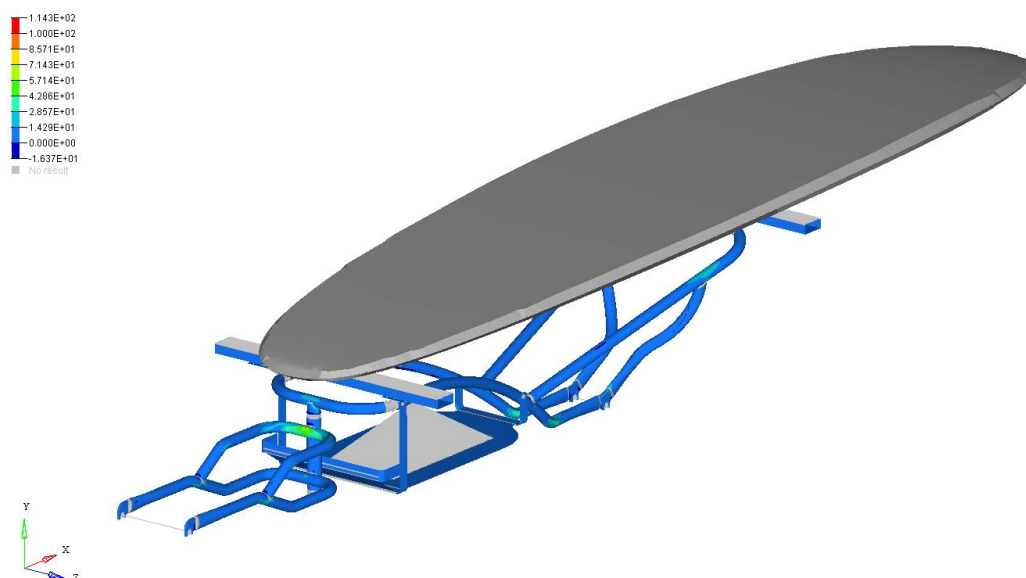


Figura 73 – Resultados da análise de impacto vertical para a terceira versão do projeto

Para a análise modal os resultados da segunda frequência natural são mostrados na Figura 74 para a segunda versão do projeto e na Figura 75 para a terceira versão do projeto. Apesar da primeira frequência natural de ambos os modelos estar próxima de 6 Hz, a segunda versão do projeto apresenta um modo de vibrar a mais que a terceira versão na faixa até 10 Hz.

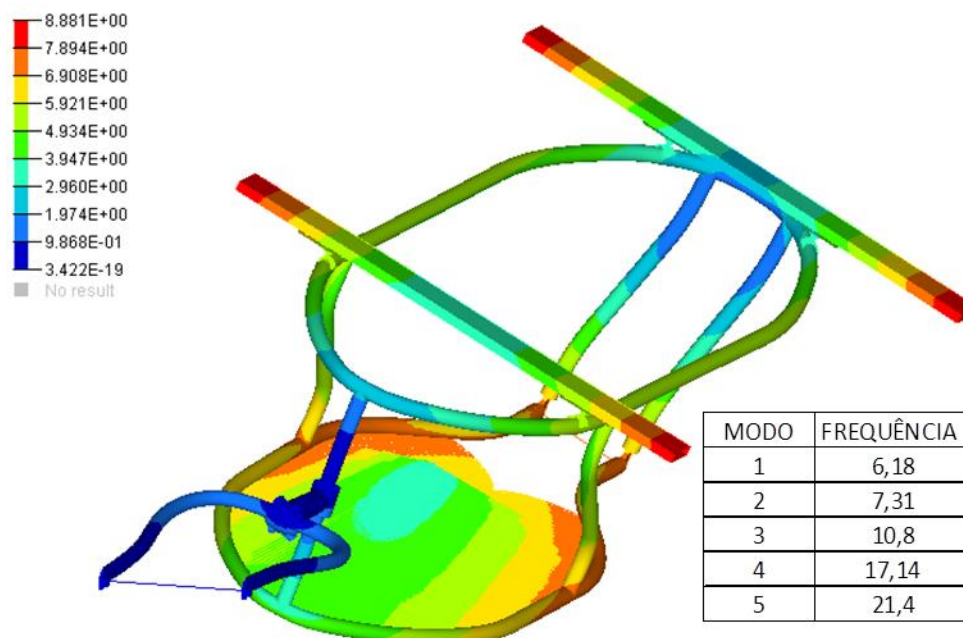


Figura 74 – Resultados da análise modal para a segunda versão do projeto

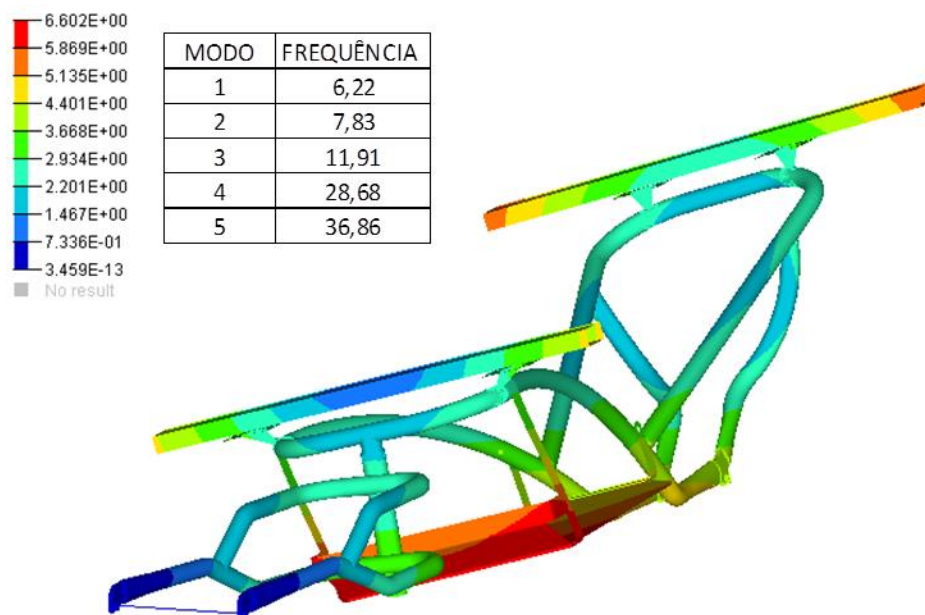


Figura 75 – Resultados da análise modal para a terceira versão do projeto

5.5.5 Avaliação dos resultados

Dessa forma, pode ser concluído que, de forma geral, as modificações adotadas para a terceira versão do projeto de fato contribuíram para que a estrutura se tornasse mais resistente. Essa melhoria é mais evidente nos testes de impacto simulados. Portanto, a possibilidades de deformações permanentes na estrutura nessa versão são menores. O fato de existir um modo natural de vibrar a mais dentro da faixa de indesejada também contribui para a decisão de mudança. Como será exposto durante o Capítulo 7 esse é um detalhe muito importante no projeto.

Além desses fatores, o centro de gravidade ficou mais próximo ao solo e a massa total do trailer também foi reduzida da segunda para a terceira versão do projeto. Esses dois aspectos foram considerados os de maior importância nos requisitos de projeto. Outro requisito que passa a ser atendido na terceira versão do projeto é o bagageiro removível. Juntamente à utilização de uma caixa de direções de bicicleta no lugar de buchas de deslizamento diminui muito a necessidade de manutenção e peças de reposição. Por todos esses fatores a segunda versão do projeto foi substituída pela terceira.

6 FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO

A seguir será explorada a atividade de fabricação do protótipo funcional do projeto detalhado. Para isso, são utilizados os desenhos de fabricação desenvolvidos e empregados sistemas, subsistemas e componentes (SSCs) similares aos definidos na fase anterior.

Segundo Rozenfeld *et al.* (2005), por meio do protótipo funcional pode-se avaliar o correto funcionamento do produto, sua montabilidade, validar restrições e premissas, avaliar seu desempenho e verificar sua concordância com as especificações. No presente trabalho, a principal finalidade do protótipo desenvolvido é verificar suas funcionalidades, tais como o posicionamento e fixação da prancha, acoplamento na bicicleta e o desempenho dinâmico do *trailer* em diferentes situações.

6.1 Obtenção de recursos

O levantamento inicial da quantidade de recurso financeiro necessário para fabricar o protótipo foi realizado logo após a definição da concepção. Para tal, tendo como base os princípios de solução da concepção adotada, foram pesquisados os preços médios de mercado de componentes e matérias-primas que possivelmente poderiam ser utilizados nos SSCs.

Os recursos de fabricação foram separados entre aqueles que poderiam ser utilizados diretamente pela equipe, através de ferramental próprio e/ou disponibilizado pelos laboratórios da universidade, e aqueles que necessariamente deveriam ser atribuídos a terceiros, como a transformação de tubos (dobra, corte e soldagem). Para estes últimos, os custos foram assumidos simplesmente por uma estimativa da equipe, a qual posteriormente mostrou-se ser consideravelmente imprecisa.

O custo total inicialmente previsto para a produção do protótipo é apresentado na Tabela 12.

Um relatório com maiores detalhes sobre os custos envolvidos foi submetido à Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional da UTFPR para ser contemplado no Programa de Bolsas de Fomento às Ações de

Graduação. Uma vez sendo aprovado, foi disponibilizado um auxílio de R\$1.000,00 (mil reais). O recurso financeiro restante foi integralmente angariado pelas finanças pessoais da equipe.

COMPONENTES	ORIGEM	CUSTO
Pneu	Comercial	R\$ 40,00
Roda (Cubo, Raios e aro)	Comercial	R\$ 70,00
Paralama	Comercial	R\$ 50,00
Junta	Comercial	R\$ 250,00
Elementos de fixação	Comercial	R\$ 20,00
Apoios da prancha	Matéria prima	R\$ 100,00
Fixação da prancha	Comercial	R\$ 70,00
Tela do bagageiro	Comercial	R\$ 195,00
Elemento de fixação do trailer na bike	Comercial	R\$ 256,00
Estrutura Geral (Tubos)	Matéria prima	R\$ 100,00
SERVIÇOS	ORIGEM	CUSTO
Dobras e cortes dos tubos	Terceirizado	R\$ 200,00
Soldagem	Terceirizado	R\$ 100,00
Outros processos menores	Insumos	R\$ 30,00
TOTAL		R\$ 1.481,00

Tabela 12: Estimativa de custos do protótipo

6.2 Desenvolvimento de fornecedores e parceiros

Antes de tudo, há de se deixar claro que o desenvolvimento de fornecedores e parceiros começou a ser efetuada, ainda que sucintamente, durante a fase de concepção do produto. Para propor os princípios de solução da estrutura funcional, procurou-se, por meio de indicações de pessoas e pesquisas na internet, empresas que ofertassem produtos com potencial de serem selecionados como um SSC.

Contudo, foi no início da fase do projeto detalhado que essa tarefa revelou-se fundamental. Isso porque as dimensões dos itens comerciais foram tratadas como propagadores de restrição. Ou seja, após a decisão de comprar um componente, tem-se em suas dimensões geométricas entradas de projeto, as quais devem possuir compatibilidade com as outras restrições já estabelecidas e que, também, influenciam o andamento das demais seleções do projeto, dentre elas a escolha das matérias-primas.

Algo semelhante ocorre no caso dos parceiros designados a executar os serviços de fabricação. A disponibilidade de seus maquinário e ferramental acaba estabelecendo restrições e limites para a elaboração dos cálculos e desenhos de componentes fabricados.

6.2.1 Fornecedores de componentes e matéria-prima

A sondagem dos diversos componentes comerciais e da matéria-prima ocorreu concomitantemente. Além das compatibilidades entre eles, foi analisado se o valor ofertado estava razoavelmente dentro do previsto e o prazo de entrega de acordo com o cronograma do projeto. Foram escolhidos fornecedores capazes de apresentar itens, na ordem de preferência: atendendo à especificação; com menor valor; e menor prazo de entrega.

A Tabela 13 demonstra uma compilação de informações referentes aos fornecedores. A última coluna da tabela informa o motivo da escolha, sendo: A) atende especificação; B) menor valor; C) menor prazo de entrega; D) única opção; E) opção mais conveniente. O quantitativo dos custos será apresentado mais adiante na seção de análise de custos.

Nota-se que alguns itens não foram encontrados em Curitiba. Destaca-se a importação do *quick release* com buchas. Isso foi necessário devido a ser uma peça de reposição de um *bike trailer* comercializado somente no exterior. As abraçadeiras e a caixa de direção também tiveram que ser encomendadas de Campinas-SP e Rio de Janeiro-RJ, respectivamente.

Os materiais metálicos, com exceção dos tubos de aço inoxidável de 1" e 1,2 mm, foram encontrados em comércios de sucatas, pois assim era possível comprar apenas retalhos dos tubos e chapas necessários em menor quantidade.

No caso da estrutura tubular, onde se exigia maior quantidade, foram comprados 12 m de tubo com costura Inox 304 de 1,2 mm. O ideal em termos estruturais seria utilizar o tubo sem costura. Porém, devido à grande diferença de preço e por se tratar apenas da construção de um protótipo para testes, preferiu-se a opção mais acessível. A empresa responsável pelo fornecimento foi a Europa Inox, localizada no bairro Boqueirão, em Curitiba-PR.

ITEM	FORNECEDOR	LOCALIZAÇÃO	MOTIVO
<i>Quick release</i> com buchas	Bike Shop HUB	EUA	A – B
Roda montada Pneu Câmara	Portella	Curitiba-PR	B – C
Caixa de direção	Lep Bikes	Rio de Janeiro-RJ	A – D
Abraçadeira	GEMS Válvulas	Campinas-SP	A – D
Luva da abraçadeira	Tecnovapor	Curitiba-PR	A – C
Parafusos Porcas Arruelas	A Bettega	Curitiba- PR	A – E
Tubos Inox 1" 1,2 mm	Europa Aço Inox	Curitiba- PR	A – C – B
Cantoneira Inox Tubo Inox 30 mm 1 mm Tubo Inox 1" 1,5 mm	Planetário	Curitiba- PR	C – E
Perfil de Alumínio Chapa Inox 5 mm Chapa Inox 1,5 mm Barra Alumínio Chapa alumínio xadrez	Aniceski	Curitiba- PR	C – E
Lençol de borracha 3 mm Perfil adesivado borracha	Cia da Borracha	Curitiba- PR	C – E

Tabela 13: Lista de fornecedores

6.2.2 Fornecedores de Serviços

Como descrito no capítulo prévio, somente após a finalização da primeira versão do produto concatenado e de seus desenhos preliminares que a prospecção de empresas de serviços de mão-de-obra foi iniciada. Decidiu-se que dois componentes seriam fabricados através de serviços terceirizados, o garfo e a estrutura principal.

A ideia inicial era encontrar três empresas que realizassem cada uma as seguintes operações: dobramento e corte dos tubos; corte a laser das chapas; e soldagem. A intenção de descentralizar as operações estava em encontrar os menores custos e evitar que um único fornecedor possuísse demasiada informação sobre o projeto. Contudo, a dificuldade de encontrar empresas interessadas em executar os serviços foi evidente. Ao perceber isso, a equipe direcionou esforços para localizar algum estabelecimento que realizasse obrigatoriamente o serviço de dobramento, considerado o mais crucial e, preferencialmente, também o restante das operações.

Uma tabela foi criada com os dados de contatos de diversas empresas selecionadas pela descrição de seus escopos de serviços, a qual se encontra no Apêndice J. Foram enviados e-mails com algumas informações sobre o projeto e desenhos preliminares para serem analisados. Caso houvesse possibilidade de execução, era solicitado orçamento com prazo de entrega.

O primeiro contato avançado e com boas perspectivas foi com a empresa Ronafer, situada em Pinhais-PR. Porém, após inúmeros contatos telefônicos cobrando o orçamento e de duas visitas pessoais no local, foi atestado que para tubo de 1 polegada só existia ferramenta para confeccionar raios de dobra de um único valor. Com isso, foi descartada a possibilidade de ser constituído o fornecedor de serviços. Dessa maneira, o cronograma do projeto foi comprometido, já que novos relacionamentos tiveram que ser estabelecidos.

Tendo em vista essa situação, foram efetuadas ligações telefônicas àquelas empresas que ainda não haviam respondido o e-mail de contato inicial. Dentre elas, a que se mostrou disposta a fornecer os serviços foi a AJX, localizada no bairro Uberaba em Curitiba-PR. Ocorreu visita às instalações para esclarecimento de dúvidas, análises das ferramentas e máquinas e negociações comerciais iniciais. Após aguardar longo período, finalmente foi apresentado o orçamento referente à fabricação dos componentes desejados, o qual foi rapidamente aprovado para não atrasar ainda mais o cronograma.

6.3 Processos de fabricação e montagem

A próxima seção é detalha os processos de fabricação envolvidos na manufatura dos componentes não comerciais e relata como foi o andamento da montagem final do protótipo.

6.3.1 Garfo e Estrutura

Estes dois componentes foram fabricados na empresa AJX, já que ambos possuem etapas de fabricação similares: dobramento dos tubos, cortes para encaixe e soldagem. Os desenhos preliminares foram modificados de maneira que as curvas nos tubos ficassem de acordo com o raio de dobra das matrizes disponíveis em sua curvadora manual. A documentação enviada foram todos

os desenhos da série 000.000, referente ao garfo, e os da série 001.000 referente à estrutura (exceto o desenho 001.007-Cantoneira). Entre eles, estão contidos os desenhos individuais dos tubos dobrados e cortados e os desenhos da montagem entre eles, ou seja, das peças finalizadas.

As gancheiras tiveram que ser confeccionadas numa empresa parceira da AJX, a qual a fornece serviços de corte a laser em chapas. Para esse caso, os desenhos 000.001 (gancheira frontal) e 001.006 (gancheira traseira) tiveram que ser enviados no formato DWG, de modo que estes arquivos fossem importados pelo *software* da máquina para traçar o caminho de corte.

Segundo o vendedor que tratou as negociações, a soldagem dos tubos também iria ser terceirizada por eles, pois não eram capazes de soldar aço inoxidável. Foi informado que a soldagem dos tubos seria realizada com solda TIG. Porém, após análise das peças acabadas deu pra constatar que o método de soldagem utilizada foi eletrodo revestido, o que além de não propiciar a resistência esperada deixa o aspecto do acabamento bastante irregular. A não utilização de gabarito para a soldagem contribuiu para os erros dimensionais, os quais serão apresentados futuramente na atividade de validação. Um erro intermediário ocasionado durante a soldagem da estrutura foi que os tubos laterais foram dobrados para o mesmo lado, e não de forma simétrica como havia sido deixado claro. Como resultado, percebe-se na Figura 76 o erro grotesco apresentado após soldagem dos tubos laterais iguais. Foi constatado, também, que alguns tubos não foram dobrados de maneira única como detalhado nos desenhos, existindo pontos de solda emendando tubos que deveriam ser contínuos. Outros pontos que ficaram faltando em relação ao estipulado pelos desenhos foram o acabamento na junção dos tubos com a gancheira e a falta da furação nas pontas das gancheiras frontais, como pode ser visto na Figura 77. Neste último caso, o motivo informado foi de que devido ao pequeno diâmetro do furo e o material ser aço inoxidável a broca iria quebrar seguidamente.

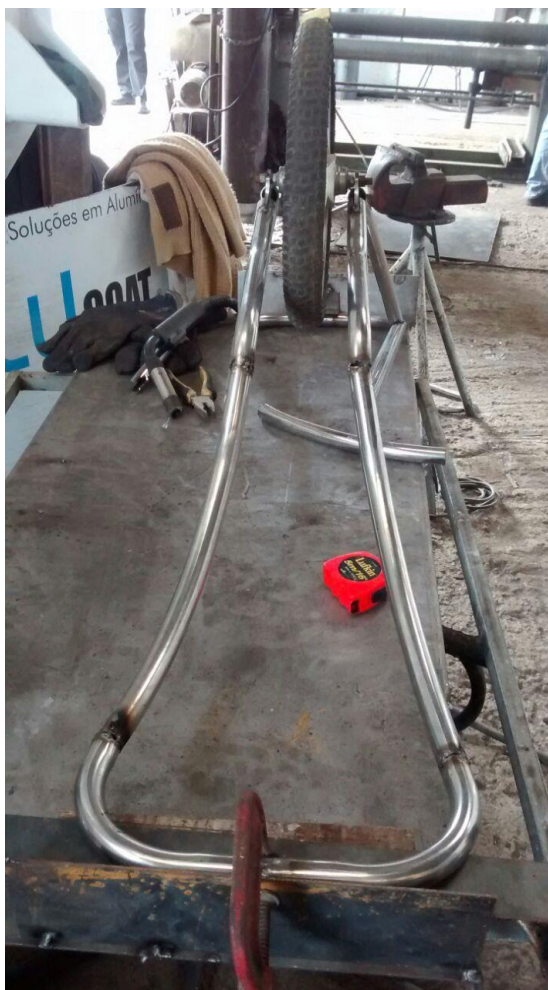


Figura 76 – Erro de montagem da estrutura principal

A fabricação da cantoneira que suporta o bagageiro e o para-lama (desenho 001.007) foi a primeira modo realizada pelos membros da equipe. Utilizando uma serra manual, cortou-se a cantoneira no comprimento especificado para então, produzir o corte circular em suas extremidades para encaixar entre os tubos laterais da estrutura. Houve uma tentativa de executar este corte com uma serra copo para metal montada numa furadeira manual, mas o resultado não foi como o esperado. Além da cantoneira não estar fixa numa morsa ou grampo, a furadeira manual não permite que seja aplicada uma força de avanço constante nem velocidade de rotação baixa a ponto de não sobreaquecer material e ferramenta. Então os cortes de encaixes foram terminados utilizando-se a serra manual e um esmeril (Figura 78). Foi ainda necessário executar as furações e cortar o excedente de material da aba vertical da cantoneira (na qual é fixado o para-lama). Essas duas operações

foram realizadas como cortesia na AJX, por meio de uma furadeira de bancada e uma serra circular manual. A Figura 79 mostra a cantoneira finalizada.

Para finalizar, a montagem da cantoneira na estrutura foi realizada no laboratório de soldagem da UTFPR. Para tal, contou-se com o auxílio do prof^o Teske, o qual aparece na Figura 80, para soldá-la entre os tubos laterais. Nesse procedimento, pode-se entender o porquê da soldagem de aços inoxidáveis ser bastante complexa e exigir experiência do soldador. Não sendo possível utilizar a solda TIG novamente, dessa vez por motivo da disponibilizada no laboratório não apresentar ajuste para os parâmetros suaves exigidos em espessuras finas, foram executados pontos de solda com eletrodo revestido. O problema é que este processo também foi agressivo à peça, causando furos tanto na cantoneira quanto na parede do tubo. Devido à habilidade do soldador, os furos foram preenchidos com metal de adição e os pontos de solda proporcionaram a resistência exigida para exercer sua função. A Figura 81 apresenta um enquadramento das emendas entre tubos da estrutura e a solda da cantoneira entre os tubos laterais.



Figura 77 – Detalhe da ausência de furação na gancheira e do tubo aberto



Figura 78 – Utilização do esmeril para acabamento dos cortes de encaixe da cantoneira



Figura 79 – Cantoneira de suporte do bagageiro e para-lama finalizada



Figura 80 – Soldagem da cantoneira na estrutura



Figura 81 – Detalhes das soldas

6.3.2 Suporte da prancha

Esse subsistema foi projetado para funcionar similarmente aos *racks* automotivos. Sua fabricação requereu a utilização da serra manual para cortar as chapas de apoio. Elas tem 1,5 mm de espessura e por ser de aço inoxidável foi uma tarefa extenuante cortá-las (Figura 82). No projeto detalhado era previsto que essas peças seriam cortadas a laser. Porém, não foi encontrado fornecedor interessado por motivo de serem somente quatro peças. Tentou-se realizar as furações centrais da peça, contidas no desenho 002.001, com uma serra copo de 27 mm montada na furadeira manual e em outra oportunidade numa furadeira de bancada, ver Figura 83. Todavia, o aço inox também apresenta usinabilidade com propriedades ruins e ao invés de cortar uma região circular, a serra copo começou a entortar a chapa que estava presa numa morsa, deixando-a no estado apresentado na Figura 84. A solução para isso foi modificar o posicionamento da luva, a qual seria soldada no furo central da chapa de apoio. Porém, foi soldada diretamente na chapa. Com isso ao invés de ficarem para dentro do perfil de alumínio, as luvas ficaram expostas.

O perfil de alumínio também foi cortado na serra manual. Porém, com muito mais facilidade, já que sua usinabilidade é superior à do aço inox e a parede do perfil também era relativamente fina.

Para não correr o risco de ocorrerem erros de posicionamento das furações para rebitagem da chapa de apoio com luva no perfil de alumínio, escolheu-se que para o protótipo, a fixação seria feita através de cola a base de epóxi. Isso deu a precisão necessária para que as abraçadeiras ficassem exatamente nas posições previstas ao longo dos tubos da estrutura. Por fim foram aplicadas duas camadas de espuma PET de 5 mm de maneira que evitasse o contato direto das pranchas com o perfil de alumínio.



Figura 82 – Corte das chapas de apoio



Figura 83 – Tentativa de furação na chapa de apoio



Figura 84 – Resultado da tentativa de furação na chapa de apoio

6.3.3 Reforço bi partido

Essa peça foi projetada após a análise dos pontos críticos revelados nas simulações estruturais do produto. Para o protótipo, a opção mais barata e rápida foi produzi-la por meio de uma impressora 3D. O material ABS possui rigidez suficiente para representar uma peça de metal fundido durante as etapas de testes.

A prototipagem rápida da peça foi realizada no Grupo de Impressão 3D da UTFPR, numa impressora tipo *Reprap*. Era previsto que demorasse aproximadamente quatro horas para ser finalizada. Porém, faltando pouco menos de uma hora para o término, a peça de suporte do bico extrusor da impressora quebrou devido ao superaquecimento. Com isso, o processo foi interrompido e a estrutura vazada da peça ficou em parte a mostra. Contudo, como a funcionalidade dela não foi comprometida, não foi necessário fazer uma nova peça. A Figura 85 demonstra o resultado do processo.



Figura 85 – Reforço bi partido confeccionado em ABS

6.3.4 Bagageiro

A fabricação do bagageiro foi realizada em poucas etapas. Primeiramente, cortou-se com a guilhotina da AJX a chapa xadrez de alumínio no formato desejado. Depois, como retratado na Figura 86, foram dobradas em uma dobradeira hidráulica a chapa e as barras retangulares de alumínio nos ângulos especificados nos desenhos 004.002 e 004.001, respectivamente.

A finalização ocorreu marcando as posições das furações na barra de alumínio e retirando o sobremetal de modo que só restasse a quantidade necessária para ficar apoiada no tubo frontal da estrutura. Para evitar a necessidade de soldar a chapa xadrez nas barras foi aproveitada a mesma cola a base de epóxi utilizada nos suportes da prancha.

6.3.5 Para-lama

Como não foi encontrado comercialmente um para-lama de plástico para roda aro 16" que não fosse modelo para bicicleta infantil, decidiu-se que ele seria fabricado aproveitando-se a tira de chapa de aço inoxidável de 1,5 mm que sobrou do corte das chapas de apoio do rack. Simplesmente essa tira chapa foi furada em uma das pontas e calandrada no raio especificado no desenho 003.001. A Figura 87 mostra a operação sendo realizada.



Figura 86 – Processo de dobramento da barra retangular de alumínio



Figura 87 – Calandragem da chapa utilizada para representar o para-lama

6.4 Montagem final

Tendo em mãos todos os SSCs prontos, a última tarefa necessária à finalização do protótipo é a montagem dentre eles.

A primeira ação foi substituir o eixo da roda traseira da bicicleta pelo *quick release* com buchas. Assim, foi possível verificar se as gancheiras do garfo encaixavam perfeitamente nas buchas. Dois problemas apareceram. O primeiro era que por causa da soldagem, o garfo empenou e ficou mais aberto do que especificado no desenho. A resolução se deu pela simples conformação manual forçando os tubos para ajustar sua posição. O segundo foi que a gancheira não encaixava perfeitamente na bucha devida a um erro de projeto. O canal de entrada da gancheira ficou 1 mm menor do que o diâmetro da bucha. A solução foi utilizar uma pedra abrasiva para micro retífica montada na furadeira manual para desbastar o material excedente.

Na sequência, foi parafusada a peça de reforço bi partida em sua posição na estrutura principal. A roda também foi posicionada entre as gancheiras da estrutura principal e apertadas as porcas em seu eixo. As pistas do rolamento foram ajustadas por interferência nas duas extremidades do tubo de direção externo, localizado no garfo. A partir disso, foi possível posicionar o tubo de direção interno da estrutura concentricamente ao tubo de direção externo e marcar uma linha na região de corte de sobremetal do tubo interno. Efetivado o corte, a porca estrela pôde ser montada por interferência na mesma ponta do tubo que foi cortado. Então, foram colocadas as gaiolas com esferas, aplicada sobre elas graxa azul, inseridos os demais componentes, e apertado o parafuso da caixa de direção com torque suficiente para remover as folgas. A Figura 88 registra a montagem parcial até então executada.

O próximo passo foi parafusar o bagageiro em seus pontos de apoio, na cantoneira e no tubo superior da estrutura. O para-lama foi parafusado em seu ponto de apoio na cantoneira. Porém, foi necessário, também, utilizar-se de arames fixados aos tubos de reforço para servirem de apoio a ponta que ficou livre. Devido ao seu material pesado, esta ficava balançando e batendo na roda. Finalmente, foram acoplados aos tubos os *racks* de apoio para a prancha. Assim, tem-se o protótipo finalizado e preparado para a etapa seguinte de testes e validações, como mostrado na Figura 89. Para fins de

comparação e avaliação dos detalhes, o Quadro 1 contém imagens de algumas vistas equivalentes entre o modelo computacional 3D e o protótipo.

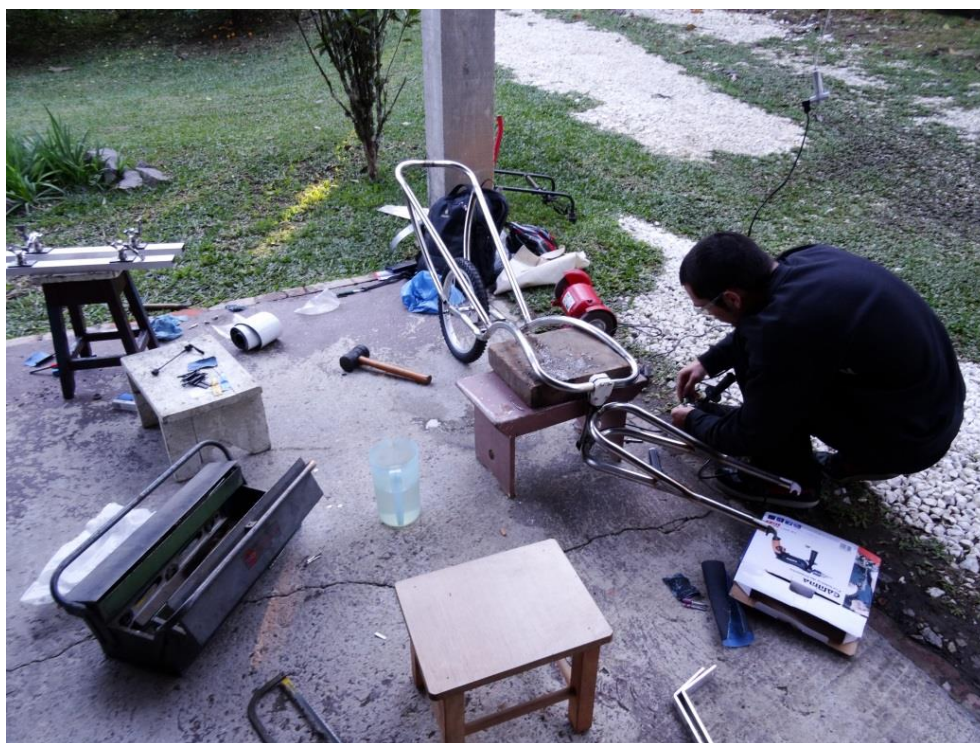


Figura 88 – Estrutura montada com o garfo



Figura 89 – Protótipo final acoplado à bicicleta



**Quadro 1: Comparação entre detalhes do modelo 3D e protótipo
(continua)**



**Quadro 1: Comparação entre detalhes do modelo 3D e protótipo
(conclusão)**

6.5 Análise de custos

Com o objetivo de explanar os custos envolvidos na fabricação do protótipo, elaborou-se uma planilha no formato de estrutura do produto, a qual é apresentada no Apêndice K. Todos os itens utilizados foram organizados em níveis, separando-os de acordo com o subsistema a qual pertence. Assim, foi possível calcular o custo unitário de produção do protótipo, R\$ 1.645,25. Isso representa cerca 10% a mais do que havia sido previsto na seção 6.1. Entretanto, foram consideradas nesse custo somente as quantidades de materiais efetivamente contidas no protótipo, não estando inclusas aquelas quantias que foram usadas para testes, perdidas devido a erros de processamento ou que simplesmente sobraram. Isso representa um acréscimo de cerca de 20% ao custo total despendido.

A opção por tal demonstrativo permite que sejam analisados os SSCs individualmente evidenciando, assim, quais deles contribuem de maneira mais significativa ao custo total do produto. São eles, na ordem decrescente: i) estrutura principal; ii) garfo; iii) suporte da prancha e iv) *quick release* com buchas.

A razão do alto custo da estrutura e garfo são os valores referentes à terceirização das suas etapas de fabricação. Efetuou-se um pagamento à AJX de R\$ 850,00 para prestar os serviços de dobra, cortes e soldagem dos materiais destas duas peças. A diferença de mais de 100% em relação ao inicialmente previsto para tal (R\$ 300,00) deve-se, sobretudo, ao material utilizado ser o aço inox. Sua soldagem não é facilmente executada, exigindo-se mão-de-obra especializada. Foi comentado pelo representante comercial da empresa que caso o material utilizado fosse o aço carbono comum, o valor do serviço cairia para cerca de um terço desse total.

O custo dos dois suportes da prancha (*rack*) totalizou R\$ 267,18. Disso, considerou-se como mão-de-obra apenas R\$ 20,00, valor referente aos insumos utilizados para sua fabricação (cola epóxi e serra manual para corte das chapas). Apesar das abraçadeiras cumprirem muito bem sua função, o fato de elas somente serem encontradas para venda em um único fornecedor de São Paulo, faz com que seu preço seja alto. Além do mais, o gasto com frete é algo a ser evitado. As quatro unidades representam R\$ 180,00 de custo.

Observou-se no *benchmarking* que a média de preço de mercado dos dispositivos do tipo *trailer* para transporte de prancha gira em torno de R\$ 950,00, sem considerar frete e tributação de importação. Somando-se esses valores adicionais, o cicloturista brasileiro disposto a adquirir algum dos modelos apresentados, terá que desembolsar pelo menos R\$ 1.500,00, além de esperar algumas semanas até a entrega do produto. Sendo assim, pode-se considerar que um produto nacional de qualidade equivalente será competitivo caso apresente preço de venda inferior a este. Estima-se que para isso, o custo-alvo unitário de produção seja inferior à R\$ 450,00, levando em conta que sejam descontados do preço de venda 15% em comissões de vendas, 30% de impostos e 25% de margem de lucro. Apesar do protótipo ter apresentado um custo muito acima disso, o custo unitário para se fabricar um lote piloto poderia ser reduzido drasticamente adotando-se algumas medidas:

- a) Desenvolver melhores fornecedores de matéria-prima e componentes comerciais, evitar gastos com fretes e realizar pedidos de compra em volumes maiores;
- b) Investir em maquinário para realizar os processos de fabricação internamente, exceto os cortes a laser (em maiores volumes de peças fica barato terceirizar este serviço);
- c) Substituir os componentes comerciais de maiores custos, como o *quick release* com buchas e abraçadeiras, por itens fabricados internamente ou por parceiros.

7 VALIDAÇÃO E TESTES

O capítulo abordará como foram procedidas as etapas de planejamento e execução dos testes do protótipo. Através deles é possível obter informações de relevância sobre o desempenho do projeto até então, as quais são utilizadas para otimizá-lo.

Durante o projeto detalhado, pode-se dizer que testes já haviam sido realizados. As simulações numéricas efetuadas com auxílio do *software* de CAE são testes de um modelo computacional submetido às condições de carregamento externos. Entretanto, é com o protótipo funcional que se recebe um retorno de dados, sobretudo qualitativos, mais realistas.

De mesma forma, a validação dos requisitos de projetos revela-se uma tarefa obrigatória para aprovação da fase, pois se os primeiros colocados na classificação de importância não forem atendidos, considera-se o projeto reprovado e inicia-se todo o processo novamente.

7.1 Verificação das medidas geométricas

Essa atividade consiste em aferir as dimensões do protótipo e avaliar os erros em relação ao detalhado nos desenhos de fabricação. Devido ao grande número de dimensões detalhadas nos desenhos de fabricação apresentados no Apêndice I, somente foram avaliadas as dimensões críticas para a montagem e desempenho do produto. Elas são mostradas na Figura 90. Para tal, utilizou-se o paquímetro e uma trena como instrumentos de medição.

A Tabela 14 contém a comparação entre as dimensões projetadas e as verificadas no protótipo. A explicação das diferenças encontradas é possivelmente dada por alguns motivos. O primeiro é a deformação dos tubos durante o processo de dobramento, que acaba alterando o seu comprimento.

Depois a não conformidade mais crítica, que foi a execução imprecisa da montagem dos tubos para soldagem. O seja, a forma que os cortes dos encaixes entre os tubos foi realizada, sem ferramenta apropriada, acaba gerando erros que vão se acumulando e prejudicam a simetria da peça. Além da soldagem de aço inoxidável ser tarefa complicada, a pouca espessura dos

tubos e a falta de um gabarito para prendê-los criou obstáculos adicionais ao soldador.

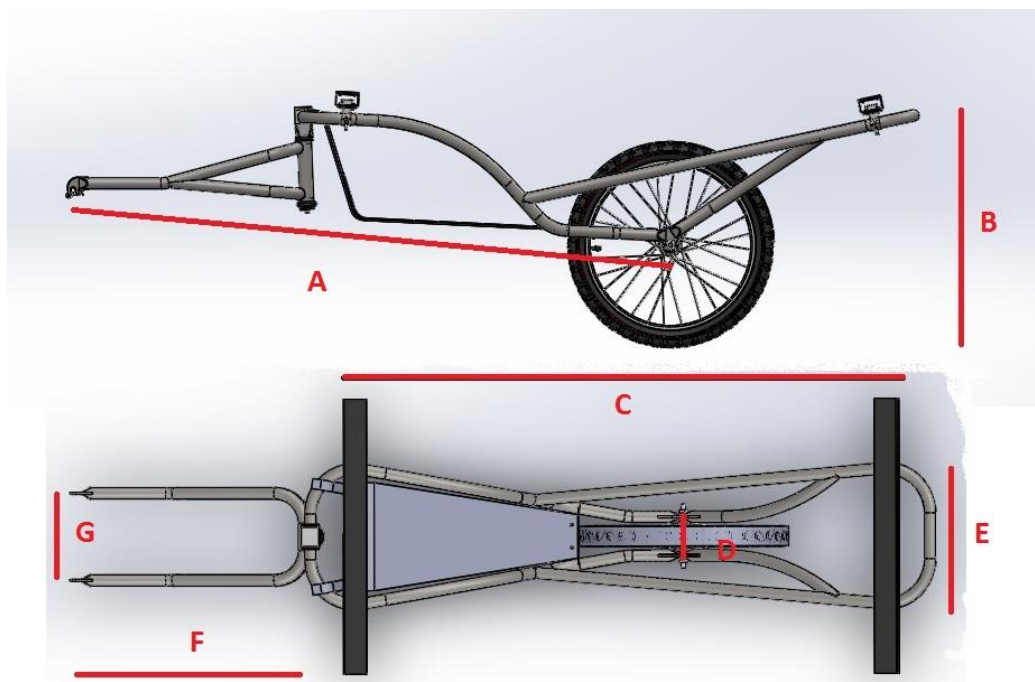


Figura 90 – Dimensões verificadas

As dimensões consideradas críticas são as distâncias entre as gancheiras. As do garfo ficaram exatamente posicionadas conforme o projeto, após devido ajuste manual. Porém, as gancheiras da estrutura ficaram com valor muito diferente. Isso deixou o processo de montagem da roda bastante dificultoso.

DIMENSÃO	PROJETO	PROTÓTIPO	CRITICIDADE
A – distância entre eixos	1330 mm	1405 mm	média
B – altura do <i>trailer</i>	530 mm	610 mm	média
C – distância entre os <i>racks</i>	1210 mm	1300 mm	baixa
D – distância entre gancheiras da estrutura	80 mm	100 mm	alta
E – largura do <i>trailer</i>	325 mm	330 mm	baixa
F – comprimento do garfo	517 mm	525 mm	média
G – distância entre gancheiras do garfo	185 mm	185 mm	alta

Tabela 14: Comparação das dimensões

7.2 Validação das especificações do produto

Ao final da fase de projeto informacional, foram determinadas as especificações do produto, apresentadas na Tabela 4. A aprovação do projeto detalhado depende da avaliação criteriosa do cumprimento ou não dos objetivos propostos a estas.

A seguir será discutido sobre a validação de cada especificação do produto. Iniciar-se-á a partir da especificação principal até, decrescentemente, àquela tratada como menos primordial.

7.2.1 Deslocamento do centro de gravidade

O deslocamento do centro de gravidade foi a demanda considerada mais importante nas especificações do produto. Durante a evolução do projeto foi possível reduzir a altura total do *trailer*. A determinação estimada do centro de gravidade da bicicleta, utilizando ou não o disposto, foi possível utilizando o *software* de modelamento 3D. Uma prancha de surf do tamanho de 1,8 m (6 pés) foi utilizada e quadro da bicicleta teve seu peso específico aumentado para compensar o peso dos componentes não representados na montagem, conforme Figura 91. A diferença de altura em relação ao solo entre ambos é de menos de 45 mm. Portanto, quando utilizados em conjunto o centro de gravidade da bicicleta é deslocado menos de 100 mm na direção vertical.

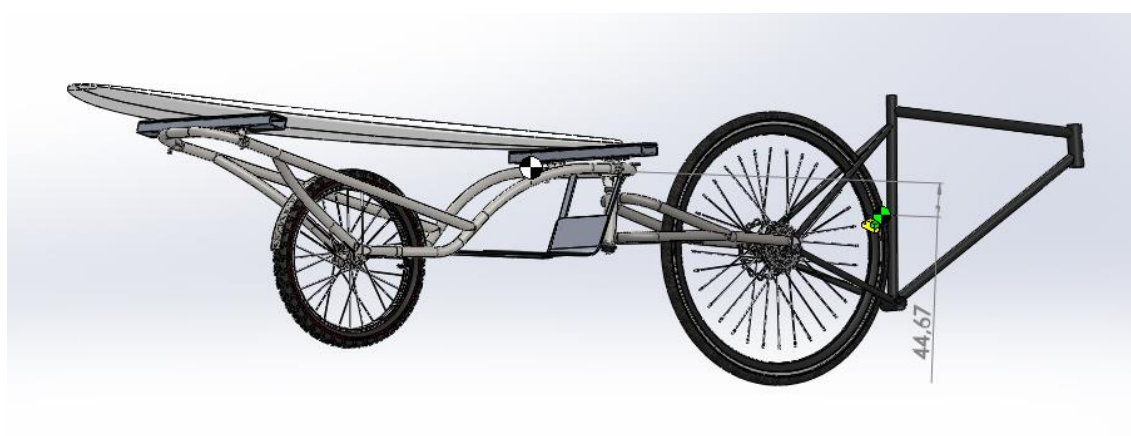


Figura 91 – Centro de gravidade do *trailer* e da bicicleta

7.2.2 Massa

O protótipo foi pesado na balança de um comércio de sucatas. A medição apontou 9,85 kg, ficando próximo ao limite estipulado de 10 kg.

Contudo, a massa total poderia ser menor, já que o para-lama de metal, que contribui com 350 g, foi incluído apenas para representar a funcionalidade que um de material plástico, bem mais leve, desempenharia. Outra possibilidade de redução de peso seria a substituição das abraçadeiras e luvas em inox, que no total representam respectivamente 730 g e 140 g, por componentes de alumínio ou polímero. A estrutura principal juntamente com o garfo possuem 5,3 kgf. Uma possível mudança na especificação do material dos tubos e chapas de aço inoxidável, por alumínio como exemplo, seria a ação mais relevante para otimização do peso.

7.2.3 Número de peças para montagem

Para utilizar o dispositivo a partir da sua retirada da embalagem, o usuário terá que realizar as seguintes etapas de montagem:

- a) trocar o eixo traseiro da bicicleta pelo *quick release* com bucha;
- b) montar a roda de 16" no *trailer*;
- c) parafusar bagageiro;
- d) parafusar para-lama;
- e) montar a estrutura no garfo juntamente com a caixa de direção;
- f) acoplar os *racks* à estrutura do *trailer*.
- g) acoplar o trailer à bicicleta.

Sendo assim, deve-se considerar sete peças a serem montadas: a) *quick release* com bucha; b) roda; c) bagageiro; d) para-lama; e) estrutura; f) *racks*; g) garfo. O objetivo fixado para essa especificação foi apresentar menos que cinco peças.

Podem-se analisar as etapas de montagem de outra maneira. Uma vez que o usuário não tenha restrições de espaço para deixar o *trailer* montado quando fora de utilização. As únicas operações para montagem seriam a troca do eixo pelo *quick release* com bucha e o acoplamento do trailer. Ou seja, duas peças. Também, não existe nada que impeça deixar o *quick release* com bucha

continuamente instalado na bicicleta, reduzindo ainda mais a quantidade de operação de montagem.

7.2.4 Número de ferramentas para montagem

As ferramentas auxiliares necessárias para montar o trailer são apenas duas chaves hexagonais, nº 6 e 5, utilizadas nos parafusos de fixação do bagageiro, para-lama e parafuso da caixa de direção. A meta era apresentar menos de duas ferramentas para montagem.

Definiu-se na concepção que a roda aro 16" fosse fixada através de um sistema *quick release*. Porém, como para o protótipo só foram encontrados cubos com eixo normal, uma chave de boca nº15 também é requerida.

7.2.5 Componentes padronizados

Os parafusos que prendem o bagageiro ao tubo frontal são os mesmo da peça de reforço. De mesmo modo, os parafusos que o prendem à cantoneira são idênticos ao do para-lama. Existem então somente dois tipos de parafusos, atendendo ao objetivo estipulado em menor que três.

7.2.6 Coeficiente aerodinâmico

Como o coeficiente aerodinâmico do dispositivo só poderia ser determinado de forma experimental exigindo uma estrutura que não estava disponível, foi calculado alternativamente a força de arrasto. Utilizando o software *Hypermesh* foi possível determinar a área exposta a um fluxo de ar normal ao plano vertical trailer de forma aproximada. Essa área foi estimada em $0,185 \text{ m}^2$ é mostrada na Figura 92. Para o coeficiente de atrito foi utilizado 0,25 que é aproximadamente o mesmo da bicicleta em conjunto com o ciclista. A densidade do ar adotada foi de $1,2041 \text{ kg/m}^3$ e foi considerado que a bicicleta se move numa velocidade média de aproximadamente 25 km/h. Utilizando esses parâmetros cálculo resulta em uma força adicional de 0,2 N a mais devido à resistência com um vento. É possível concluir então que o arrasto do dispositivo não gera um grande esforço adicional para o ciclista.

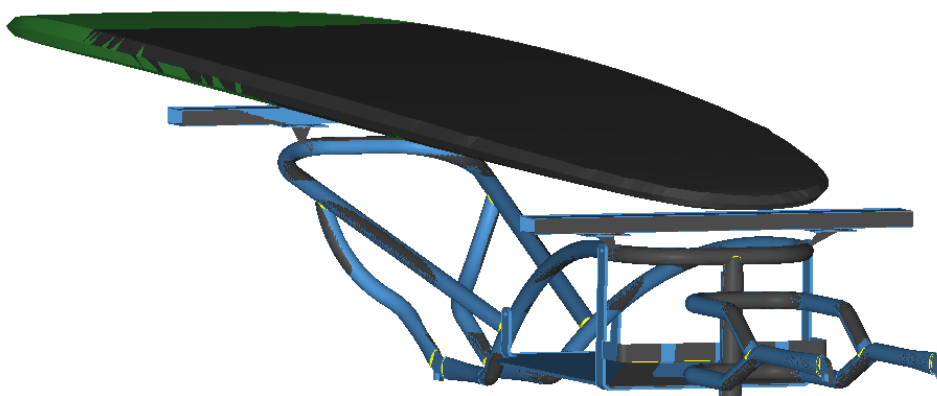


Figura 92 – Área exposta a um fluxo de vento normal ao plano vertical do *trailer*

7.2.7 Força utilizada para fixar a prancha

Não foi possível realizar a medição da tração aplicada nos cabos extensores para prender a prancha ao *rack* devido a falta de instrumento de medição. Porém, numa análise qualitativa aprovou-se a segurança que esse sistema de fixação fornece à prancha.

7.2.8 Força adicional para acionar o pedal

Para estimar a força adicional necessária para acionar o pedal, não sendo necessária uma medição com o dinamômetro, foi utilizada a segunda lei de Newton. A massa do dispositivo, em conjunto com a prancha, é conhecida e foi utilizado seu valor medido fisicamente. A aceleração máxima que o ciclista exerce também é conhecida, conforme indicações na seção Simulação Estrutural. Com esses valores foi possível determinar que a força adicional para puxar o dispositivo é de aproximadamente 1,8 N. Portanto, mesmo que a força necessária para acionar o pedal depende da relação das marchas, o valor encontrado é muito melhor que o considerável aceitável para o projeto.

7.2.9 Força exercida sobre a superfície da prancha

A força em questão é resultante da transmissão dos impactos da roda no solo para o *rack* e *deste* à prancha. Não é possível estimar essa força sem

realizar testes experimentais. A intenção da utilização de elementos de borracha na estrutura do *rack* foi absorver parte dessas forças.

7.2.10 Volume encaixotado

O menor volume de caixa necessário para guardar todos componentes é limitado pela estrutura principal do *trailer*. Através de suas dimensões, 1320 mm de comprimento, 430 mm de altura e 330 mm de largura, foi calculado o volume do paralelepípedo que incluiria totalmente essa peça. O resultado de 0,19 m³ ficou bastante acima da meta de 0,04 m³.

Apesar do baixo volume de armazenamento ser tratado como desejo, essa especificação deveria ter sido mais considerada. São clientes potenciais aqueles que despachariam o *trailer* durante um traslado de avião para certa região onde seria feito o cicloturismo. Sem dúvida, um produto articulado ou desmontável que ocupasse pouco espaço seria valorizado.

7.2.11 Tempo para encaixe da prancha

Cronometrou-se a ação de encaixe da prancha realizada por uma pessoa. A média dentre três medições ficou em 32 s, dois acima da meta de 30 s.

7.2.12 Tempo para desencaixe da prancha por estranhos

Infelizmente, o desacoplamento da prancha realizado por terceiros ocorre facilmente, bastando apenas soltar os ganchos dos cabos extensores ou cortá-los. Não foi realizada cronometragem, pois o objetivo de demorar pelo menos 4 min é certamente inalcançável.

7.2.13 Volume disponível para as pranchas

Essa especificação foi atendida devido ao método de suporte selecionado permitir que mais de uma prancha seja empilhada, como foi testado de maneira qualitativa.

7.3 Avaliação do comportamento dinâmico

7.3.1 Testes preliminares

As primeiras impressões do comportamento dinâmico do protótipo foram avaliadas durante testes realizados na cidade de Quatro Barras, na região metropolitana de Curitiba. O local foi escolhido por apresentar grande variedade de tipos de pavimentação em trechos pequenos, sendo possível avaliar situações bem distintas as quais o cicloturista está exposto. Essa também é uma região que recebe muitos praticantes do *mountain bike* durante os finais de semana. O primeiro teste foi realizado carregando apenas uma prancha e com o bagageiro vazio, de modo a garantir a segurança dos ciclistas e integridade do protótipo.

Para iniciar o movimento da bicicleta carregando o *trailer* no plano não é exigida muita força adicional no pedal, a qual pode ser compensada pelo uso de uma marcha mais reduzida. No asfalto, com a velocidade média de aproximadamente 25 km/h, o *trailer* se mantém estável e praticamente não pode ser percebido pelo ciclista. Para a mesma velocidade em estradas não pavimentadas o protótipo também se manteve estável e de fácil dirigibilidade. Porém, quando passa sobre pedras de maior dimensão o mesmo é lançado para cima perdendo o contato dos pneus com o solo. O mesmo acontece em estradas pavimentadas com paralelepípedo, nas quais os solavancos são praticamente constantes, fazendo com que seja necessária uma velocidade reduzida para manter a segurança. Com a adição de uma bagagem de até 10 kg, para a qual o bagageiro foi projetado, a altura do deslocamento irá diminuir e a dirigibilidade será melhorada.

Para realizar curvas com o protótipo acoplado a bicicleta não há nenhuma dificuldade adicional. Curvas de raio pequeno e em baixa velocidade, como fazer o retorno em uma rua estreita (conforme Figura 93), podem ser contornadas como se não houvesse um *trailer* acoplado. O mesmo acontece em curvas de raio grande em alta velocidade. A situação que se torna perigosa é desviar abruptamente de algum obstáculo com o conjunto em alta velocidade. Quando isso ocorre o protótipo desliza lateralmente e se torna instável.



Figura 93 – Conjunto realizando uma curva de raio pequeno

Quando testado em terrenos íngremes o protótipo se mostrou um pouco instável em baixa velocidade, atrapalhando no rendimento. Nessa situação o ciclista tende a deslocar a bicicleta lateralmente para ajudar no impulso da pedalada, dessa forma o *trailer* também é deslocado e tomba para o lado, exigindo do ciclista mais força para retornar a bicicleta ao centro de gravidade. Apesar de exigir mais esforço, com um pouco de prática o problema pode ser bastante minimizado.

O problema mais crítico ocorreu durante os testes de alta velocidade. Observou-se que em velocidades próximas dos 40 km/h o trailer se torna muito instável, sendo que um pequeno balanço pode fazer com que o mesmo entre em ressonância. Nessa situação, o deslocamento é transmitido para bicicleta desestabilizando a mesma e exigindo do ciclista um grande esforço para não ser derrubado. Esse é o segundo modo de vibrar da estrutura previsto pela análise de elementos finitos, comprovando-se assim um problema de projeto.

Avaliou-se também a capacidade do protótipo em superar obstáculos como buracos de maior profundidade, pequenos morros e encostas íngremes. Nesses testes o desempenho foi excelente, superando todos os obstáculos propostos sem que a estrutura sofresse nenhum tipo de impacto. Na Figura 94

é o possível observar o *trailer* ultrapassando uma depressão relativamente profunda.



Figura 94 – Protótipo ultrapassando uma depressão no percurso

7.3.2 Simulação de uma cicloturagem

A fim de realizar a validação final do projeto, foi escolhido o percurso na estrada da Graciosa entre as cidades de Quatro Barras e Morretes. Isso porque a mesma apresenta diversas condições severas para o uso do dispositivo. Com descidas longas e íngremes, o efeito do primeiro modo de vibrar pode ser analisado novamente, além disso, os paralelepípedos úmidos dessa estrada apresentam uma condição onde o protótipo ainda não havia sido testado. A simulação do trecho de uma cicloturagem foi realizada carregando uma prancha de 1,82 m (6") e uma bagagem de 5 kgf, conforme Figura 95.



Figura 95 – Configuração do protótipo durante a ciclovagem

A avaliação durante o primeiro trecho, asfaltado, reforça as primeiras impressões obtidas no teste anterior. Em subidas de baixa velocidade o *trailer* se desloca demais lateralmente, prejudicando a movimentação da bicicleta pelo ciclista e diminuindo a performance. Em altas velocidades o protótipo se mostrou instável novamente, não somente na velocidade de ressonância do segundo modo. Devido ao centro de gravidade não ser tão próximo ao solo, o *trailer* balança demais lateralmente quando é feita uma correção na linha de trajeto numa curva de alta velocidade. Quando esse fenômeno é combinado a uma desaceleração brusca pode provocar o deslocamento da roda traseira da bicicleta, colocando o ciclista em risco.

Todavia, é possível fazer curvas em altas velocidades sem que haja necessidade de corrigir o trajeto. Também foi observado que o esforço adicional para puxar o *trailer* não é incomodo para o ciclista, mesmo com a carga adicional de 5 kgf, sendo possível percorrer grandes distâncias com o mesmo. A influência do protótipo na aerodinâmica do conjunto com a bicicleta e o ciclista é mínima, é possível sentir que a parcela do ciclista continua sendo a de maior importância.

Durante esse trecho o pneu traseiro da bicicleta furou devido a uma tarraxa que estava no asfalto. O *trailer* teve que ser removido para fazer a substituição da câmara de ar, como não foi implementado nenhum outro tipo de apoio para o protótipo, o mesmo teve que ficar deitado no chão. Porém, nem a prancha e nem a bagagem ficam em contato com o solo. Essa situação é mostrada na Figura 96.

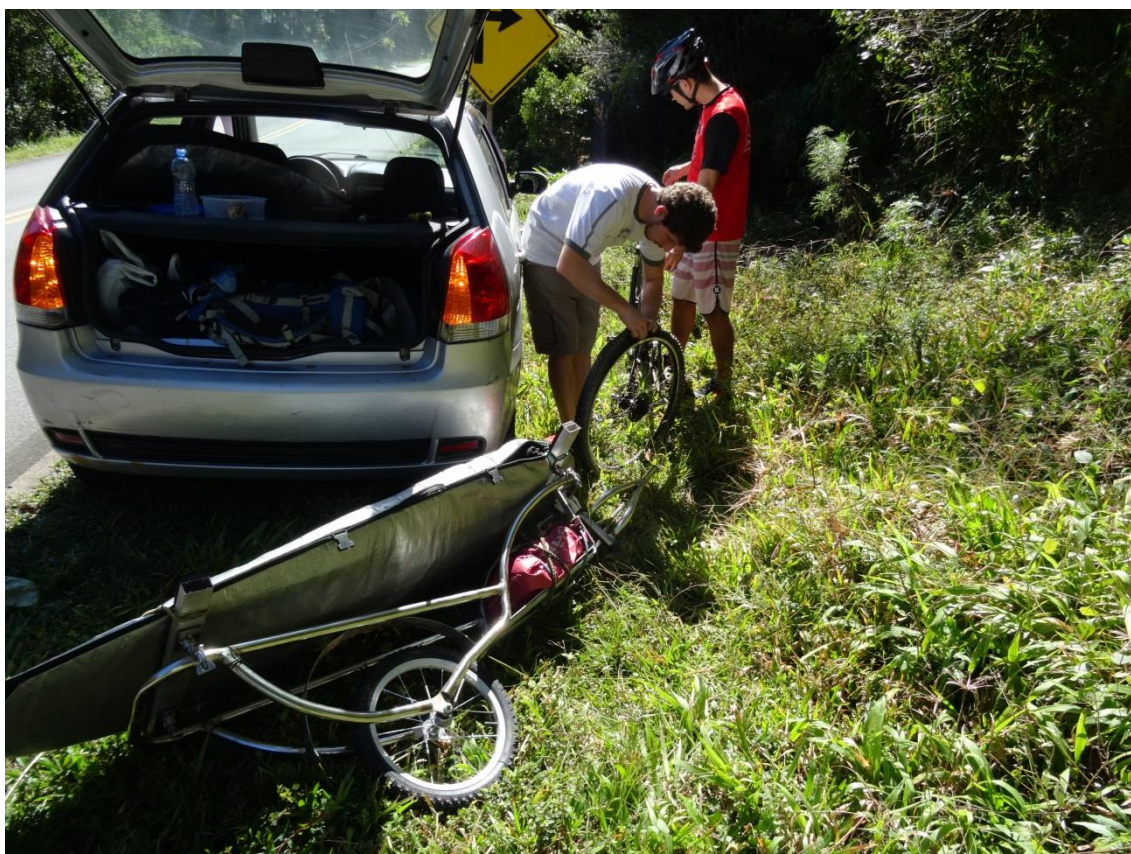


Figura 96 – Substituição da câmara de ar do pneu traseiro da bicicleta

Durante o trecho com paralelepípedos (conforme Figura 97), observou-se que o *trailer* se desloca verticalmente de forma excessiva. Assim, torna a condução do conjunto incomoda em faixas de velocidade média (15 a 25 km/h). Em velocidades superiores esse efeito é minimizado devido a maior inercia no sentido para frente do *trailer*. Devido à fixação do para-lama não ser totalmente rígida, esse faz um barulho relativamente alto quando o protótipo impacta com o solo. Em situações onde esse impacto é constante o barulho pode se tornar irritante para o ciclista.



Figura 97 – Teste em trecho pavimentado com paralelepípedos

Apesar dos pontos fracos observados, o protótipo chegou ao final do percurso sem trincas ou deformações permanentes. A bagagem e a prancha se mantiveram fixas durante todo o trajeto e também não sofreram avarias. A dirigibilidade do *trailer* em velocidades medianas, no asfalto, é ótima e o estilo de pedalar do ciclista pode se adaptar para minimizar os problemas citados anteriormente. No trecho de paralelepípedo a pedalada se torna muito mais confortável se o protótipo estiver bem carregado e em baixa velocidade.

7.4 Avaliação final do protótipo

É possível concluir que o protótipo se adequa a quase todas as especificações de produto propostas nas etapas anteriores do projeto. Apesar de o centro de massa estar dentro do especificado, os testes físicos mostram que é necessário que ele seja ainda mais baixo, melhorando a estabilidade do *trailer* em altas velocidades. A bagagem e a prancha não sofreram avarias durante os testes e o protótipo chegou ao final sem trincas ou deformações permanentes, cumprindo seu objetivo.

8 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo principal a realização das etapas de desenvolvimento do projeto de um dispositivo para transportar pranchas de surfe durante ciclovias.

Inicialmente, foi-se introduzido o tema, explicadas as justificativas do porquê de sua escolha e apresentados os objetivos propostos. Então foi caracterizada a oportunidade encontrada e mostradas informações relacionadas aos temas surfe, ciclismo e cicloturismo.

Além disso, foram analisados através de um *benchmarking* os produtos existentes nesse segmento a fim de entender as qualidades percebidas pelos clientes. O levantamento das necessidades dos clientes mostrou que, dentre outras características, o dispositivo não pode interferir na estabilidade da bicicleta, além de apresentar baixo peso. Assim, foram traçados requisitos de projeto que posteriormente foram transformados em especificações do produto a serem atingidas. As principais especificações definidas foram possuir CG abaixo de 100 mm e massa abaixo de 10 kg.

Na fase de projeto conceitual, foram definidas as principais funções que o produto deveria desempenhar e foram procurados princípios de solução para cada uma delas. Então, foram geradas dez concepções do produto, cada uma com suas características peculiares. Dentre estas, foi selecionado um conceito que apresenta apenas uma roda aro 16", junta universal na articulação, suporte da prancha com 4 pontos, etc.

Para iniciar o projeto detalhado, foram definidos os propagadores de restrição, relacionados às características dos componentes comerciais, das bicicletas e pranchas. A seleção do material da estrutura, o aço inoxidável, foi feita considerando a agressividade do meio ao qual o produto será exposto. As simulações foram feitas, de forma qualitativa, com base em normas de testes físicos de segurança para bicicletas e auxiliaram na tomada de decisões durante a evolução do projeto.

Durante a etapa de fabricação, foram desenvolvidos fornecedores de matéria-prima, componentes comerciais e de serviços. Essa se mostrou uma etapa complicada no projeto devido à falta de fornecedores de serviços

dispostos a fabricarem o protótipo. Algumas das etapas de fabricação tiveram que ser realizadas pela própria equipe.

Os testes físicos foram realizados em duas etapas e cobriram as mais diversas condições de terreno e situações as quais o produto será exposto. Foram percorridos mais de 70 km sem trincas ou deformações permanentes na estrutura. Contudo, o projeto pode ser melhorado de diversas formas conforme mostrado na próxima seção.

Podemos concluir que, através das etapas da metodologia proposta no início do trabalho, o objetivo geral foi atingido. Desenvolveu-se um protótipo de alta resistência e que atende quase de forma integral as necessidades dos clientes desse segmento.

8.1 Recomendações para melhorias do projeto

Uma das melhorias essenciais no projeto é solucionar o problema da ressonância de velocidades próximas de 40 km/h. Isso torna a condução da bicicleta limitada a uma velocidade menor que essa. Portanto, é necessário alterar o projeto fazendo com que a estrutura seja travada lateralmente na região inferior. Também, seria interessante explorar a ideia de levar a prancha em baixo das bagagens. Dessa forma, o centro de gravidade do conjunto seria muito mais baixo, proporcionando mais estabilidade ao dispositivo. A combinação dessas duas ideias gera um conceito totalmente novo que, teoricamente, tem um comportamento dinâmico muito superior à versão atual.

Uma sugestão para evoluir de forma mais assertiva nos projetos e também poder realizar otimizações nas estruturas, é adquirir dados do comportamento dinâmico do dispositivo. As simulações conseguem determinar exatamente a frequência e o modo de vibrar, conforme correlacionado nesse primeiro protótipo. Se dados de aceleração forem coletados, é possível realizar análises dinâmicas, as quais podem prever com grande precisão vários outros aspectos do comportamento do *trailer*. Dessa forma, não se faz necessário o desenvolvimento de sucessivos protótipos, os quais são relativamente caros e demorados para fabricar.

9 REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, Felipe R. de; MATIAS, Esdras M.; ARAÚJO, Rosalma D. Surfing Trips: Segmentação do Turismo e Aspectos Motivacionais do Surfista. **Revista Iberoamericana de Turismo**, Penedo, v. 2, n. 1, p. 93-107, nov. 2012.

Disponível em: <<http://www.seer.ufal.br/index.php/ritur/article/view/591>> Acesso em: 14 out. 2015.

ALCORTA, Arturo. **Cicloturismo**. SD. Disponível em: <<http://www.escoladebicicleta.com.br/cicloturismo.html>>. Acesso em: 22 set. 2015.

ANT FERRAMENTAS. **Junta Universal Impacto Gedore 1"**. 2015. Disponível em: <<http://www.antferramentas.com.br/junta-universal-impacto-gedore-1/p>>. Acesso em: 11 fev. 2017.

AS-NZS 1927. **Pedal bicycles - Safety requirements**. 1998. Disponível em <https://archive.org/stream/jis.d.9401.e.2010/jis.d.9401.e.2010_djvu.txt>. Acesso em 17 dez. 2017.

BECK, Roman F. **Mountain Bicycle Acceleration and Braking Factors**. 2016. Disponível em <<http://www.beckforensics.com/CMRSC14BeckBicycle.pdf>>. Acesso em 10 dez. 2017.

BIKE BALANCE. **Suporte Surfboard**. 2010. Disponível em: <http://bikebalance.com/Details_Attachment_Surfboard.html>. Acesso em: 14 out. 2015.

BIKE EXCHANGE. **Touring Bikes**. SD. Disponível em: <<https://www.bikeexchange.com.au/article/touring-bikes>>. Acesso em 07 out. 2015

BIKE SHOP HUB. **BOB Trailer Quick Release**. SD. Disponível em: <<https://www.bikeshophub.com/product/bob-trailer-quick-release-p-1249.html>>. Acesso em: 03 dez. 2016.

BIKENSURF. **An Epic Biking and Surfing Adventure from Mexico through Central America**. 2011. Disponível em: <<https://bikensurf.wordpress.com/page/2/>>. Acesso em: 22 out. 2015.

BIKES BOARDS BLIND. **Blog**. 2015. Disponível em: <<http://bikesboardsblind.com/>>. Acesso em: 22 out. 2015.

BLESS THIS STUFF. **Surfboard Bike Rack**. SD. Disponível em: <<http://www.blessthisstuff.com/stuff/sports/water-sports/surfboard-bike-rack-by-carver-racks/>>. Acesso em 17 out. 2015.

BRANDÃO, Túlio. **Gabriel Medina: A Trajetória do Primeiro Campeão Mundial de Surfe do Brasil**. Rio de Janeiro: Sextante, 2015.

BS 7608. **Guide to fatigue design and assessment of steel products**. 2015. Disponível em: <<http://pdfstone.com/bs/bs-7608-pdf.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2017.

BUZINELLI, Didiane Victoria. **Dimensionamento de elementos estruturais em alumínio**. 2000. Disponível em <http://www.set.eesc.usp.br/static/media/producao/2000ME_DidianeVictoriaBuzinelli.pdf>. Acesso em 18 fev. 2017.

CABELEIRA, Tânia Filipa Ramos. **Turismo de Surf na Capital da Onda: Ensaio Sobre a Sustentabilidade de uma Rota de Surf em Peniche**. 2001. 142 f. Dissertação (Mestrado em Turismo) – Escola Superior de Hotelaria e Turismo do Estoril, Portugal, 2011. Disponível em: <<http://comum.rcaap.pt/handle/123456789/2426>>. Acesso em: 14 out. 2015.

CALLISTER, William D. Jr. **Materials science and engineering: an introduction**. Nova Iorque: John Wiley & Sons. 2007. Disponível em <https://abmpk.files.wordpress.com/2014/02/book_maretil-science-callister.pdf>. Acesso em 13 mai. 2017.

CANAL OFF. **Custo Zero 2 Temp. Ep_08: Peniche, Obidos e Ericeira**. 2013. Disponível em: <<http://canaloff.globo.com/programas/custo-zero/episodios/1324.html>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

CARVALHO, Thiago L.; RAMOS, Jônatas L.; SYDOW, Elisabeth. O cicloturismo como fator de desenvolvimento da atividade turística nas cidades de Araguaína e Nova Olinda (TO). **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.6, n.4, p. 63-82, nov. 2013. Disponível em: <<http://www.sbecotur.org.br/rbecotur/seer/index.php/ecoturismo/article/view/759/>>. Acesso em: 14 out. 2015.

CARVER RACKS. **Suporte CSR Max**. SD. Disponível em: <<http://www.carverracks.com/csr-max/>>. Acesso em: 14 out. 2015.

CASTEEL, BECK & ASSOCIATES. **Proceedings of the Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference**. 2015. Disponível em: <http://booksreadingathome.com/downloads/determining_the_acceleration_rates_for_pv_module_stress_tests.pdfhtml>. Acesso em: 07 fev. 2017.

CENTAURO. **Suporte Cyel 9028**. 2015. Disponível em: <<http://www.centauro.com.br/suporte-de-prancha-de-surf-para-bicicleta-cyel-9028-794103.html>>. Acesso em: 14 out. 2015.

CEZAR, Therbio F. **Circuitos Oficiais de Cicloturismo: a Consolidação dos Novos Destinos Brasileiros**. 2014. Disponível em: <http://www.revistabicicleta.com.br/bicicleta.php?circuitos_oficiais_de_cicloturismo_a_consolidacao_dos_novos_destinos_brasileiros&id=4597>. Acesso em: 22 set. 2015.

CHANNEL ISLAND. **Surfboards**. 2015. Disponível em: <<http://www.cisurfboards.com/surfboards/>>. Acesso em: 21 out. 2015.

DA COSTA, Lamartine P. **Atlas do Esporte no Brasil: Atlas do Esporte, Educação Física e Atividades Físicas de Saúde e Lazer no Brasil**. Rio de Janeiro: Shape Editora e Promoções Ltda., 2005. Disponível em: <<http://www.confef.org.br/arquivos/atlas/atlas.pdf>>. Acesso em: 14 nov.2015.

DAKINE. **Gear Bags**. 2015. Disponível em: <<http://store.dakine.com/sport/surf/bags/surfboard-bags.html>> Acesso em: 2 nov. 2015.

D'OLIVEIRA, Ana Sofia C. M. **Aços Inoxidáveis**. 2007. Disponível em <<http://servidor.demec.ufpr.br/pesquisas/superficie/material%20didatico/Acos%20inoxidaveis.pdf>>. Acesso em 18 fev. 2017.

DOLNICAR, Sara; FLUKER, M. **Who's Riding the Wave? An Investigation Into Demographic and Psychographic Characteristics of Surf Tourists**. Council for Australian University Tourism and Hospitality Education. Victoria University, 2003. Disponível em: <<http://ro.uow.edu.au/commpapers/248/>>. Acesso em: 14 out. 2015.

DUARTE, Hamilton. "O que é o Cicloturismo?". SD. Disponível em: <<http://www.clubedecicloturismo.com.br/artigos-1/55-filosofando/1-o-que-e-o-cicloturismo?highlight=WyJkdWFydGUiXQ==>>. Acesso em: 07 out. 2015

EAT SLEEP SURF. **Testing the Surfboard Rack: Mount Warning, NSW**. 2013. Disponível em: <<http://www.eatsleepsurf.com.au/expeditions/equipment/testing-surfboard-rack-mount-warning-nsw/>>. Acesso em: 22 out. 2015.

EDGE, Ronald. **Surf Physics. The Physics Teacher**. v. 39, p. 272-277, mai. 2001. Disponível em: <<http://mickeymunoz.com/scrapbook/surf-physics.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2015.

EMBRATUR; IBAMA. **Diretrizes para uma Política Nacional de Ecoturismo**. 1994. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao20082009043710.pdf>. Acesso em: 22 out. 2015.

EXTRABELT. **Correias Transportadoras e Elevadoras**. 2012. Disponível em <<https://lcsimeifiles.wordpress.com/2012/08/borpac20correias20transportadoras.pdf>>. Acesso em 25 fev. 2017.

FCS. **Fin Systems**. 2015. Disponível em: < <http://www.surffcs.com/fin-systems/fcs-ii>>. Acesso em: 22 nov. 2015.

FLUIR. **Guia de Pranchas 2015/2016**. São Paulo: Third Wave Editora de Revistas Ltda, 2015.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Maresia e corrosão dos metais**. 2013. Disponível em <<http://brasilescola.uol.com.br/quimica/maresia-corrosao-dos-metais.htm>>. Acesso em 10 jun. 2017.

FORTES, Rafael. **O Surfe nas Ondas da Mídia: Esporte, Juventude e Cultura**. Rio de Janeiro: Apicuri, 2011.

GARCIA, Eliana; TELLES, Rodrigo. **Vai Fazer Cicloturismo? Saiba Escolher a Bicicleta Ideal**. 2014. Disponível em: <<http://webventure.com.br/h/noticias/vai-fazer-cicloturismo-saiba-escolher-a-bicicleta-ideal-33086>>. Acesso em: 22 set. 2015.

GO OUT. **Surfer's Mobility**. 2011. Disponível em: <<http://goout.com.pt/>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

GORAYEB, Marco A. **O Surfista Como Ator no Processo de Construção da Sustentabilidade: uma Proposta Participativa**. 2003. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/84525?locale-attribute=es>>. Acesso em 11 nov. 2015.

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Circuitos de Cicloturismo: Manual de Incentivo e Orientação para os Municípios Brasileiros**. Disponível em: <<http://ciclo.tur.br/arquivos/Manual-Circuitos-Cicloturismo.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2015.

HEALTHY TRANSPORT HOBART. **Surfing West Coast Tasmania by Bike**. 2009. Disponível em: <<https://healthytransporthobart.wordpress.com/2009/12/22/surfing-west-coast-tasmania-by-bike/>>. Acesso em: 22 out. 2015.

HI CONSUMPTION. **WheeLe Surfboard Bike Rack Carrier**. SD. Disponível em: <<http://hiconsumption.com/2012/09/wheeLe-surfboard-bike-rack-carrier/>>. Acesso em 17 out. 2015.

HIPERATIVOS. **Bicicleta**. SD. Disponível em: <<http://www.hiperativos.com.br/tag/bicicleta/>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

HOWARD, Jake. The 10 Best-selling Surfboard Models of 2014. **Stab Magazine**. 2015. Disponível em: <<http://stabmag.com/the-10-best-selling-surfboard-models-of-2014/>>. Acesso em: 31 out. 2015.

INTERNATIONAL SURFING ASSOCIATION. **Member Directory**. 2015. Disponível em: <<http://www.isasurf.org/membership/member-directory/>>. Acesso em: 7 nov. de 2015.

INVENTOR SPOT. **Suporte Roof Rack**. 2015. Disponível em: <http://inventorspot.com/articles/acg_surfboard_roof_rack_your_bike_33290>. Acesso em: 14 out. 2015.

JIS D 9401. **Frame - Assembly for Bicycles**. 2010. Disponível em <<http://questin.org/sites/default/files/intl-codes/jis.d.9401.e.2010.pdf>>. Acesso em 17 dez. 2017.

KAMPION, Drew; BROWN, Bruce. **Stoked: Uma História da Cultura do Surf**. Lisboa: Difel, 1998.

LEHMAN, Paula. Vai Medina: Surfing's Rise in Brazil. **Word Surf League**. 2014. Disponível em: <<http://www.worldsurfleague.com/posts/75562/gabriel-medina-brazil-surfing-history>>. Acesso em: 14 nov. 2015.

LOMAX, Rick. The Environmental Impact of Surfing: Part Three – Travel. **Surf Science**. 2015. Disponível em: <<http://www.surfspace.com/topics/surfing-lifestyle/life-as-a-surfer/environmental-impact-of-surfing-travel>>. Acesso em: 22 out. 2015.

MCCAGH, Sean. **The Surfboard Book: How Design Drives Performance**. Austrália: McCagh O'Neill Pty, 2013. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=eBfRAwAAQBAJ&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s>. Acesso em: 21 out. 2015.

MERCADO LIVRE. **Abraçadeira Suporte Tubo 1 Inox 304**. 2017a. Disponível em: <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-693547983-abracadeira-suporte-tubo-1-inox-304-_JM>. Acesso em: 04 mar. 2017.

MERCADO LIVRE. **Caixa Direcao H846 Over Ahead 28**. 2017b. Disponível em: <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-814931653-caixa-direcao-h846-over-ahead-28-6mm-pto-bike-_JM>. Acesso em: 04 mar. 2017.

MERCADO LIVRE. **Mesa Avanço Suporte De Guidão Gts Gs280**. 2017c. Disponível em: <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-772468687-mesa-avanco-suporte-de-guido-gts-gs280-318-x-70mm-aluminio-_JM>. Acesso em: 27 mai. 2017.

MERCADO LIVRE. **Parafuso Allen Inox Com Cabeça Cilindrica M6**. 2017d. Disponível em: <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-697651749-parafuso-allen-inox-com-cabeça-cilindrica-m6-x-30mm-50-pecas-_JM>. Acesso em: 20 mai. 2017.

MERCADO LIVRE. **Pneu Bicicleta Aro 16 X 1.75 Levorin Excess Ex**. 2017e. Disponível em: <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-864912966-pneu-bicicleta-aro-16-x-175-levorin-excess-ex-_JM>. Acesso em: 04 mar. 2017.

MERCADO LIVRE. **Roda Para Bicicleta Aro 16 Alumínio**. 2017f. Disponível em: <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-843229413-roda-para-bicicleta-aro-16-aluminio-_JM>. Acesso em: 04 mar. 2017.

MOVED BY BIKES. **Suporte Surfboard**. SD. Disponível em: <<http://www.movedbybikes.com/mbbsurfboardrack/>>. Acesso em: 14 out. de 2015.

NBR 14714. **Veículo de Duas Rodas – Bicicleta – Conjunto Quadro e Garfo – Requisitos de Segurança.** 2013. Disponível em <http://www.aliancabike.org.br/assets/_docs/03_11_2014_15_32_nbr_14714_-_2013_-_frame_and_rigid_fork_-_safety_requirements.pdf> Acesso em 17 dez. 2017.

OLINTO, Antonio. Conceito de Cicloturismo. **Cicloturismo no Brasil.** 2014. Disponível em: <<http://www.olinto.com.br/index.php/dicas-cicloturismo/conceito-cicloturismo/>>. Acesso em: 22 set. 2015.

PAUPITZ, Andressa. **Pesquisa: O Perfil Do Cicloturista Brasileiro.** 2012. Disponível em: <<http://www.clubedecicloturismo.com.br/artigos-1/53-pedalando/24-pesquisa-o-perfil-do-cicloturista-brasileiro?highlight=WyJwYXVwaXR6ll0=>>>. Acesso em: 07 out. 2015

PETRIS, Pietro B. Bike e Maresia. **Revista Bicicleta.** 2015. Disponível em: <http://www.revistabicicleta.com.br/bicicleta.php?bike_e_maresia&id=4615>. Acesso em: 17 nov. 2015.

PHORESIA. **Self, Community, and Global Impact.** 2008. Disponível em: <<http://www.phoresia.org/?p=307>>. Acesso em: 22 out. 2015.

PIPE SYSTEM. **Aços Inoxidáveis.** 2015. Disponível em <http://www.pipesystem.com.br/Artigos_Tecnicos/Aco_Inox/body_aco_inox.html>. Acesso em 18 fev. 2017.

PORTAL BRASIL. **Litoral Brasileiro tem 7,4 mil km de Belezas Naturais.** 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/turismo/2015/01/litoral-brasileiro-tem-7-4-mil-km-de-belezas-naturais>>. Acesso em: 12 nov. 2015.

PRANCHARIA. **Suporte Rack Bicicleta.** 2014. Disponível em: <<http://www.prancharia.com.br/rack-bicicleta-pranchas-surf-aluminio>>. Acesso em: 14 out. 2015.

PRETTY DAMNED FAST. **Caitlin Dronen: California Tour.** 2015. Disponível em: <<http://www.prettydamnedfast.com/blog/2015/9/15/caitlin-dronen-california-tour>>. Acesso em: 22 out. 2015.

QUIVER KADDY. **The Ultimate Surfboard Carrier.** 2012. Disponível em: <<http://www.quiverkaddy.com/>>. Acesso em: 22 out. 2015.

REMO PLASTICOS. **ABS RM 15.** 2015. Disponível em <http://www.remoplasticos.com.br/datasheet/ds_rm_15.pdf>. Acesso em 20 mai. 2017.

RESINEX. **ABS – Acrilonitrilo-butadieno-estireno.** 2017. Disponível em <<http://www.resinex.pt/tipos-de-polimeros/abs.html>>. Acesso em 20 mai. 2017.

RIBEIRO, Alexandre G. **Uma História Social do Surfe.** Monografia (Licenciatura e Bacharelado em História) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003. 102 f. Disponível em:

<http://www.historia.ufpr.br/monografias/2002/alexandre_guilherme_ribeiro.pdf>
. Acesso em: 20 outubro de 2015.

ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produto: uma Referência para a Melhoria do Processo**. São Paulo: Saraiva, 2005.

SANTOS, Steven H. **Factores Competitivos: Mergulhando no Turismo de Surf**. Dissertação (Mestrado em Marketing) – ISCTE-IUL, Lisboa, 2011.
Disponível em: <<https://repositorio.iscte-iul.pt/handle/10071/4072?mode=simple>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

SCHULTZ, Tobias. **The Surfboard Cradle-To-Grave: Life Cycle Assessment of Common Surfboard: Epoxy vs. UPR**. Berkeley: University of California, 2009. Disponível em: <<http://engineering.berkeley.edu/2010/10/think-globally-surf-locally>>. Acesso em: 4 ago. 2015.

SERRANO, Célia; BRUHNS, Heloisa. **Viagens à Natureza: Turismo, Cultura e Ambiente**. Campinas: Papirus, 1997. Disponível em:
<<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=wY-SsfM1GIIC&oi=fnd&pg=PA9&dq=viagens&ots=UW93Qdtnoc&sig=KFebYeXUzg1rMOKi8QtDQVpjLBY#v=onepage&q=viagens&f=false>>. Acesso em 20 nov. 2015.

SHOCK METAIS. **Propriedades Mecânicas do Alumínio**. 2014. Disponível em <<http://www.shockmetais.com.br/especificacoes/aluminio/pmec>>. Acesso em 25 fev. 2017.

SIGWALT, Rafael C.; CARDOSO, Thiago S. **Projeto e Fabricação de Protótipo de Veículo para Cicloturismo**. 2015. 172 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SWINNERTON CYCLES. **Trek 3500 Matte Metallic Black/Team Green**. SD. Disponível em: <<http://www.swinnertoncycles.co.uk/bikes-c97/mtb-c105/hardt-tail-c108/trek-3500-matte-metallic-black-team-green-p28480>>. Acesso em 07 out. 2015

STOTZ, Humberto P. N. **A Indústria de Equipamentos para a Prática do Surf e da Moda Surfwear em Santa Catarina**. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em
<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/94579> Acesso em: 14 outubro de 2015.

SUP WHEELS. **Suporte The Mule**. SD. Disponível em:
<<http://www.supwheels.com/Home.html>>. Acesso em: 14 out. 2015.

SURFER TODAY. **The Best Surfboard Bike Racks in The World**. 2015. Disponível em: <<http://www.surfertoday.com/surfing/7716-the-best-surfboard-bike-racks-in-the-world>>. Acesso em: 17 out. 2015.

TATICS. **Guide to Surfboard Shape**. 2015. Disponível em: <<http://www.tactics.com/info/guide-to-surfboard-shapes>>. Acesso em: 21 outubro de 2015.

THE CLEANEST LINE. **Slow is Fast, Part 2: Biking and Surfing Down the California Coast**. 2012. Disponível em: <<http://www.thecleanestline.com/slow-is-fast/>>. Acesso em: 22 out. 2015.

TOLO TRAILERS. **Suporte Surfboard**. SD. Disponível em: <<http://www.tolotrailers.com/>>. Acesso em: 14 out. 2015.

TORELLYS. **Viagem de Bike e SUP pela Ruta 9 Uruguay**. 2014. Acesso em: <<http://www.torellys.com/index.php/videos/video/latest/1-remo-uma-busca-ep-14-viagem-de-bike-e-sup-pela-ruta-9-uruguay>>. Acesso em: 22 out. 2015.

TOURING BIKES. **Windsor Tourist**. SD Disponível em: <<http://touringbikes.blogspot.com.br/>>. Acesso em 07 out. 2015.

WAGNER, Scott G.; NELSEN, Chad; WALKER, Matt. **A Socioeconomic and Recreational Profile of Surfers in the United States: A Report by Surf-First and the Surfrider Foundation**. 2011. Disponível em: <http://public.surfrider.org/files/surfrider_report_v13.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2015.

WHEELER RACK. **Suporte Surfboard**. SD. Disponível em: <<http://wheelerack.com/wheele-surf.htm>>. Acesso em: 14 out. 2015.

APÊNDICE A – RELATOS DE VIAGENS

Este apêndice contém informações retiradas de relatos de cicloturistas que transportaram pranchas durante suas viagens. Primeiramente, é apresentada uma breve descrição de cada experiência e, posteriormente, uma análise geral.

A.1. Descrição

a) Dan Malloy – Califórnia/EUA

Viagem de dois meses de duração pela costa da Califórnia, percorrendo cerca de 400 milhas. Seu método para levar a prancha foi o de adaptá-la em cima de um *trailer* de uma roda e protegê-la com capa de toalha. Pouco experiente em cicloturagens. Fez pouca quilometragem diária. Não teve a preocupação de ter o equipamento certo para cada tipo de onda, sendo que transportou apenas uma prancha durante a viagem (ver Figura 98).



Figura 98 – Configuração da bicicleta de Dan Malloy

Fonte: The Cleanest Line (2012)

b) Scott Paynton - EUA

Sua motivação foi de fazer uma viagem com mínimo impacto ambiental. Já detinha experiência prévia em cicloturismo. Optou por um *trailer* de duas rodas próprio para a função e transportou duas pranchas (ver Figura 99).



Figura 99 – Configuração da bicicleta de Scott Paynton
Fonte: Phoresia (2008)

c) Rian Cope e Dylan Brayshaw – Austrália

Possuem vasta experiência em viagens de bicicleta. A mais significativa entre elas foi uma de três meses e meio por algumas ilhas da Indonésia. A escolha adotada por eles foi de acoplar a prancha ao lado da bicicleta (ver Figura 100). Para isso, o alforje direito foi substituído pelo *rack* de garras. Relatam que a opção por *trailer* já foi utilizada anteriormente. Porém, este equipamento sobressalente pode gerar incômodos ao longo da viagem. Afirmam que o ideal é transportar todos acessórios somente na bicicleta em si.



Figura 100 – Configuração da bicicleta de Rian Cope
Fonte: Eat Sleep Surf (2013)

d) Devon Raney – Califórnia EUA

Deficiente visual que, a bordo de uma bicicleta dupla, levou 75 dias para percorrer totalmente a costa oeste americana. Utilizou um *trailer* de duas rodas para transportar as duas pranchas (ver Figura 101). Isso permitiu dispensar o uso de bagageiro e alforjes traseiros.

e) Liam C. - Austrália

Utilizou um *trailer* de roda única adaptado (ver Figura 102). Relatou que rebocar uma prancha em um *trailer* é fácil e até mesmo em ventos fortes é satisfatório. Levou consigo apenas uma prancha, percorrendo a costa oeste da ilha da Tasmânia, sendo grande parte em estradas de terra.



Figura 101 – Configuração da bicicleta de Devon Raney
Fonte: Bikes Board Blind (2015)



Figura 102 – Configuração da bicicleta de Liam C.
Fonte: Healthy Transport Hobart (2009)

f) Aaron Beasley - EUA

Percorreu a Califórnia durante seis semanas, sendo que a quilometragem máxima durante a viagem não passou de 70 milhas. Utilizou um *trailer* de única roda adaptado (ver Figura 103).



Figura 103 – Configuração da bicicleta de Aaron Beasley
Fonte: Pretty Damned Fast (2015)

g) André Torelly – Brasil

Único depoimento encontrado de um brasileiro, no qual relata ter carregado 50 kgf de equipamentos. Utilizou um *rack* lateral para transportar um SUP (*Stand Up Paddle*), prancha significativamente mais volumosa e com maior área superficial que as de costume (ver Figura 104). Percorreu curta distância entre o Rio Grande do Sul e o litoral uruguaio. O sobrepeso de seu equipamento o impediu de desenvolver médias de velocidades maiores.



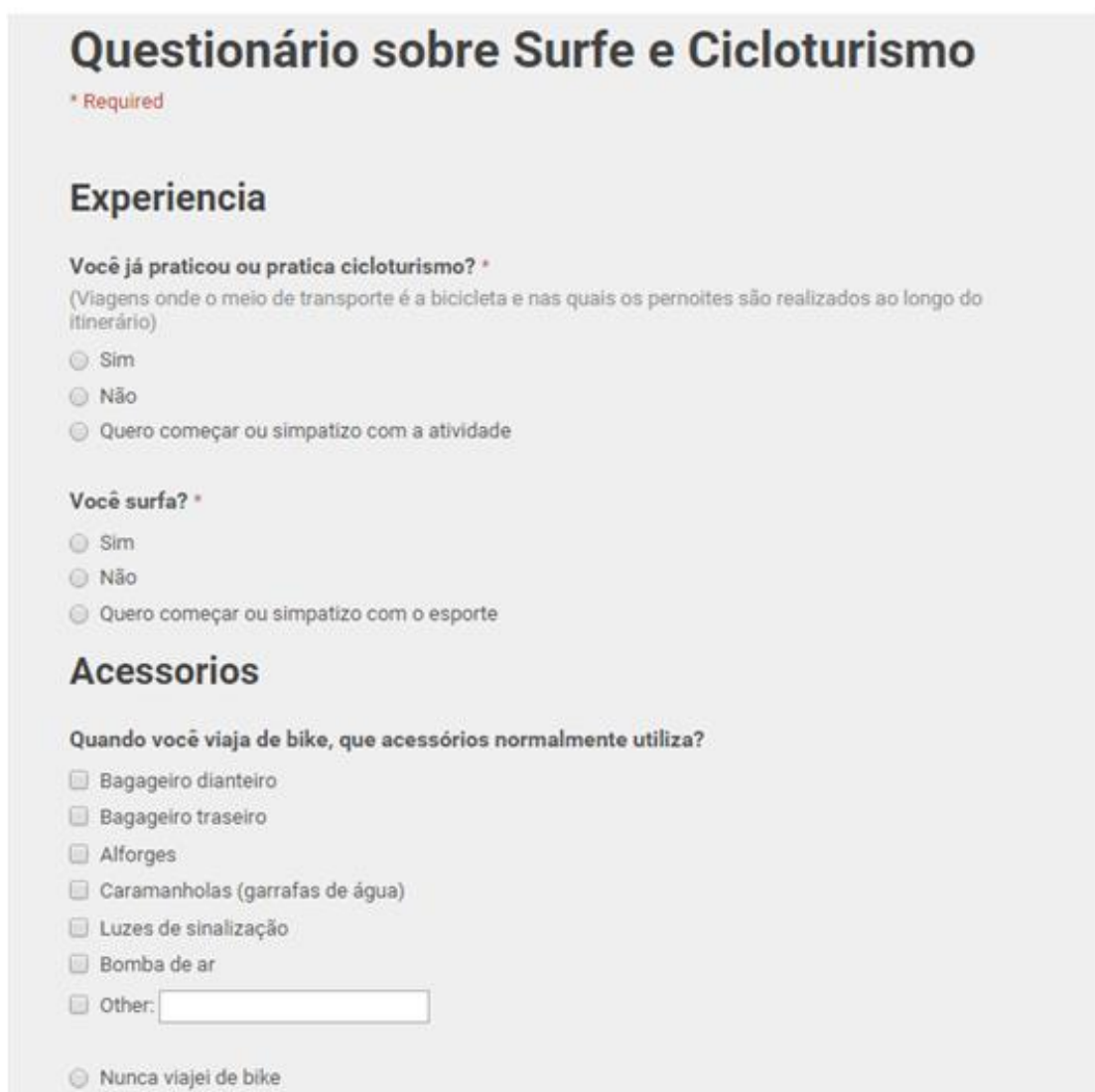
Figura 104 – Configuração da bicicleta de André Torelly
Fonte: Torellys (2014)

A.2. Análise

É evidente a preferência dos cicloturistas estrangeiros pelos *trailers*, apesar destes, em sua maioria, terem sido adaptados para suportar as pranchas. Nota-se, também, a distinção entre a duração das viagens e dos tipos de terreno percorridos. Foram carregadas não mais que duas pranchas por bicicleta. O relato do ciclista brasileiro evidencia que o peso é um fator importante para o desempenho do conjunto.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO

Este apêndice exibe o questionário que foi aplicado para levantamento das necessidades dos clientes. Foi aplicado de forma *online* durante as duas primeiras semanas de novembro de 2015. Foram obtidas 87 respostas, das quais, quatro provenientes de estrangeiros.



Questionário sobre Surfe e Cicloturismo

* Required

Experiencia

Você já praticou ou pratica cicloturismo? *
(Viagens onde o meio de transporte é a bicicleta e nas quais os pernoites são realizados ao longo do itinerário)

Sim

Não

Quero começar ou simpatizo com a atividade

Você surfa? *

Sim

Não

Quero começar ou simpatizo com o esporte

Acessorios

Quando você viaja de bike, que acessórios normalmente utiliza?

Bagageiro dianteiro

Bagageiro traseiro

Alforjes

Caramancholas (garrafas de água)

Luzes de sinalização

Bomba de ar

Other:

Nunca viajei de bike

Figura 105 – Questionário (Avaliação da experiência do respondente)

Suportes Atuais



Qual tipo de dispositivo para transportar pranchas lhe agrada mais? *

- 1 - Suporte lateral
- 2 - Suporte superior
- 3 - Suporte traseiro
- 4 - Trailer de duas rodas
- 5 - Trailer de única roda
- Other:

Quanto estaria disposto a pagar neste dispositivo? *

- Até R\$ 100,00
- Entre R\$ 100,00 e R\$ 300,00
- Entre R\$ 300,00 e R\$ 500,00
- Entre R\$ 500,00 e R\$ 800,00
- Mais de R\$ 800,00

Figura 106 – Questionário (Avaliação do respondente sobre os suportes atuais)

Qualidades

Quais qualidades seriam as mais importantes em um suporte para transportar pranchas durante cicloviajagens? *

Para cada requisito listado, classifique-o conforme opinião pessoal.

	Irrelevante	Pouco importante	Importante	Muito importante	Essencial
Ser leve	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não interferir na estabilidade da bicicleta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não interferir no rendimento da pedalada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ser de fácil instalação e desmontagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ter manutenção simples	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ser compacto quando não estiver em uso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Oferecer mecanismo que evite furtos da prancha	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Oferecer boa proteção para prancha	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Oferecer fixação rápida da prancha	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Carregar duas ou mais pranchas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sugestão

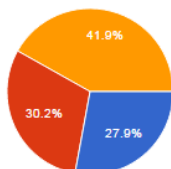
Se tiver alguma sugestão ou recomendação para o projeto, escreva abaixo:

Figura 107 – Questionário (Avaliação do respondente sobre as características do suporte)

APÊNDICE C – RESULTADOS QUESTIONÁRIO

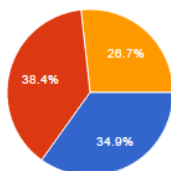
Este apêndice exibe o sumário das respostas obtidas no questionário mostrado no Apêndice B.

Você já praticou ou pratica cicloturismo?



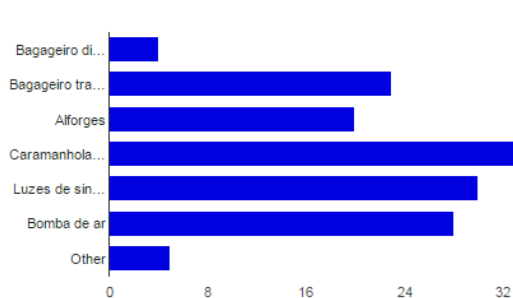
Sim	24	27.9%
Não	26	30.2%
Quero começar ou simpatizo com a atividade	36	41.9%

Você surfa?



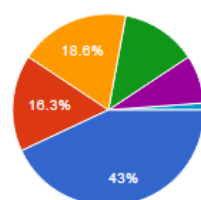
Sim	30	34.9%
Não	33	38.4%
Quero começar ou simpatizo com o esporte	23	26.7%

Quando você viaja de bike, que acessórios normalmente utiliza?



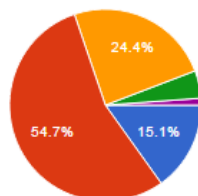
Bagageiro dianteiro	4	10.8%
Bagageiro traseiro	23	62.2%
Alforjes	20	54.1%
Caramanholas (garrafas de água)	33	89.2%
Luzes de sinalização	30	81.1%
Bomba de ar	28	75.7%
Other	5	13.5%

Qual tipo de dispositivo para transportar pranchas lhe agrada mais?



1 - Suporte lateral	37	43%
2 - Suporte superior	14	16.3%
3 - Suporte traseiro	16	18.6%
4 - Trailer de duas rodas	11	12.8%
5 - Trailer de única roda	7	8.1%
Other	1	1.2%

Quanto estaria disposto a pagar neste dispositivo?







Até R\$ 100,00	13	15.1%
Entre R\$ 100,00 e R\$ 300,00	47	54.7%
Entre R\$ 300,00 e R\$ 500,00	21	24.4%
Entre R\$ 500,00 e R\$ 800,00	4	4.7%
Mais de R\$ 800,00	1	1.2%







Figura 108 – Resultados do questionário

APÊNDICE D – BENCHMARKING

Este apêndice mostra um comparativo de várias qualidades encontradas em diferentes tipos de suportes para transporte de prancha durante ciclovagens.

				
Marca	MBB	MBB	Carver Racks	Cyel
Modelo	Surfboard	Shortboard	CSR Max	9028
Localização da prancha	Lateral	Lateral	Lateral	Lateral
Pontos de fixação na bicicleta	Canote e Caixa de direção	Canote	Canote e Eixo Traseiro	Canote e Caixa de direção
Tipo de fixação	Parafusos	Parafusos	Parafusos	Parafusos
Número de ferramentas para montagem	1	1	2	1
Número de peças	10	7	3	6
Peso [kgf]	2.32	1.95	2.27	5.34
Material	Alumínio e Aço inoxidável	Alumínio e Aço inoxidável	Alumínio	Aço
Volume da caixa [m ³]	0.016	0.009	0.024	0.015
Dispositivo anti-furto	Não	Não	Não	Não
Fixação da prancha	Gancho	Gancho	Gancho e Elastico	Gancho e Elastico
Proteção da prancha	Borracha	Borracha	Borracha	Borracha
Tamanho máximo da prancha [pés]	7	10	10	8
Número máximo de pranchas	1	1	1	1
Nacional	Não	Não	Não	Sim
Preço [R\$]	500.5	404.25	365.75	180
Referência	(MOVEDBYBIKES, 2015)	(MOVEDBYBIKES, 2015)	(CARVERRACKS, 2015)	(CENTAURO, 2015)

Quadro 2 – Benchmarking (continua)

					
Prancharia	Bike Balance	ACG	Wheele Racks	SUP Wheels	Tolo Trailers
Rack bicicleta	Surfboard	Roof Rack	Surfboard	The Mule	Surfboard
Lateral	Traseira	Superior	Trailer	Trailer	Trailer
Canote e Caixa de direção	Canote e Eixo Traseiro	Canote e Caixa de direção	Canote	Banco	Canote
Parafusos	Parafusos	Parafusos	Parafusos e Pino	Fitas	Parafusos e Pino
1	2	1	1	0	1
6	6	9	3	2	2
1.87	2.72	4.76	11.34	7.56	12.71
Aluminio	Aluminio	Aluminio	Aço	Aluminio e Aço inoxidavel	Aluminio
0.015	0.015	0.019	0.092	0.014	0.242
Não	Não	Não	Não	Não	Não
Gancho e Elastico	Gancho e Elastico	Eslático	Elastico	Fitas e Elastico	Fitas
Borracha	Borracha	Borracha	Borracha	Tecido	Borracha
10	10	8	12	12	10
1	2	1	1	2	3
Sim	Não	Não	Não	Não	Não
90	346.5	558.25	885.5	462	1501.5
(PRANCHARIA, 2015)	(BIKEBALANCE, 2015)	(INVENTORSPOT, 2015)	(WHEELERACK, 2015)	(SUPWHEELS, 2015)	(TOLOTRAILERS, 2015)

Quadro 2 – Benchmarking (conclusão)

APÊNDICE E – CASA DA QUALIDADE

Este apêndice mostra como foi montada a casa da qualidade, quais os pesos utilizados para as relações entre necessidades dos clientes e requisitos de projeto, bem como os resultados finais.

Maximo da Linha	Importancia Relativa	Importancia	Necessidade/Requisito	Deslocamento centro de gravidade	Massa	Coefficiente aerodinamico	Força adicional para acionar o pedal	Força exercida sobre a superficie da prancha	Força utilizada para fixar a prancha	Número de ferramentas para montagem	Numero de peças para montagem	Tempo para encaixe da prancha	Componentes padronizados	Tempo para desencaixe da prancha por estranhos	Volume encaixotado	Volume disponivel para as pranchas
9	2,88	1,60	Ser leve		+						-				-	
9	3,30	1,83	Não interferir na estabilidade da bicicleta	+	-	-										
9	2,83	1,57	Não interferir no rendimento da pedalada	=	=	+	+									
9	2,63	1,46	Ser de fácil instalação e desmontagem							+	+		=			
9	2,44	1,35	Ter manutenção simples							=	=		+			
9	2,22	1,23	Ser compacto quando não estiver em uso								-				+	
9	2,32	1,29	Oferecer mecanismo que evite furtos da prancha						=					+		
9	2,77	1,54	Oferecer boa proteção para pracha			-	+		=							
9	2,51	1,40	Oferecer fixação rápida da prancha						-			+				
9	1,57	0,87	Carregar duas ou mais pranchas													+
			Importancia	24,35	24,10	17,53	14,15	13,87	15,55	19,95	22,78	12,56	19,51	11,62	12,69	7,85
			Ordem	1°	2°	6°	8°	9°	7°	4°	3°	11°	5°	12°	10°	13°



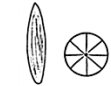































Quadro 3 – Casa da qualidade

APÊNDICE F – MATRIZ MORFOLÓGICA

Este apêndice apresenta a Matriz Morfológica utilizada para apresentar os princípios de solução, os quais são utilizados para a geração das concepções.

	COMPONENTE/FUNÇÃO	A	B	C	D	E	F	G	H
1	COMPRIMENTO DO DISPOSITIVO								
2	PROTEÇÃO DO ITEM								
2.1	SISTEMA DE AMORTECIMENTO								
2.2	SISTEMA DE FIXAÇÃO								
	APOIO SISTEMA DE FIXAÇÃO								
3	LOCAL DE ACOPLAMENTO								
3.1/3.2	TIPO DE FIXAÇÃO								

Quadro 4 – Matriz Morfológica (continua)

4	AREA PROJETADA								
5	TIPO DE JUNTA								
	NUMERO DE RODAS								
	TAMANHO DAS RODAS	 16"	 18"	 20"	 26"				
6	SISTEMA DE SINALIZAÇÃO								
7	ESTRUTURA DO BAGAGEIRO								
	TIPO DE BAGAGEIRO								
8	TIPO DE DESMONTAGEM								

Quadro 4 – Matriz Morfológica (conclusão)

APÊNDICE G – COMBINAÇÕES DE PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO

Este apêndice apresenta as combinações de princípios de solução utilizadas na geração de cada concepção.

	CONCEPÇÃO 1	CONCEPÇÃO 2	CONCEPÇÃO 3	CONCEPÇÃO 4	CONCEPÇÃO 5	CONCEPÇÃO 6	CONCEPÇÃO 7	CONCEPÇÃO 8	CONCEPÇÃO 9	CONCEPÇÃO 10
COMPRIMENTO DO DISPOSITIVO	B MÉDIO	C LONGO	B MÉDIO	A CURTO	B MÉDIO	D REGULÁVEL	B MÉDIO	B MÉDIO	B MÉDIO	C LONGO
PROTEÇÃO DO ITEM	B CAPA	B CAPA	B CAPA	B CAPA	D ESPUMA	D ESPUMA	C PARALAMA	B CAPA	C PARALAMA	C PARALAMA
SISTEMA DE AMORTECIMENTO	C ESPUMA	D POLIETILENO	B COXIM	E BORRACHA	E BORRACHA	A SUSPENÇÃO	E BORRACHA	B COXIM	A SUSPENÇÃO	B COXIM
SISTEMA DE FIXAÇÃO	D FITA	C ELASTICO	F GANCHO	C ELASTICO	E FEICHO	A VENTOSA	E FEICHO	D FITA	E FEICHO	D FITA
APOIO SISTEMA DE FIXAÇÃO	B APOIO PARALELO	B APOIO PARALELO	C 04 PONTOS	A GANCHO	B APOIO PARALELO	C 08 PONTOS	C 04 PONTOS	B APOIO PARALELO	B APOIO PARALELO	B APOIO PARALELO
LOCAL DE ACOPLAMENTO	C EIXO TRASEIRO	D CANOTE	C EIXO TRASEIRO	C EIXO TRASEIRO	C EIXO TRASEIRO	B BALANÇA	C EIXO TRASEIRO	C EIXO TRASEIRO	C EIXO TRASEIRO	C EIXO TRASEIRO
TIPO DE FIXAÇÃO	F QUICK RELEASE	A ABRAÇADEIRA	F QUICK RELEASE	F QUICK RELEASE	F QUICK RELEASE	H PARAFUSADO	F QUICK RELEASE	F QUICK RELEASE	F QUICK RELEASE	F QUICK RELEASE
AREA PROJETADA	E INCLINADO	A HORIZONTAL	E INCLINADO	B LATERAL	A HORIZONTAL	A HORIZONTAL	A HORIZONTAL	A HORIZONTAL	A HORIZONTAL	E INCLINADO
TIPO DE JUNTA	F UNIVERSAL	F UNIVERSAL	C NO EIXO	B NO EIXO/PARAFUSO	B NO EIXO/PARAFUSO	A ESFÉRICA	F UNIVERSAL	G GANCHEIRA	B NO EIXO/PARAFUSO	F UNIVERSAL
NUMERO DE RODAS	A UMA	A UMA	B DUAS	A UMA	A UMA	C TRÊS	A UMA	B DUAS	A UMA	B DUAS
TAMANHO DAS RODAS	A 16"	B 18"	A 16"	D 26"	A 16"	D 26"	A 16"	B 18"	A 16"	C 20"
SISTEMA DE SINALIZAÇÃO	A FITA REFLETIVA	B LAMPADA	B LAMPADA	C BANDEIRA	B LAMPADA	B LAMPADA	D REFLETOR	A FITA REFLETIVA	B LAMPADA	B LAMPADA
ESTRUTURA DO BAGAGEIRO	C TELA	F REDE ELÁSTICA	A PLÁSTICO	A PLÁSTICO	E LONA	B ALUMÍNIO	E LONA	----	C TELA	E LONA
TIPO DE BAGAGEIRO	A FIXO	B REMOVÍVEL	A FIXO	B REMOVÍVEL	B REMOVÍVEL	A FIXO	B REMOVÍVEL	----	A FIXO	A FIXO
TIPO DE DESMONTAGEM	A PARAFUSO	B ROSQUEADA	D PINO	C TRAVA ESFERICA	A PARAFUSO	E MAGNÉTICO	A PARAFUSO	C TRAVA ESFERICA	A PARAFUSO	D PINO

Quadro 5 – Conjunto das concepções propostas a partir da Matriz Morfológica

APÊNDICE H – MATRIZ DE AVALIAÇÃO RELATIVA MODIFICADA

Este apêndice apresenta a Matriz de Avaliação Relativa Modificada (MARM). A concepção 7 é adotada como a referência. Multiplica-se o peso dos critérios por -1, 0 ou +1, dependendo do sinal de cada concepção, e faz-se o somatório das linhas. Ao final, somatórios negativos significam que tal concepção é pior quando comparada à referência.

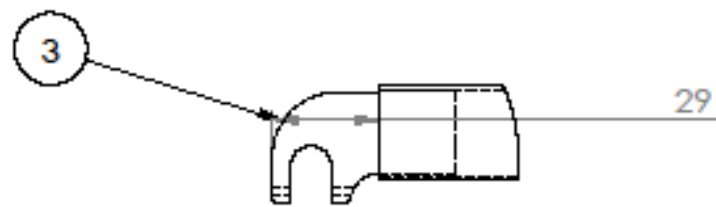
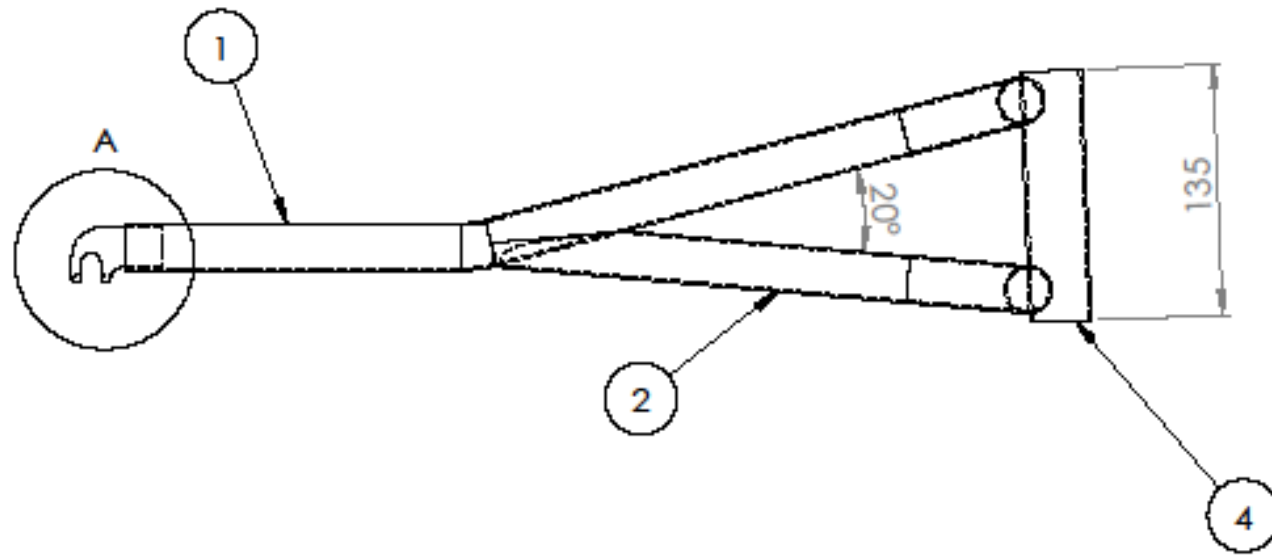
CRITERIOS		PESOS		CONCEPÇÃO 1	CONCEPÇÃO 2	CONCEPÇÃO 3	CONCEPÇÃO 4	CONCEPÇÃO 5	CONCEPÇÃO 6	CONCEPÇÃO 7	CONCEPÇÃO 8	CONCEPÇÃO 9	CONCEPÇÃO 10
1	Força adicional para acionar o pedal	14,15	0,0572	=	-	-	+	=	-	R E F E R Ê N C I A	+	-	-
2	Número de ferramentas para montagem	19,95	0,0806	=	-	-	=	-	-		=	-	=
3	Componentes padronizados	19,51	0,0788	=	=	=	=	=	=		=	=	=
4	Deslocamento centro de gravidade	24,35	0,0984	=	-	=	-	-	-		+	=	=
5	Numero de peças para montagem	22,78	0,0921	+	+	-	+	=	-		=	+	-
6	Tempo para encaixe da prancha	12,56	0,0508	-	-	-	=	=	-		-	=	-
7	Volume disponível para as pranchas	7,85	0,0317	=	+	-	-	=	+		=	=	-
8	Força exercida sobre a superfície da prancha	13,87	0,0561	=	=	+	-	=	+		-	+	+
9	Massa	24,10	0,0974	=	=	-	+	=	-		+	-	-
10	Coefficiente aerodinamico	17,53	0,0708	=	-	=	-	=	-		-	=	-
11	Força utilizada para fixar a prancha	15,55	0,0628	-	-	-	-	=	-		-	=	-
12	Volume encaixotado	12,69	0,0513	-	+	-	=	-	-		=	-	-
13	Tempo para desencaixe da prancha por estranhos	11,62	0,0470	=	=	=	=	=	=		=	=	=
14	Custo	15,47	0,0625	+	+	-	+	=	-		=	-	+
	Bagagem	15,47	0,0625	=	-	=	-	-	+		-	=	+
15	Total	247,44	1,0000	-0,0103	-0,2456	-0,5303	-0,0732	-0,2928	-0,5736		-0,0500	-0,2009	-0,3331

Quadro 6 – Matriz de Avaliação Relativa Modificada

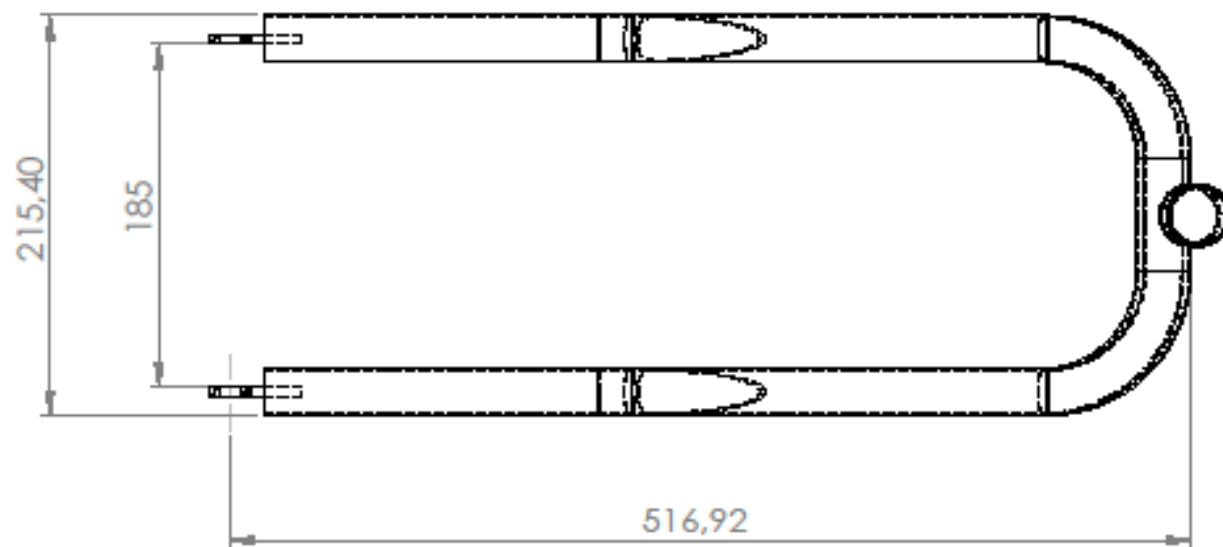
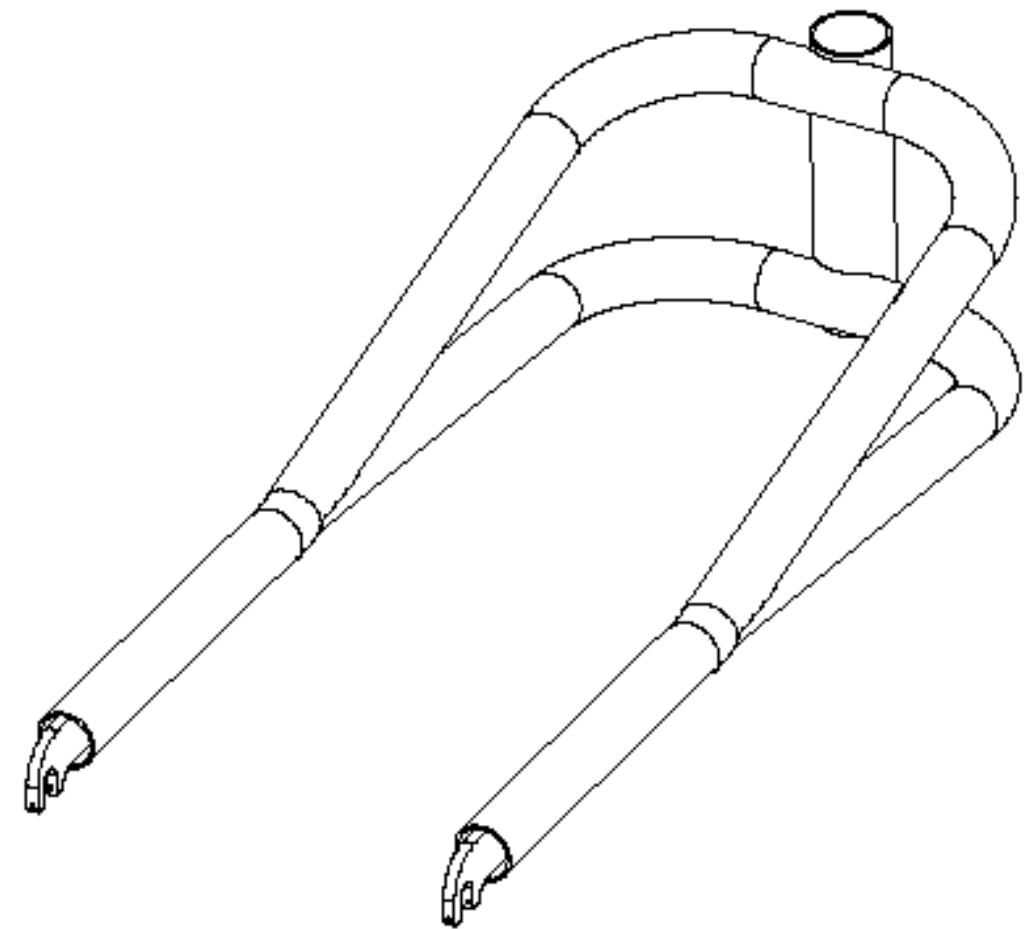
APÊNDICE I – DESENHOS DE FABRICAÇÃO

Na sequência, são apresentados os desenhos técnicos com o detalhamento do projeto. Eles foram elaborados através do *software SolidWorks 2016* para servirem de referência aos fornecedores e à equipe durante o processo de fabricação do protótipo. Eles estão relacionados da seguinte maneira:

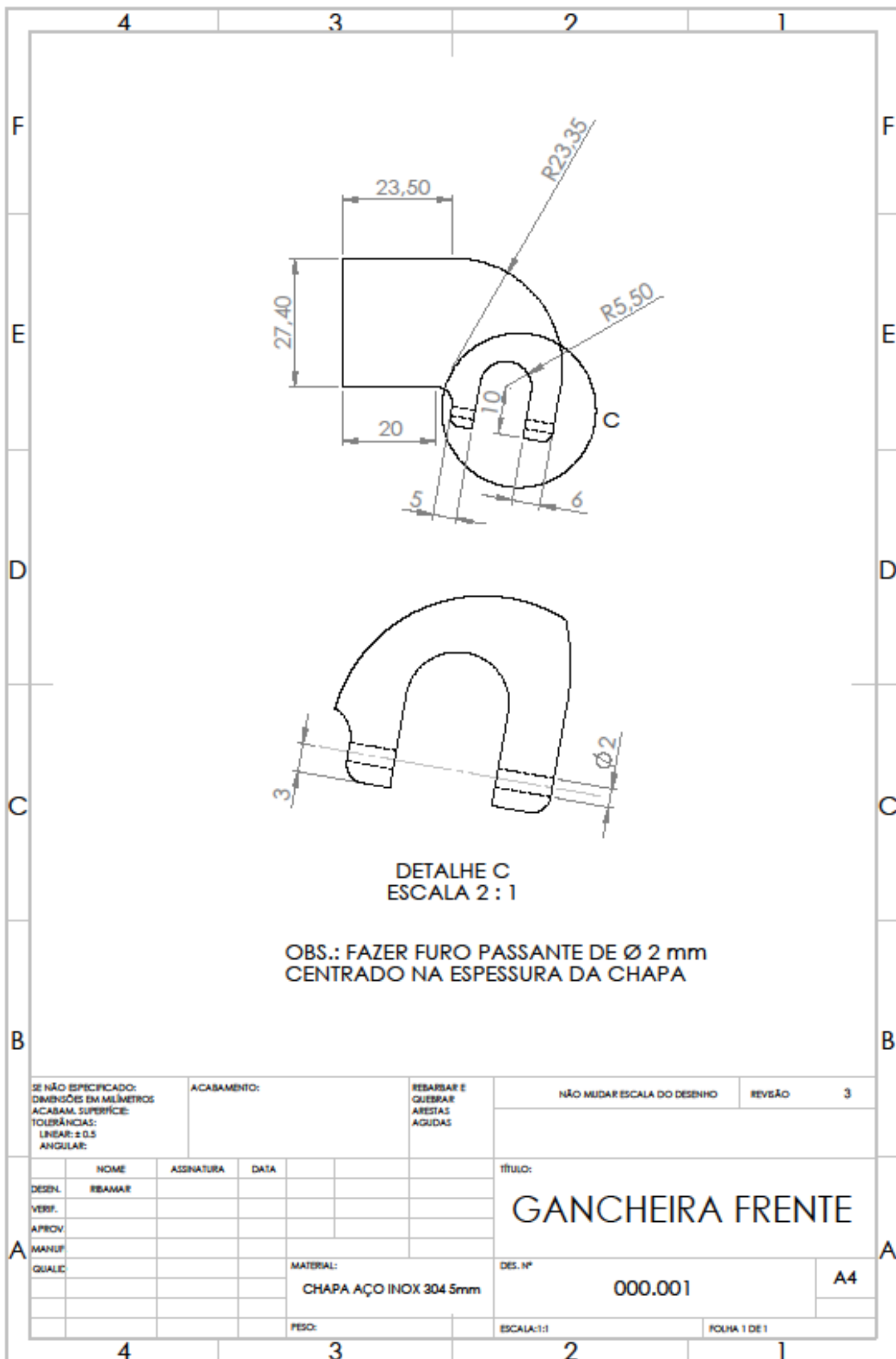
- – Garfo
 - – Gancheira Frente
 - – Apoio Inferior
 - – Apoio Superior
 - – Tampa
- – Estrutura
 - – Tubo Frontal
 - – Tubo Caixa Interno
 - – Tubo Traseiro
 - – Tubo Reforço Esquerdo
 - – Tubo Lateral Esquerdo
 - – Gancheira Traseira
 - – Cantoneira
- 002.001 – Chapa de Apoio
- 003.001 – Para-lama
- 004.001 – Suporte Bagageiro
- 004.002 – Chapa Bagageiro



DETALHE A
ESCALA 1 : 2



4	TUBO CX. EXTERNO	01	PÇ	TUBO INOX 1.5/16" L=135 mm																				
3	GANCHEIRA FRENTE	02	PÇ	000.001																				
2	APOIO INFERIOR	01	PÇ	000.002																				
1	APOIO SUPERIOR	01	PÇ	000.003																				
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.	UNIDADE	OBSERVAÇÃO																				
SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: ± 3 ANGULAR: ± 5°		ACABAMENTO:		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO																				
<table border="1"> <tr> <th>NOME</th> <th>ASSINATURA</th> <th>DATA</th> </tr> <tr> <td>DESEN. RBAMAR</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROV.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MANUF.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>QUALID.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		NOME	ASSINATURA	DATA	DESEN. RBAMAR			VERIF.			APROV.			MANUF.			QUALID.			<table border="1"> <tr> <th>REVISÃO</th> <th>1</th> </tr> </table>		REVISÃO	1	TÍTULO: FORQUILHA
NOME	ASSINATURA	DATA																						
DESEN. RBAMAR																								
VERIF.																								
APROV.																								
MANUF.																								
QUALID.																								
REVISÃO	1																							
MATERIAL: AÇO INOX		DES. Nº 000.000		A3																				
PESO:		ESCALA: 1:4		FOLHA 1 DE 1																				



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS:
LINEAR: $\pm 0,5$
ANGULAR:

ACABAMENTO:

RESBARBAR E
QUEBRAR
ARESTAS
AGUDAS

NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

3

	NOME	ASSINATURA	DATA
DESEN.	REBAMAR		
VERIF.			
APROV.			
MANUF.			
QUALC.			

TÍTULO:

GANCHEIRA FRENTE

MATERIAL:

CHAPA AÇO INOX 304 5mm

DES. Nº

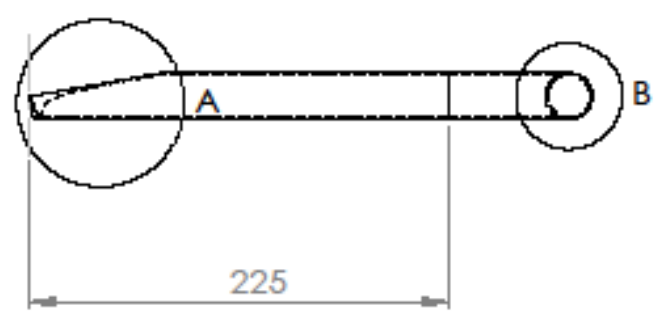
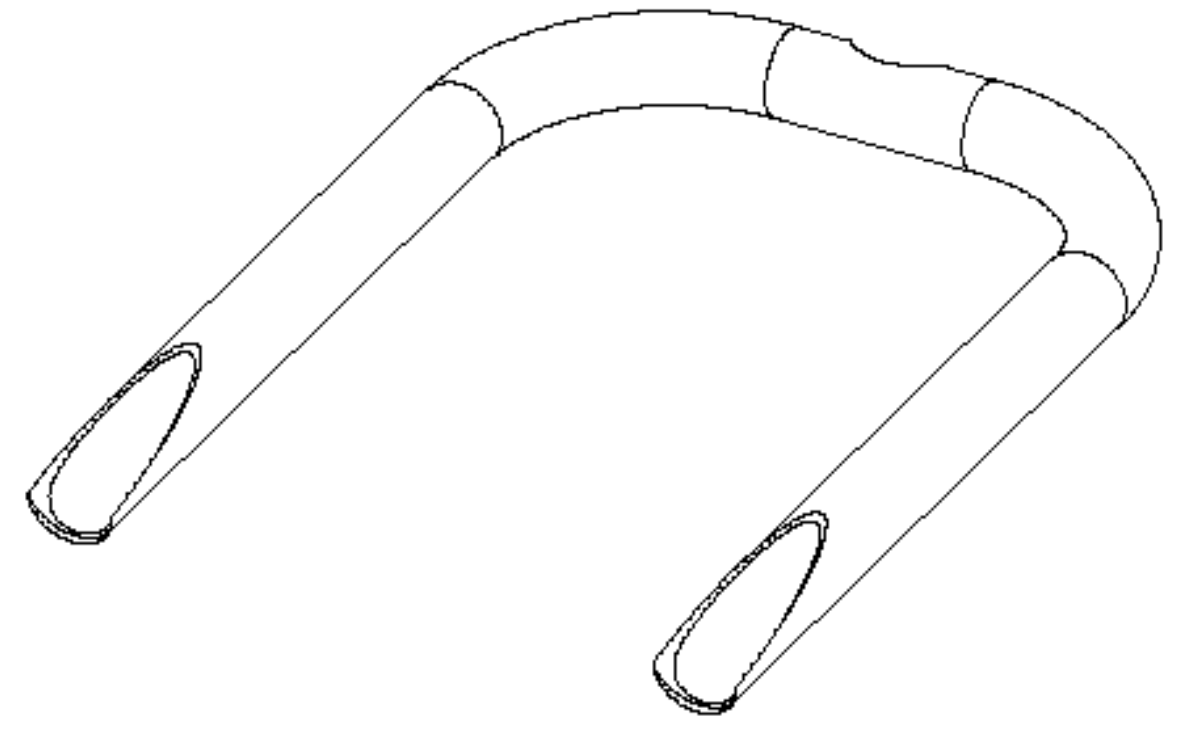
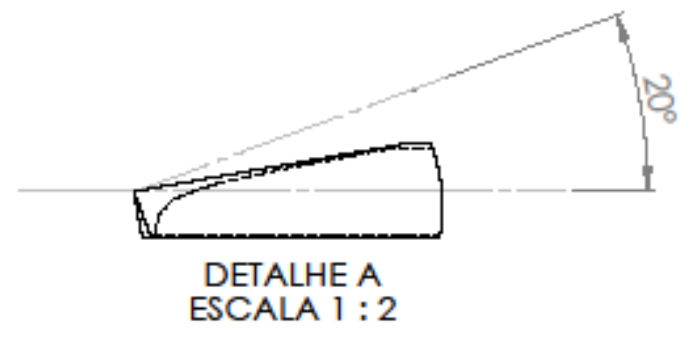
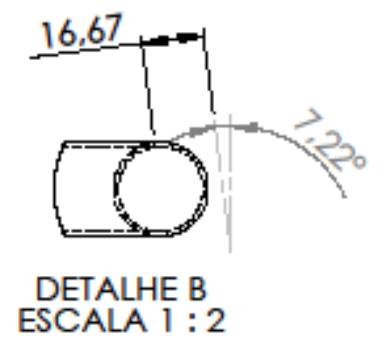
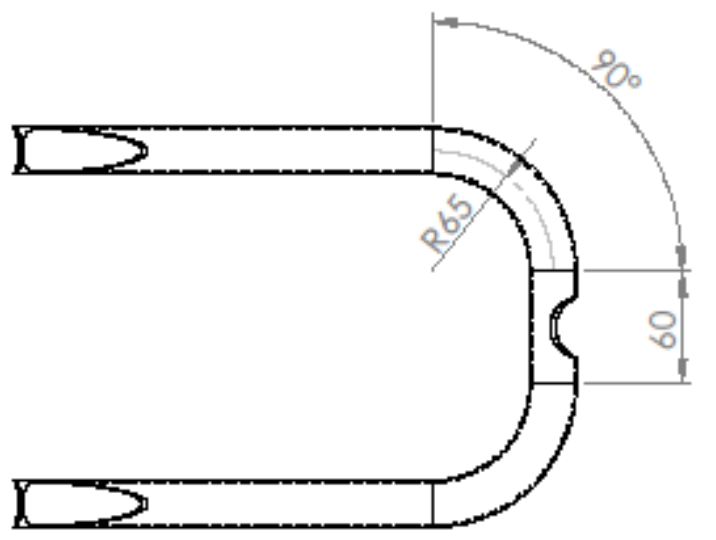
000.001

A4

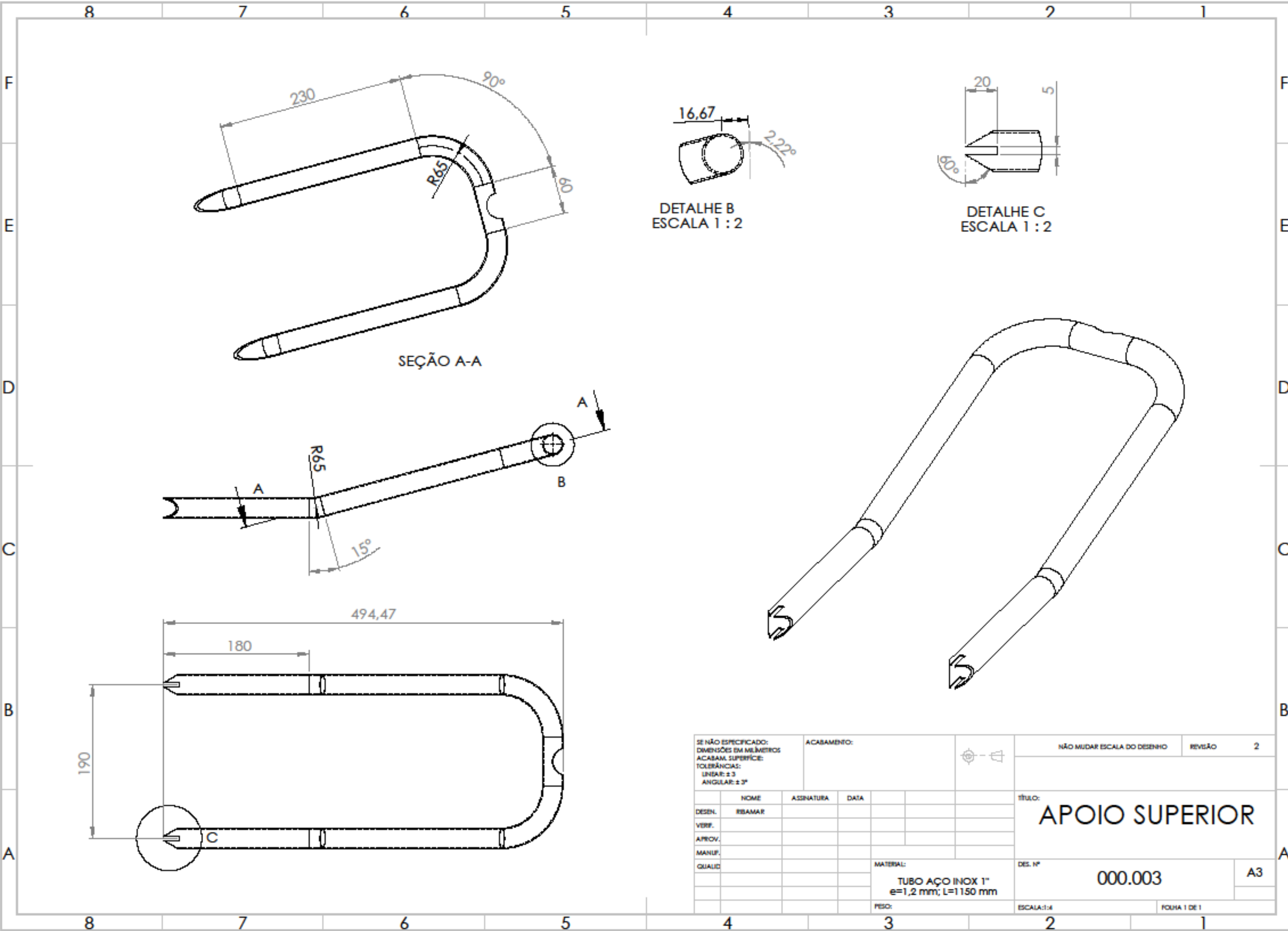
PESO:

ESCALA:1:1

FOLHA 1 DE 1



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: ± 3 ANGULAR: ± 3°		ACABAMENTO:	NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	1
DESEN.	EBAMAR	ASSINATURA	DATA	TÍTULO: APOIO INFERIOR		
VERIF.				DES. Nº		
APROV.				000.002		
MANUF.				A3		
QUALID.				MATERIAL: TUBO AÇO INOX 1" e=1,2 mm; L=750 mm		
				PESO:		
				ESCALA: 1:4		
				FOLHA 1 DE 1		

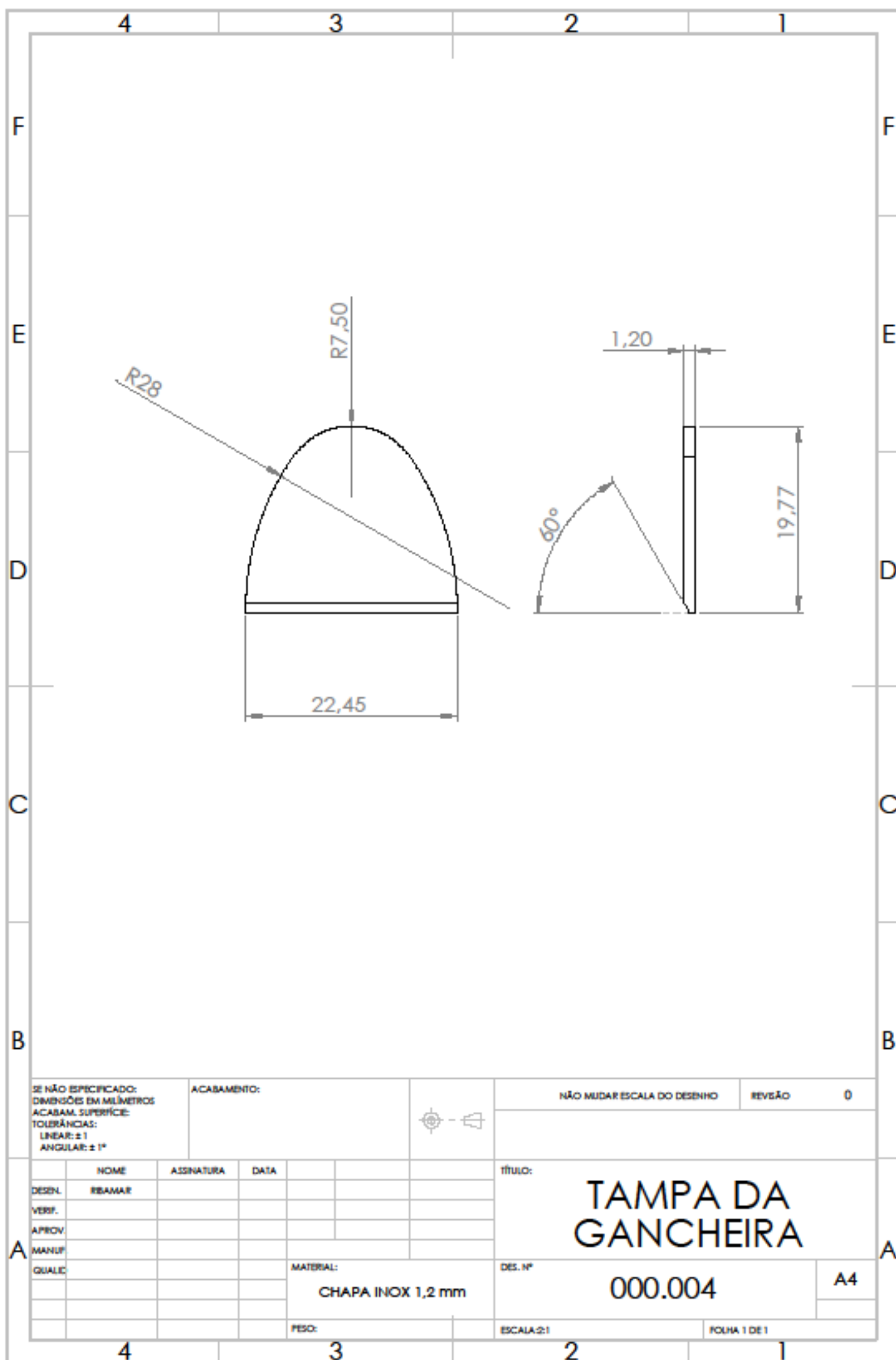


SEÇÃO A-A

DETALHE B
ESCALA 1 : 2

DETALHE C
ESCALA 1 : 2

SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: ± 3 ANGULAR: ± 3'		ACABAMENTO:		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO 2	
NOME		ASSINATURA		DATA		TÍTULO: APOIO SUPERIOR	
DESEN.	RBAMAR					DES. Nº 000.003	
VERIF.						A3	
APROV.						MATERIAL: TUBO AÇO INOX 1" e=1,2 mm; L=1150 mm	
MANUF.						PESO:	
QUALID.						ESCALA: 1:1	
						FOHA 1 DE 1	



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS:
LINEAR: ± 1
ANGULAR: $\pm 1^\circ$

ACABAMENTO:



NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

0

	NOME	ASSINATURA	DATA		
DESEN.	RBAMAR				
VERIF.					
APROV.					
MANUF.					
QUALIC.					
				MATERIAL:	
				CHAPA INOX 1,2 mm	
				PESO:	

TÍTULO:

**TAMPA DA
GANCHEIRA**

DES. Nº

000.004

A4

ESCALA: 2:1

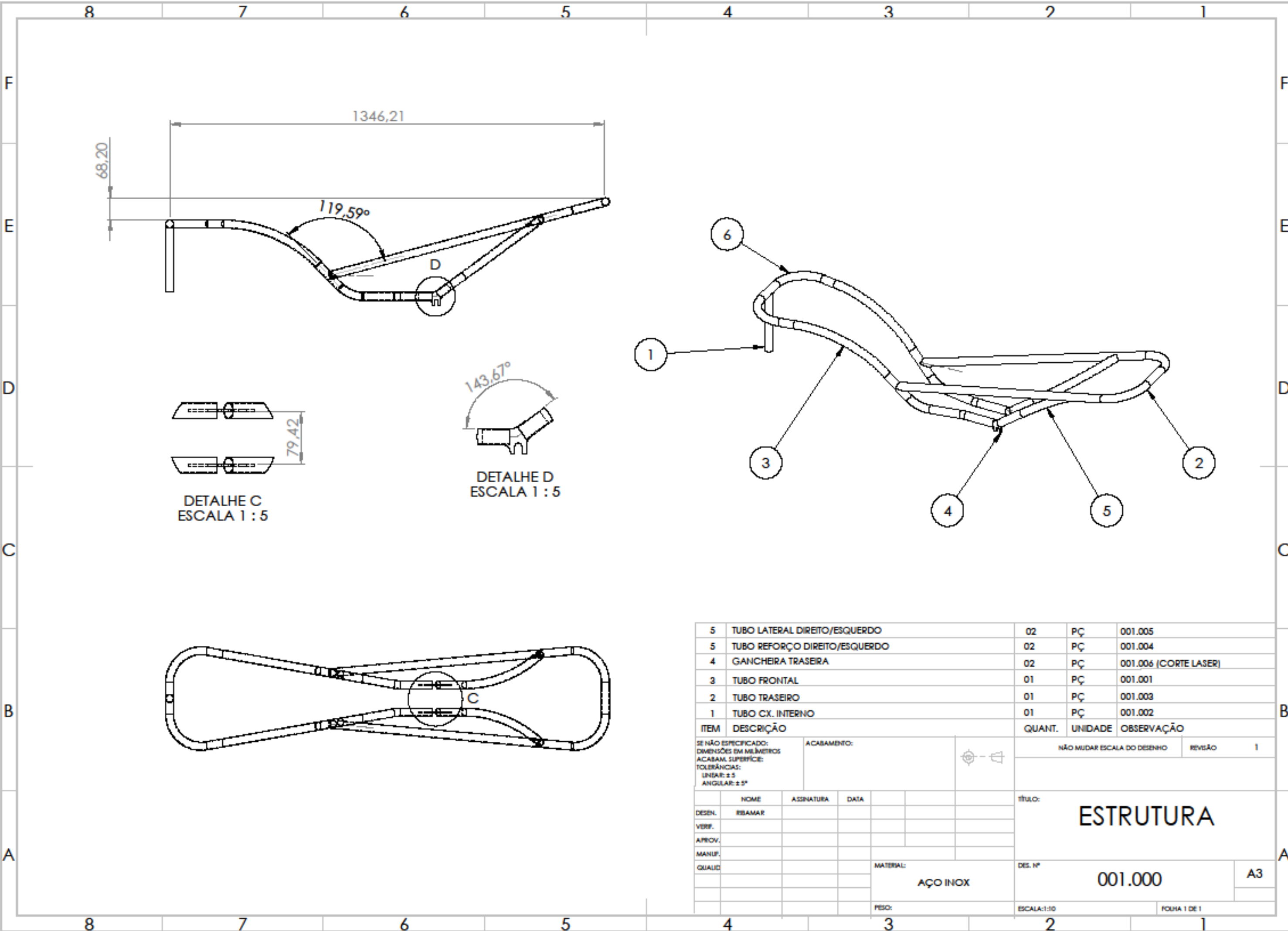
FOLHA 1 DE 1

4

3

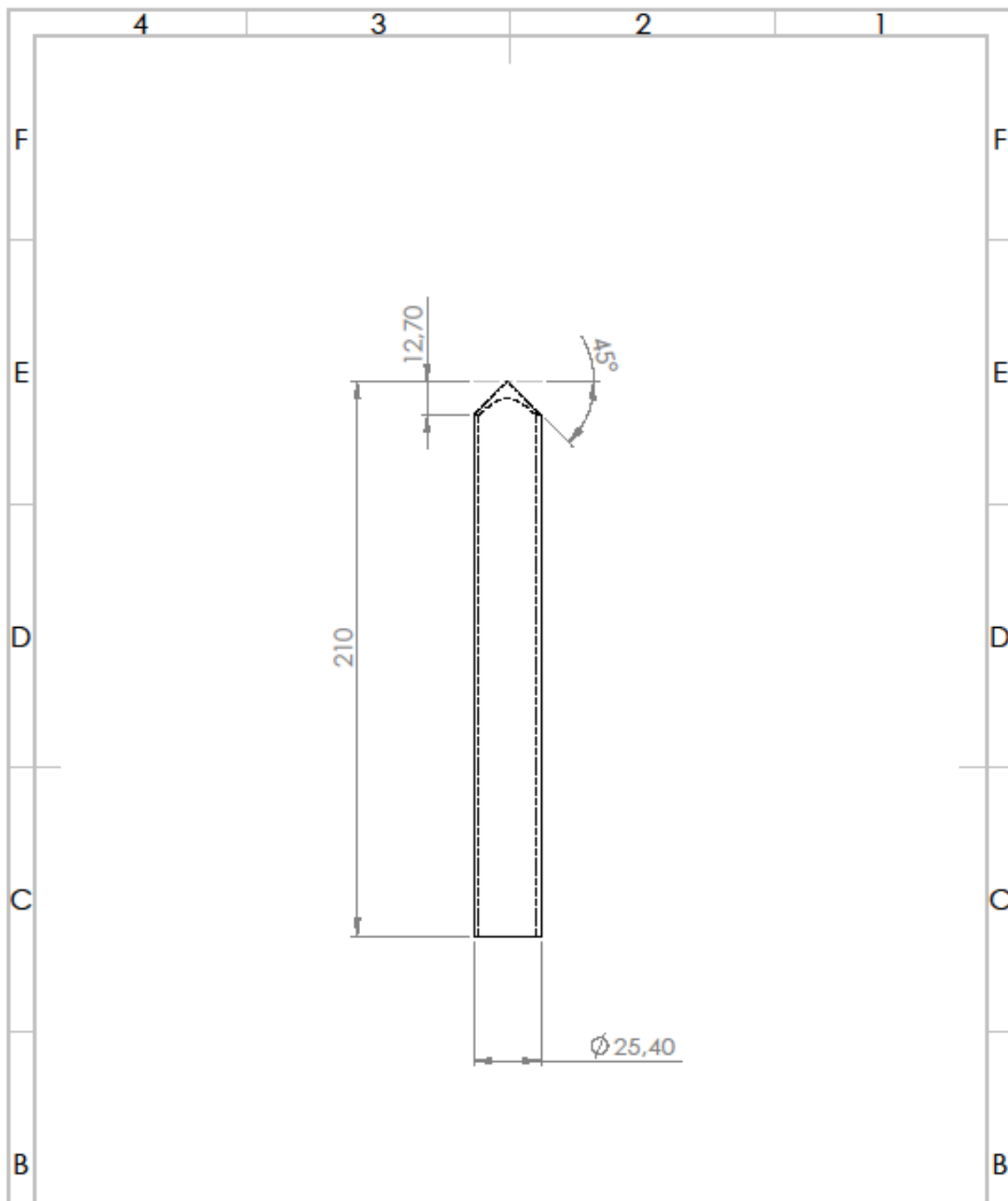
2

1



5	TUBO LATERAL DIREITO/ESQUERDO	02	PÇ	001.005
5	TUBO REFORÇO DIREITO/ESQUERDO	02	PÇ	001.004
4	GANCHEIRA TRASEIRA	02	PÇ	001.006 (CORTE LASER)
3	TUBO FRONTAL	01	PÇ	001.001
2	TUBO TRASEIRO	01	PÇ	001.003
1	TUBO CX. INTERNO	01	PÇ	001.002
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.	UNIDADE	OBSERVAÇÃO

SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: ± 5 ANGULAR: ± 5°		ACABAMENTO:	NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	1
NOME	ASSINATURA	DATA	TÍTULO: ESTRUTURA			
DESEN.	RBAMAR		DES. Nº 001.000			
VERIF.			A3			
APROV.			MATERIAL: AÇO INOX			
MANUF.			PESO:			
QUALID.			ESCALA: 1:10			
			FOLHA 1 DE 1			



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS:
LINEAR: ± 0.3
ANGULAR: $\pm 3^\circ$

ACABAMENTO:



NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

1

	NOME	ASSINATURA	DATA	
DESN.	REBAMAR			
VERIF.				
APROV.				
MANUF.				
QUALIC.				

título:

**TUBO CX.
DIREÇÃO INTERNO**

DES. Nº

001.002

A4

MATERIAL:

TUBO AÇO INOX 1"
e=1,2 mm; L=210 mm

PESO:

ESCALA:1:2

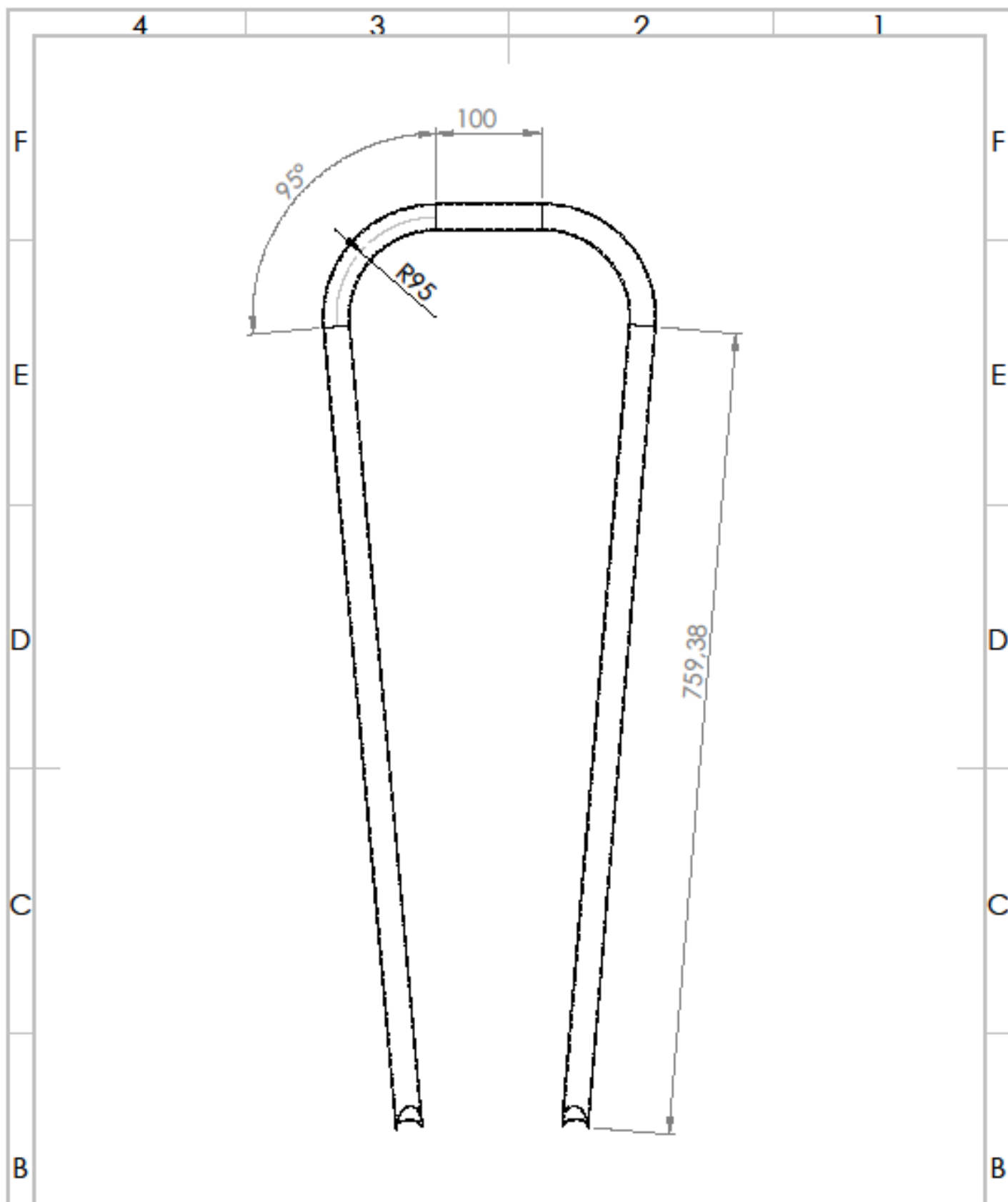
FOHA 1 DE 1

4

3

2

1



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOURÂNCIAS:
LINEAR: ± 3
ANGULAR: $\pm 3^\circ$

ACABAMENTO:



NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

1

	NOME	ASSINATURA	DATA		
DESEN.	RBAMAR				
VERIF.					
APROV.					
MANUF.					
QUALIC.					
				MATERIAL:	
				TUBO AÇO INOX 1"	
				e=1,2 mm; L=1950 mm	
				PESO:	

título:

TUBO TRASEIRO

DES. Nº

001.003

A4

ESCALA:1:5

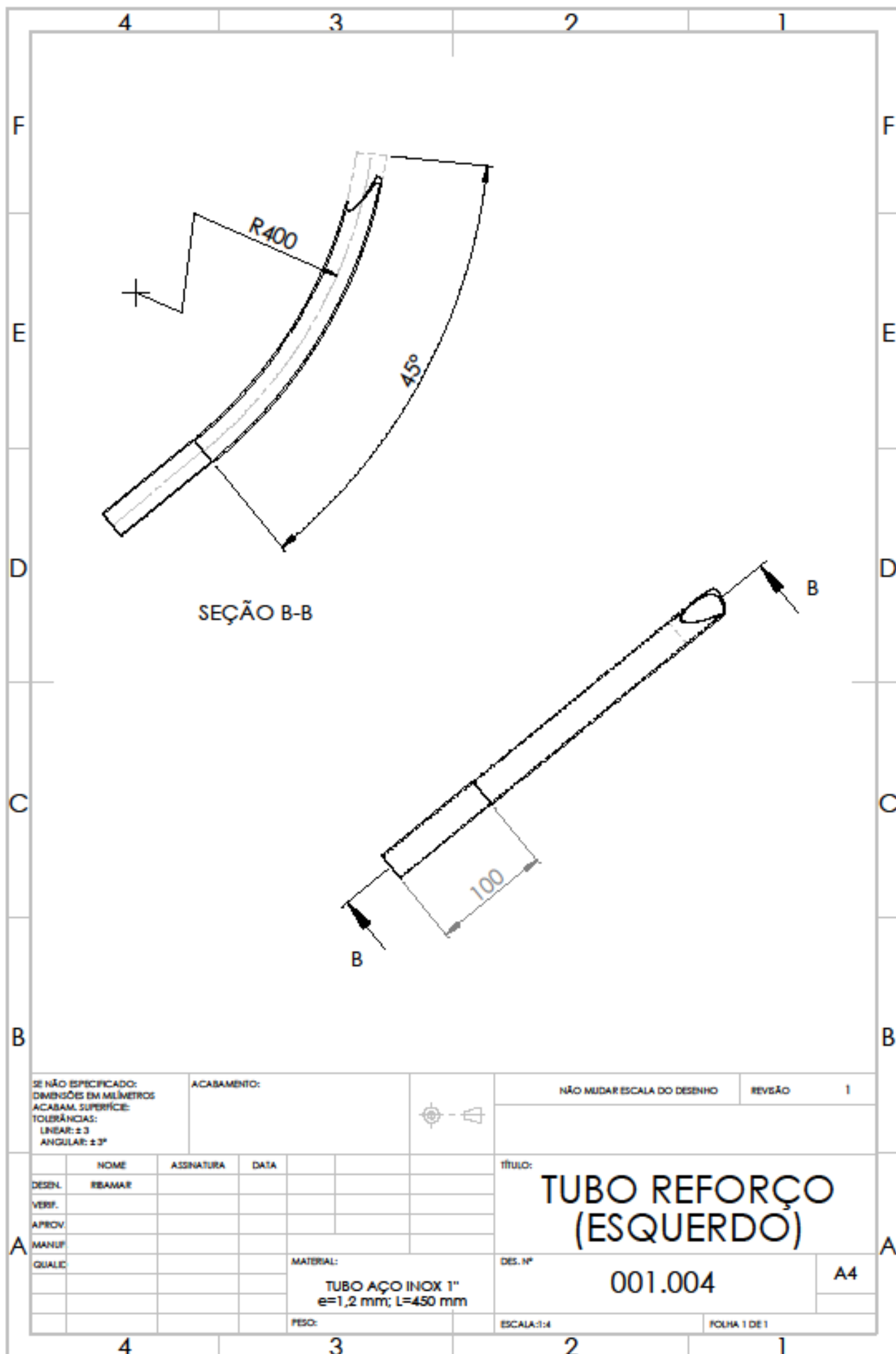
FOLHA 1 DE 1

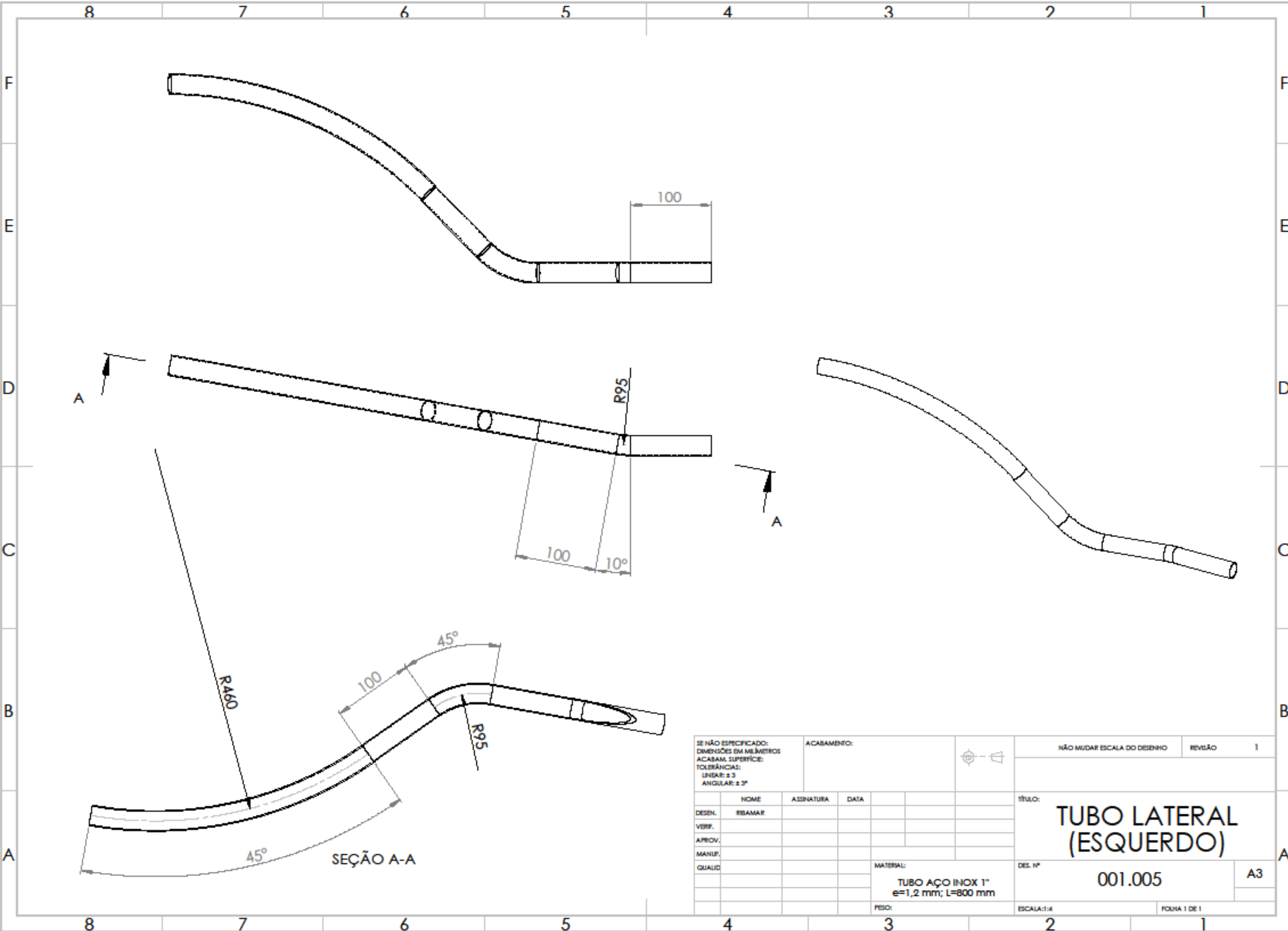
4

3

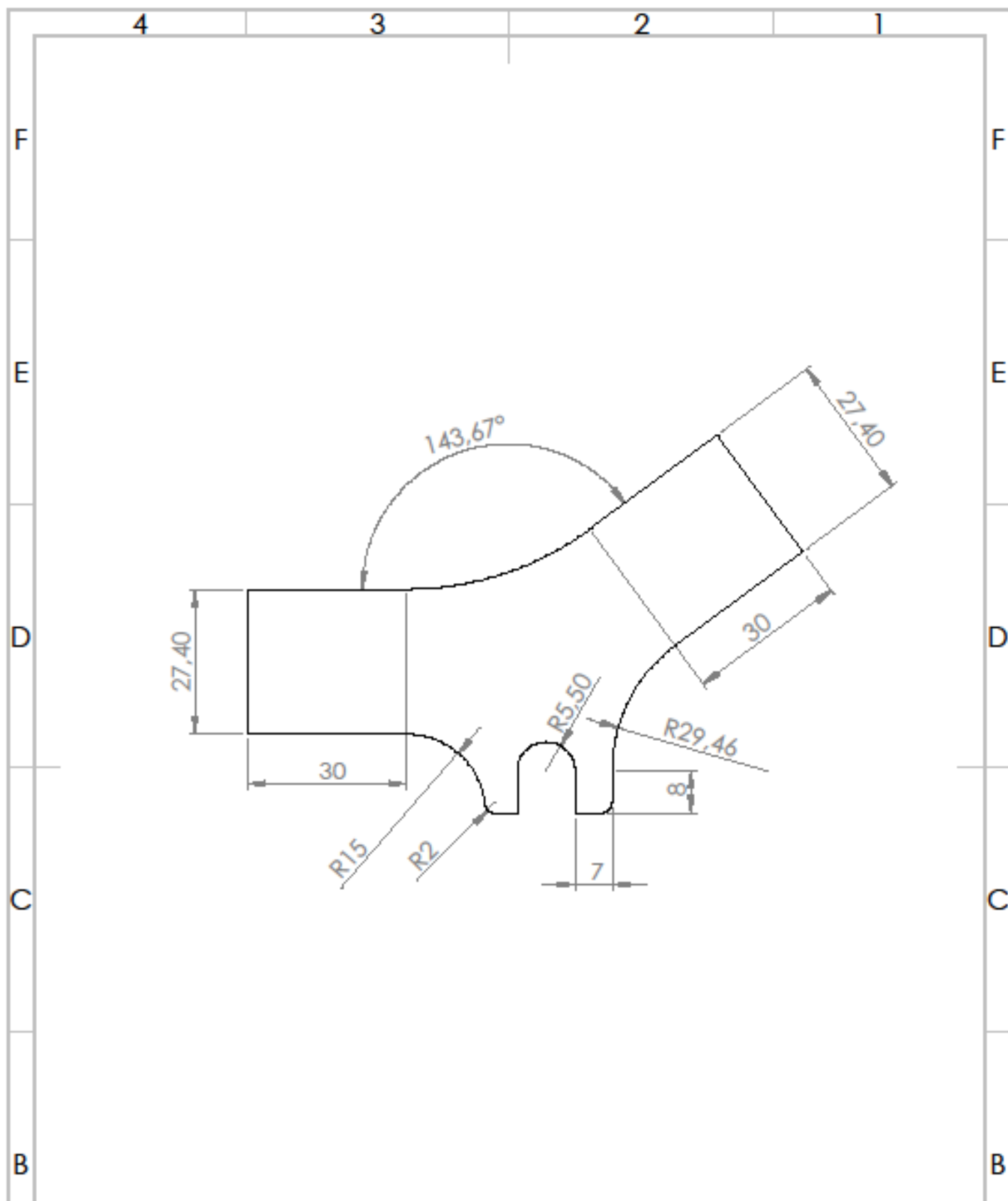
2

1





SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: ± 0,3 ANGULAR: ± 3°		ACABAMENTO:		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	1
NOME		ASSINATURA	DATA	TÍTULO:		TUBO LATERAL (ESQUERDO)	
DESEN.	RBAMAR			DES. Nº		001.005	A3
VERIF.				MATERIAL:		TUBO AÇO INOX 1" e=1,2 mm; L=800 mm	
APROV.				PESO:		ESCALA: 1:14	
MANUF.				FOIA 1 DE 1			
QUALID.							



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLEIRÂNCIAS:
LINEAR: $\pm 0,5$
ANGULAR:

ACABAMENTO:



NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

3

	NOME	ASSINATURA	DATA		
DESN.	REBAMAR				
VERIF.					
APROV.					
MANUF.					
QUALIC.					
				MATERIAL:	
				CHAPA AÇO INOX 304 5mm	
				PESO:	

TÍTULO:

**GANCHEIRA
TRASEIRA**

DES. Nº

001.006

A4

ESCALA: 1:1

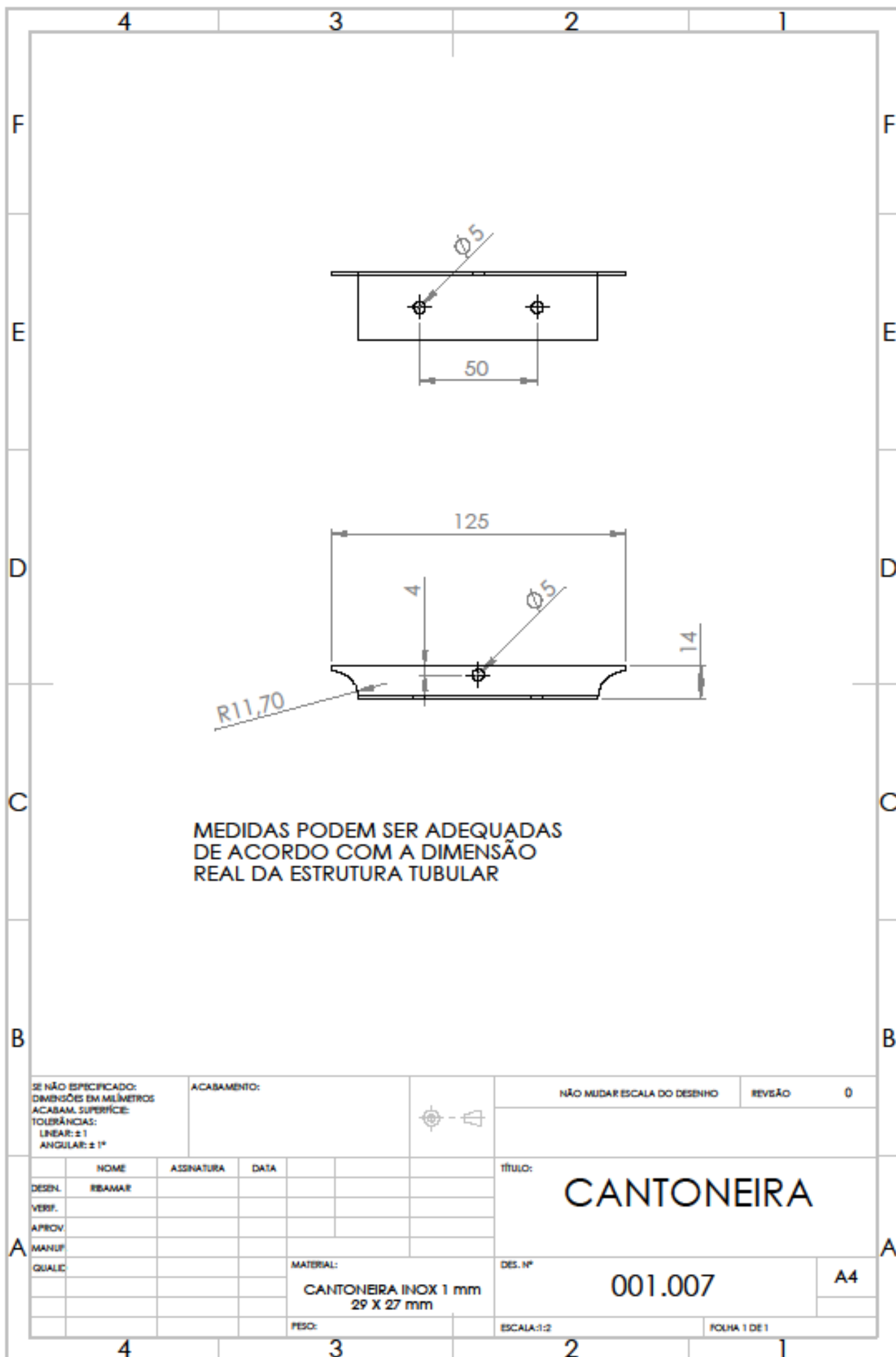
FOLHA 1 DE 1

4

3

2

1



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS:
LINEAR: ± 1
ANGULAR: $\pm 1^\circ$

ACABAMENTO:



NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

0

	NOME	ASSINATURA	DATA		
DESEN.	REBAMAR				
VERIF.					
APROV.					
MANUF.					
QUALIC.					
				MATERIAL:	
				CANTONEIRA INOX 1 mm	
				29 X 27 mm	
				PESO:	

TÍTULO:

CANTONEIRA

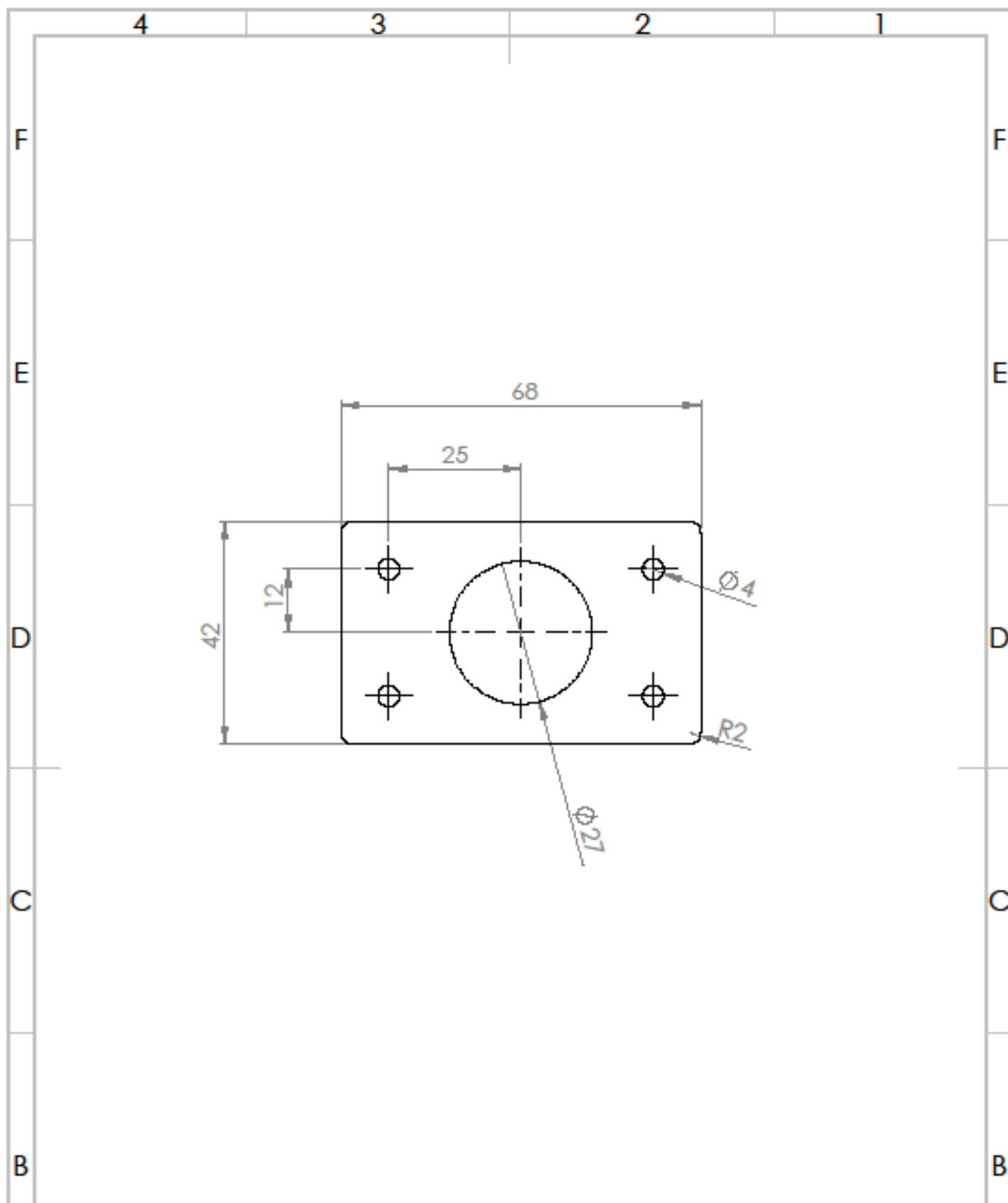
DES. Nº

001.007

A4

ESCALA: 1:2

FOLHA 1 DE 1



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS:
LINEAR: $\pm 0,5$
ANGULAR:

ACABAMENTO:



NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

0

	NOME	ASSINATURA	DATA	
DESEN.	REBAMAR			
VERIF.				
APROV.				
MANUF.				
QUALIC.				

título:

**CHAPA APOIO
RACK**

DES. Nº

002.001

A4

MATERIAL:

CHAPA INOX nº 16
(1,55 mm)

PESO:

ESCALA: 1:1

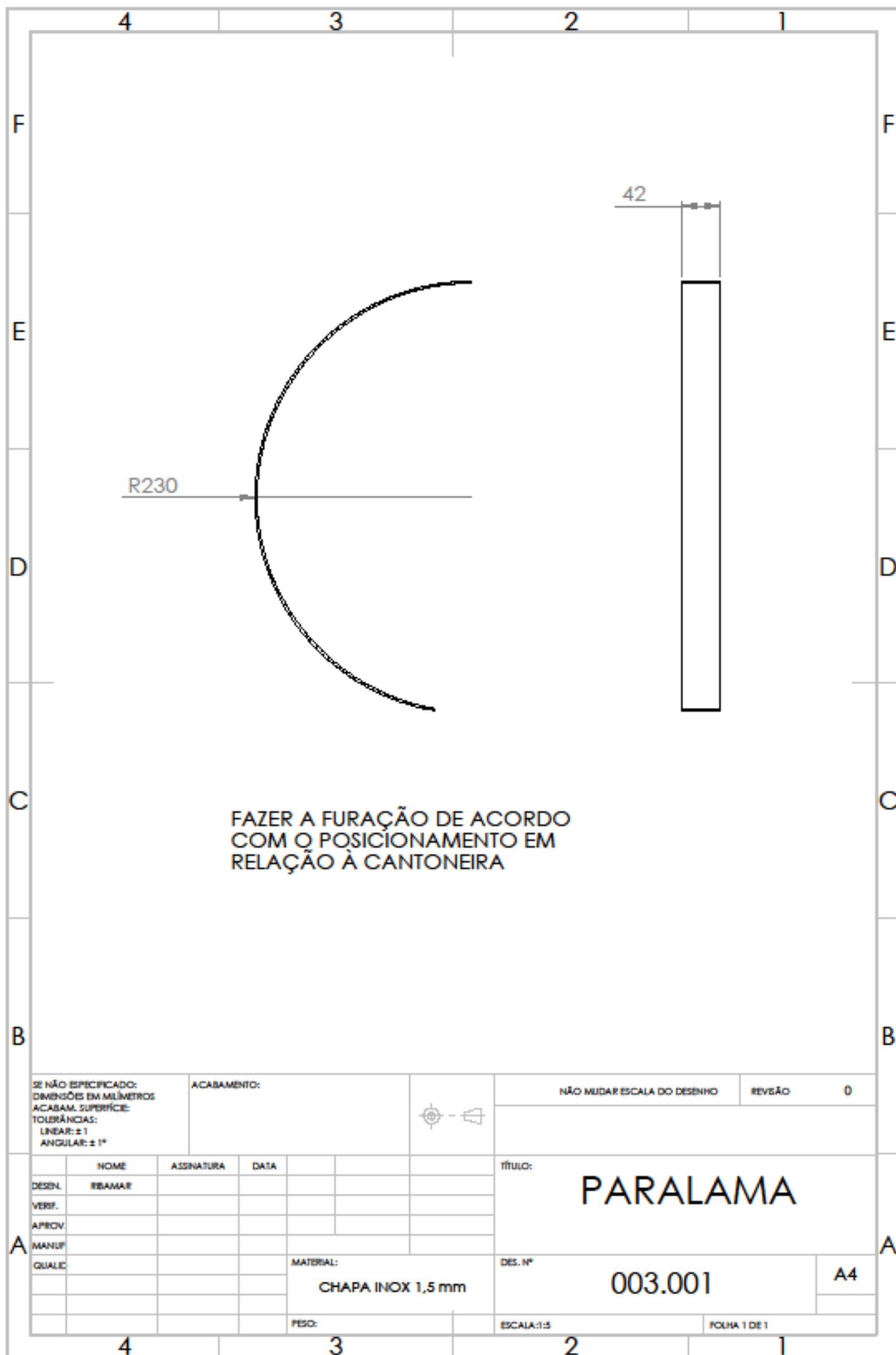
FOLHA 1 DE 1

4

3

2

1



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS:
LINEAR: ± 1
ANGULAR: $\pm 1^\circ$

ACABAMENTO:



NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

0

	NOME	ASSINATURA	DATA		
DESEN.	EBAMAR				
VERIF.					
APROV.					
MANUF.					
QUALIC.					
				MATERIAL:	
				CHAPA INOX 1,5 mm	
				PESO:	

título:

PARALAMA

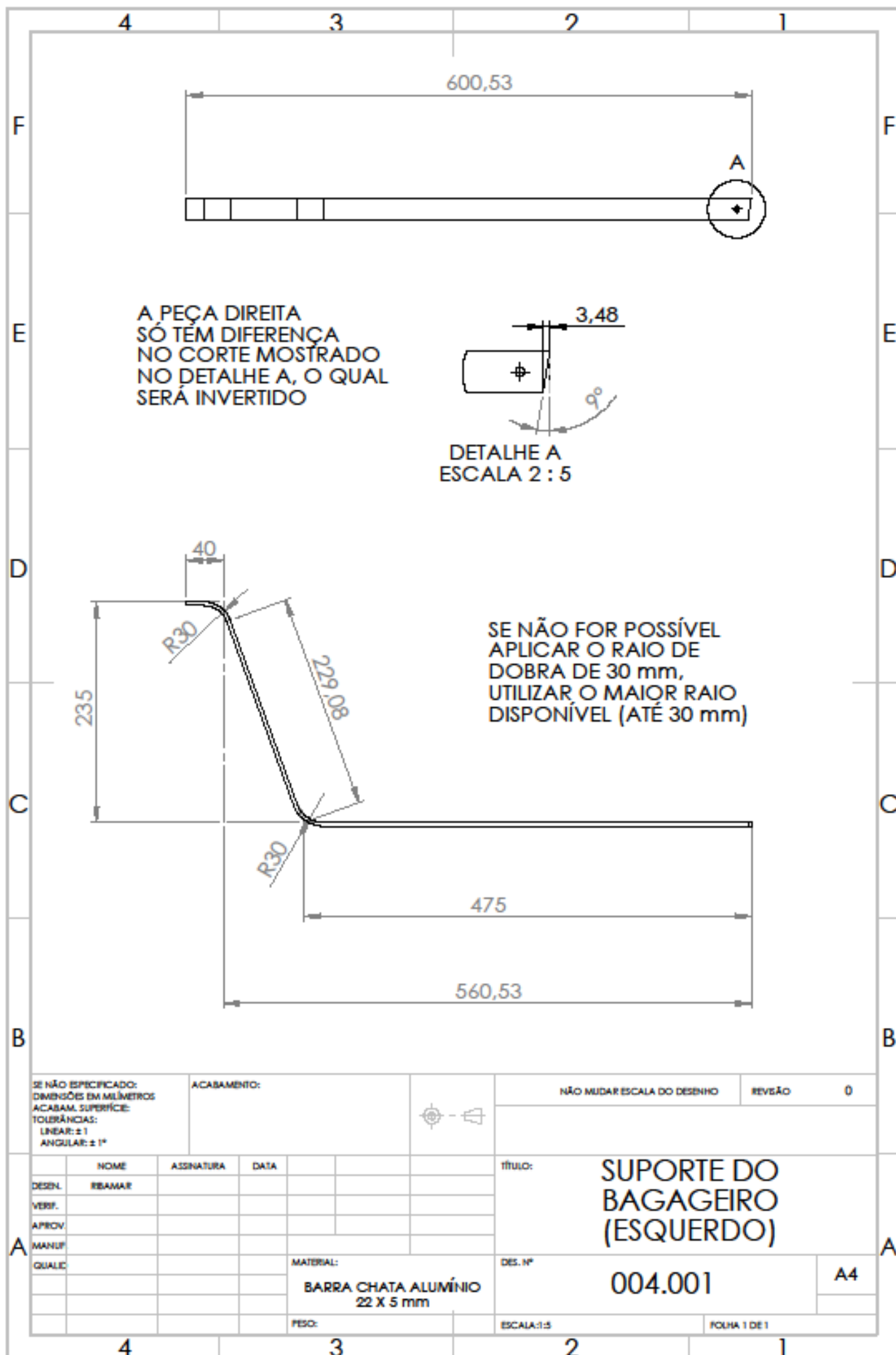
DES. Nº

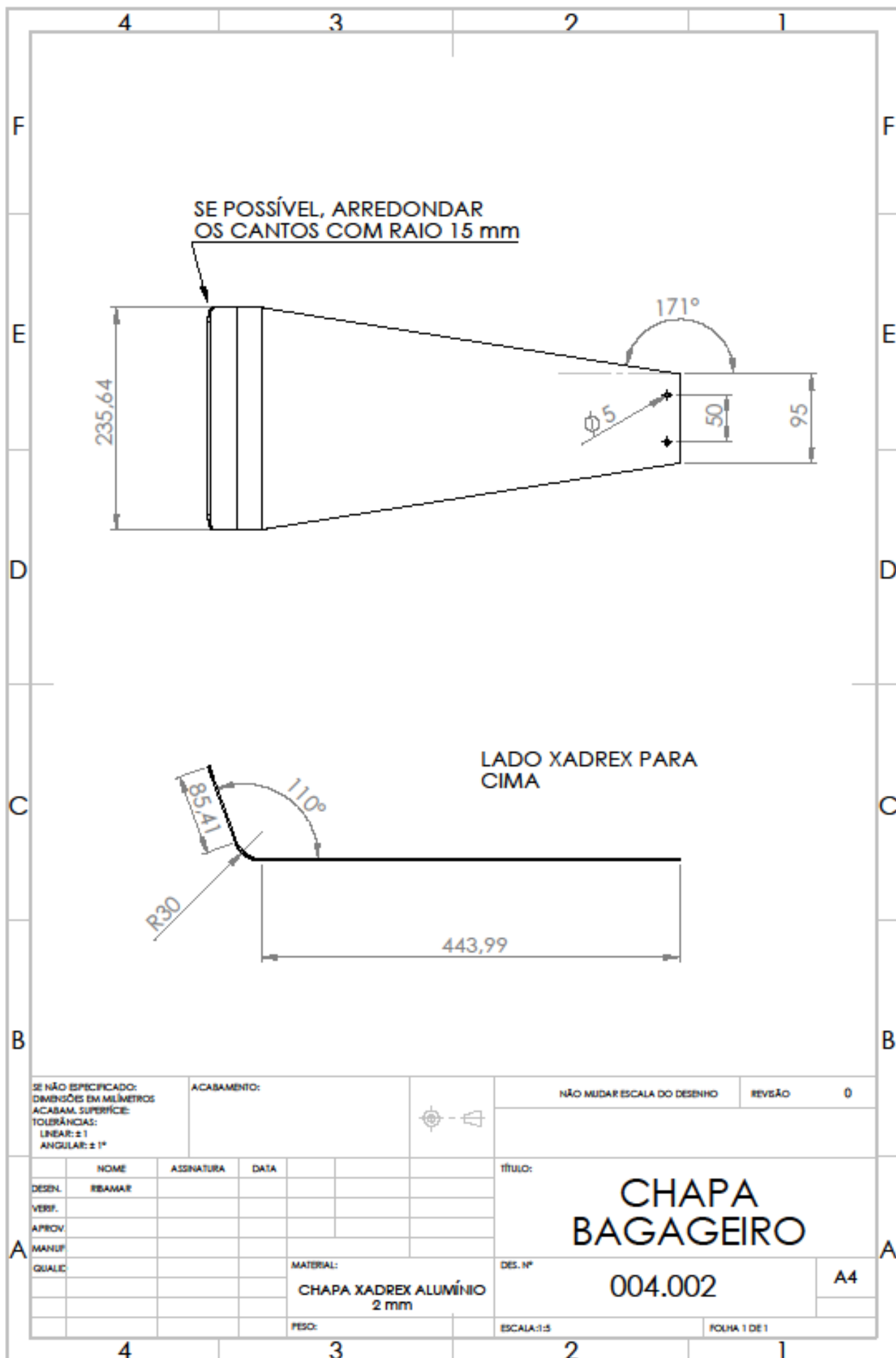
003.001

A4

ESCALA:1:5

FOLHA 1 DE 1





APÊNDICE J – LISTA DOS PRESTADORES DE SERVIÇOS CONTATADOS

Este apêndice apresenta a listagem das empresas contatadas durante a etapa de desenvolvimento de fornecedores.

FORNECEDOR	CIDADE	UF	CNC	MATERIAL	TELEFONE	E-MAIL
Martiaço	Colombo	PR	Sim		(41) 3675-6627	contato@martiaco.com.br
Colombaço	Colombo	PR			(41) 3537-4100	comercial@colombaco.com.br
Ronafer	Pinhais	PR	Sim		(41) 3667-2721	ronafer@ronafer.com.br
Palma	Pinhais	PR			(41) 3033-7997	
Startubos	Curitiba	PR		Sim	(41) 3377-3545	contato@proiap.com.br
Stcurvas	Curitiba	PR			(41) 3272-4950	contato@stcurvas.com.br
AJX	Curitiba	PR			(41) 3039-2054 / (41) 8535-6300	
HANSA-FLEX	Curitiba	PR			(41) 3311-6350	bcf@hansa-flex.com
Leas	Joinville	SC	Sim		(47) 3026-7520 / (47) 3028-7520	leas@leas.com.br
Laserville	Joinville	SC	Sim		(47) 3027-4012	
Comin	Chopinzinho	PR			(46) 3242-1204	atendimento@comin.ind.br
Tabano	São Paulo	SP	Sim		(11) 2345-5887 / (11) 3384-1387	curvas@tabano.com.br
Piovezana	São Paulo	SP	Sim		(11) 2542-3236	contato@curvamentodetubo.com.br
Aramel	Diadema	SP	Sim	Sim	(11) 4091-1599	contato@servicosdobradetubos.com.br
Caldeiraria da Gama	Mairiporã	SP			(11) 4063-8994	vendas@grupodagama.com.br
Projecurva	Guarulhos	SP	Sim		(11) 2303-0651 / (11) 2303-0661	projecurva@terra.com.br
Usitubos	Nova Odessa	SP	Sim		(19) 3478-6522 / 99831-5037	comercial@usitubos.com.br
Céu Azul	Sorocaba	SP			(15) 2101-3499	jefferson.santos@ceuazul.ind.br
Moretti	Bauru	SP			(14) 3203-8388 / (14) 99715-4361	contato@arcoecurvamoretti.com.br
Arte Tubos	Bauru	SP	Sim		(14) 3203-5056 / (14) 3011-6611	contato@artetubos.com.br
Alpino	Jundiá	SP	Sim		(11) 4815-9100	vendas@alpino.com.br
F.A. Barbosa	Mogi Mirim	SP	Sim		(19) 3862-2189 / (19) 3804-2344	comercial@fabarosa.com.br
Curvaflex	Caxias do Sul	RS	Sim		(54) 3227-3541	curvaflex@curvaflex.com.br
Plurimetal	Santa Maria	RS	Sim		(55) 3213-4100	contato@plurimetal.com.br

Quadro 7 – Lista dos prestadores de serviços contatados

APÊNDICE K – ANÁLISE DO CUSTO UNITÁRIO DE FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO

Este apêndice demonstra os custos de matéria-prima, componentes comerciais e mão-de-obra envolvidos na fabricação do protótipo.

NÍVEL	DESCRIÇÃO	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	QUANTIDADE	CUSTO MATÉRIA PRIMA (PARCIAIS) (R\$)	MÃO DE OBRA (RS)	CUSTO UNIT. SS (R\$)
1	Estrutura Principal	pç		1		108,68	738,68
1.1	Tubo Inox 1" 1,2 mm	m	15,00	5,16	77,40		
1.2	Gancheira Traseira	pç		2	2,04	15,00	17,04
1.2.1	Chapa Inox 5 mm	kg	17,00	0,12	2,04		
1.3	Cantoneira Inox 25X25 mm 1,0 mm	m	12,00	0,1	1,20		
1.4	Reforço Bipartido	pç		1	26,00		
1.4.1	Peça em ABS	pç	20,00	1	20,00		
1.4.2	Parafuso Allen Inox M5 40mm	pç	1,10	4	4,40		
1.4.3	Porca Inox M5	pç	0,30	4	1,20		
1.4.4	Arruela Lisa Inox M5	pç	0,10	4	0,40		
2	Roda 16" completa	pç		1	64,02		64,02
2.1	Roda 16" de alumínio enraida	pç	29,10	1	29,10		
2.2	Pneu cravado 16"	pç	23,28	1	23,28		
2.3	Câmera 16"	pç	11,64	1	11,64		
3	Garfo	pç		1		113,52	333,52
3.1	Tubo Inox 1" 1,2 mm	m	15,00	1,9	28,50		
3.2	Gancheira Frontal	pç		2	1,36	10,00	11,36
3.2.1	Chapa Inox 5 mm	kg	17,00	0,08	1,36		
3.3	Tubo Inox 1.5/16" 1 mm	m	17,00	0,135	2,30		
3.4	Caixa de direção	pç	80,00	1	80,00		

Quadro 8 – Descritivo dos custos de produção dos SSCs do protótipo (continua)

4		Bagageiro	pç		1		36,40		20,00	56,40
4.1		Chapa Xadrez Alumínio 2mm	kg	22,00	0,7	15,40				
4.2		Barra Retangular Alumínio 22X5 mm	m	10,00	1,5	15,00				
4.3		Parafuso Allen Inox M5 40mm	pç	1,10	2	2,20				
4.4		Porca Inox M5	pç	0,30	2	0,60				
4.5		Arruela Lisa Inox M5	pç	0,10	2	0,20				
4.6		Parafuso Allen Inox M6 15mm	pç	0,95	2	1,90				
4.7		Porca Inox M6	pç	0,35	2	0,70				
4.8		Arruela Lisa Inox M6	pç	0,20	2	0,40				
5		Suporte da prancha (Rack)	pç		2			118,59	5,00	133,59
5.1		Perfil Alumínio com reforço	m	8,00	0,6	4,80				
5.2		Abraçadeira Inox 1"	pç	45,00	2	90,00				
5.4		Chapa de suporte completa	pç		2		9,80		5,00	14,80
5.4.1		Chapa Inox 1,5 mm	kg	17,00	0,035	0,60				
5.4.2		Meia Luva Inox 1/2" BSP	pç	8,75	1	8,75				
5.4.3		Lençol de borracha 3X 1200 mm	m2	150,00	0,003	0,45				
5.5		Perfil PET adesivado 6x110 mm	m	7,00	0,6	4,20				
6		Para-lama	pç		1		7,45		8,00	15,45
6.1		Chapa Inox 1,5 mm	kg	17,00	0,35	5,95				
6.2		Parafuso Allen Inox M6 15mm	pç	0,95	1	0,95				
6.3		Porca Inox M6	pç	0,35	1	0,35				
6.4		Arruela Lisa Inox M6	pç	0,20	1	0,20				
	3.5	Quick release com bucha	pç	170,00	1	170,00				170,00
CUSTO UNITÁRIO TOTAL DO PRODUTO										1645,25

Quadro 8 – Descritivo dos custos de produção dos SSCs do protótipo (conclusão)

ANEXO I – DADOS DE ACELERAÇÃO UTILIZADOS

Table 5. Acceleration tests performed on flat pavement.

Bicycle	Raw Mean f (g)	Corrected Mean f (g)	Peak Velocity (KPH)
Diamondback (Asphalt)	0.11	0.12	28.69
Diamondback (Portland Concrete, Casual)*	0.07	0.08	16.79
Ellsworth (Asphalt)	0.13	0.14	36.42
Ellsworth (Portland concrete)	0.13	0.14	31.41
GT (Asphalt)	0.12	0.13	29.31
GT (Portland concrete)	0.11	0.12	30.14
Fondriest Run #1 (Asphalt)	0.14	0.15	35.86
Fondriest Run #2 (Asphalt)	0.14	0.15	35.76
Fondriest (Portland concrete)	0.14	0.15	36.84
KOCCAK (Asphalt)	0.14	0.15	37.01
KOCCAK (Portland concrete)	0.12	0.13	34.28
Specialized (Portland concrete)	0.09	0.10	29.00
Univega (Asphalt)	0.12	0.13	32.73
Univega (Asphalt)	0.13	0.12	29.10
Univega (Portland concrete)	0.12	0.13	33.31
Mean (*not including casual Diamondback test)	0.12	0.13	32.85

Table 8. Brake tests performed on flat asphalt.

Bicycle	Raw Mean f (g)	Corrected Mean f (g)	Standard Deviation
<i>Asphalt brake tests using both brakes</i>			
Diamondback	-0.39	-0.40	0.11
Ellsworth	-0.46	-0.47	0.23
Fondriest	-0.39	-0.40	0.13
GT	-0.47	-0.48	0.14
KOCCAK	-0.48	-0.49	0.14
Specialized	-0.36	-0.37	0.19
Univega	-0.49	-0.50	0.14
Mean	-0.43	-0.44	0.15
<i>Asphalt brake tests using only the front brake</i>			
Diamondback	-0.35	-0.36	0.11
Ellsworth	-0.37	-0.38	0.20
Fondriest	-0.37	-0.38	0.15
GT	-0.33	-0.34	0.13
KOCCAK	-0.35	-0.36	0.11
Specialized	-0.28	-0.29	0.10
Univega	-0.41	-0.42	0.18
Mean	-0.35	-0.36	0.14
<i>Asphalt brake tests using only the rear brake</i>			
Diamondback	-0.28	-0.29	0.07
Ellsworth	-0.31	-0.32	0.10
Fondriest	-0.26	-0.27	0.09
GT	-0.26	-0.27	0.08
KOCCAK	-0.27	-0.28	0.08
Specialized	-0.26	-0.27	0.09
Univega	-0.29	-0.30	0.06
Mean	-0.28	-0.29	0.08