

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

FELIPE FERREIRA FREITAS  
KAZUO RAFAEL MATSUBARA  
PEDRO AUGUSTO PEREIRA BASILE

**DESENVOLVIMENTO DE PROJETO E PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO  
PARA ARMAZENAMENTO DE BICICLETAS NO  
INTERIOR DE RESIDÊNCIAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2017

FELIPE FERREIRA FREITAS  
KAZUO RAFAEL MATSUBARA  
PEDRO AUGUSTO PEREIRA BASILE

**DESENVOLVIMENTO DE PROJETO E PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO  
PARA ARMAZENAMENTO DE BICICLETAS NO  
INTERIOR DE RESIDÊNCIAS**

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 APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa "DESENVOLVIMENTO DE PROJETO E PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO PARA ARMAZENAMENTO DE BICICLETAS NO INTERIOR DE RESIDÊNCIAS", realizado pelos alunos Felipe Ferreira Freitas, Kazuo Rafael Matsubara e Pedro Augusto Pereira Basile, como requisito 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.  
DAMEC, UTFPR Orientador

Profa. Carla Cristina Amodio Estorilio, Ph.D.  
DAMEC, UTFPR  
Avaliado

Prof. David Kretschek, Me.  
DAMEC, UTFPR  
Avaliador

Curitiba, 04 de julho de 2017.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos, primeiramente, aos nossos pais pelo incondicional apoio e pelos conhecimentos e virtudes passados ao longo de nossa educação.

Ao nosso professor orientador, Carlos Cziulik, pela incansável dedicação e excelente condução que deu ao presente trabalho, não medindo esforços em auxiliarnos e incentivar à alcançarmos os conhecimentos necessários, não só para o presente trabalho, bem como para a vida profissional como engenheiros mecânicos.

Aos professores Carla Cristina Amódio Estorilio e David Kretschek, pelos conselhos, recomendações e incentivos dados aos membros da equipe.

À Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional e à Pró-Reitoria de Relações Empresariais e Comunitárias da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pelo Apoio à Execução de Trabalhos de Conclusão de Curso – Edital de Fomento 002/2017.

Ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e seu corpo docente, por todo conhecimento repassado à nós ao longo do curso, além das virtudes, que contribuirão para o nosso desenvolvimento como cidadãos perante à sociedade.

## RESUMO

BASILE, Pedro Augusto Pereira; FREITAS, Felipe Ferreira; MATSUBARA, Kazuo Rafael. **Desenvolvimento de projeto e protótipo de dispositivo para armazenamento de bicicletas no interior de residências.** 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

O uso da bicicleta vem sendo amplamente difundido em todo o país. A este crescimento no uso, está associado um aumento no número de furtos, o que leva uma parcela de usuários a preferir armazená-las em suas residências. Entretanto, essa armazenagem apresenta dificuldades, dadas a falta de espaço e a carência de dispositivos específicos. Para tentar superar essas limitações, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um dispositivo para armazenamento de bicicletas. O trabalho adota uma metodologia pautada no *Design Thinking* (DT), prevendo que usuários participem das etapas de desenvolvimento do produto; inicialmente, com entrevistas, e, ao final, testando os protótipos e fornecendo dados de retorno. Foram desenvolvidos grupos de conceitos, que, após refinamento, conforme a metodologia empregada, resultaram em oito modelos iniciais. Estes, passaram por um aperfeiçoamento iterativo, até a convergência para uma solução robusta e confiável. Orientado pelos Propagadores de Restrição, o Projeto Preliminar foi então desenvolvido, sendo que esta etapa se encerrou com o leiaute detalhado do conjunto, juntamente com a identificação dos componentes. Um protótipo final foi construído, utilizando técnicas de fabricação digital. Os testes realizados neste protótipo revelam que o sistema facilita o manuseio da bicicleta em seu armazenamento, traz economia de espaço no interior da residência e integra-se à decoração da residência de forma harmoniosa. Os resultados comprovaram que a abordagem metodológica *Design Thinking* teve grande influência na aceitação da solução proposta.

**Palavras-chave:** bicicleta; armazenamento; *design thinking*; HCD.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bicicletário residencial. ....	19
Figura 2 - Exemplo de armazenamento de bicicleta. ....	20
Figura 3 - As fases do HCD e seu funcionamento. ....	22
Figura 4 - Ciclo iterativo do Design Thinking. ....	23
Figura 5 - Inspiração: Excerto da estrutura de trabalho proposta. ....	24
Figura 6 - Ideação: Excerto da estrutura de trabalho proposta. ....	25
Figura 7 - Implementação: excerto da estrutura de trabalho proposta. ....	26
Figura 8 - Entrevista no posto de pedágio BR 277. ....	30
Figura 9 - Vivências da Equipe (Fase de Inspiração). ....	32
Figura 10 - Lojas voltadas ao Ciclismo. ....	33
Figura 11 - Acessórios para Bicicleta. ....	33
Figura 12 - Transporte de Bicicleta. ....	34
Figura 13 - Exemplos de bicicletas básicas. ....	39
Figura 14 - Exemplo de bicicleta para mobilidade urbana. ....	39
Figura 15 - Exemplo de bicicleta de lazer. ....	40
Figura 16 - Exemplo de uma bicicleta de montanha. ....	40
Figura 17 - Exemplo de bicicleta estradeira. ....	41
Figura 18 - Consumo anual de drywall no Brasil (milhões de m <sup>2</sup> ). ....	42
Figura 19 – Ilustração geral do quadro visual da equipe. ....	44
Figura 20 - Ciclo de Iteração. ....	47
Figura 21 - Perguntas-Gatilho. ....	48
Figura 22 - Pino Passante no Bambu. ....	53
Figura 23 - Cubo em madeira revestido com borracha. ....	54
Figura 24 – Modelo de Fixação do Teto ao Chão. ....	55
Figura 25 - Modelo teto ao chão em escala. ....	56
Figura 26 - Incompatibilidade de Modelo 2. ....	57
Figura 27 - Modelo 4: Articulado. ....	58
Figura 28 - Experimento Análogo. ....	59
Figura 29 - Modelo de Braço Articulado. ....	60
Figura 30 - Modelo em LEGO. ....	62
Figura 31 - Fabricação do Modelo 6. ....	63
Figura 32 - Experimento com Modelo. ....	64

Figura 33 - Modelo 6 Instalado.....	65
Figura 34 - Modelo 7 instalado.....	66
Figura 35 - Modelo 8.....	68
Figura 36 - Dois Pistões Instalados.....	69
Figura 37 - Força descendente exercida.....	69
Figura 38 - Elevação automática.....	70
Figura 39 - Função de trava.....	71
Figura 40 – Somente um pistão instalado.....	71
Figura 41 – Estrutura com hastes laterais.....	74
Figura 42 - Blocação de Roda de Bicicleta adaptada.....	74
Figura 43 – Apoio de móveis com pino roscado.....	75
Figura 44 – Conjunto came.....	76
Figura 45 - Desenho esquemático do came.....	77
Figura 46 – Flambagem da estrutura.....	78
Figura 47 – Base do sistema.....	79
Figura 48 – Canal central na haste.....	80
Figura 49 – Detalhe da chapa de borracha.....	81
Figura 50 - Luva anti-deslizamento.....	81
Figura 51 – Armação acoplável.....	82
Figura 52 – Estrutura reformulada.....	83
Figura 53 - Estrutura instalada em pé-direito de 2,85m.....	84
Figura 54 – Experimento com padrão de furos.....	85
Figura 55 – Estrutura da base.....	86
Figura 56 – Protótipos desenvolvidos em madeira itaúba.....	87
Figura 57 - Dimensões dos modelos.....	87
Figura 58 – Posicionamento de bicicletas.....	88
Figura 59 – Estrutura em ambiente interno.....	89
Figura 60 – Visualização de esforços compressivos.....	90
Figura 61 – Dispositivos instalados em escritório compartilhado.....	91
Figura 62 – Braço basculante.....	92
Figura 63 – Braço basculante acoplado à estrutura vertical.....	93
Figura 64 – Braço basculante em compensado de madeira.....	94
Figura 65 – Esboço do perfil da chapa.....	95
Figura 66 – Fabricação da chapa de aço com 0,8mm.....	96

Figura 67 – Conjunto braço e estrutura vertical instalados. ....	97
Figura 68 – Trava fecho “papagaio”. ....	98
Figura 69 – Módulo do braço basculante montado. ....	99
Figura 70 – Conjunto instalado.....	100
Figura 71 - Esquema de funcionamento da trava.....	101
Figura 72 - Plano de corte da chapa. ....	101
Figura 73 – Estrutura da chapa montada. ....	102
Figura 74 – Módulo integrado a estrutura principal. ....	103
Figura 75 - Armação gancho e alça para usuário.....	103
Figura 76 – Conjunto instalado.....	104
Figura 77 - Armação com movimento oscilatório. ....	105
Figura 78 - Representação da chapa simplificada ....	105
Figura 79 - Condição auto-travante.....	106
Figura 80 - Desenho esquemático do suporte.....	109
Figura 81 - Modelo genérico.....	110
Figura 82 - Desenho esquemático do conjunto braço basculante.....	111
Figura 83 – Experimento de força com usuários. ....	111
Figura 84 - Terminações do Pistão Mola-Gás.....	117
Figura 85 - Desenho esquemático da seção ....	119
Figura 86 - Malha da simulação e o deslocamento na estrutura.....	121
Figura 87 - Resultados da simulação. ....	122
Figura 88 - Diagrama de corpo livre na base do suporte. ....	125
Figura 89 - Perfil U da chapa metálica. ....	127
Figura 90 - Resultado das simulações na chapa metálica. ....	129
Figura 91 - Modelo computacional. ....	132
Figura 92 - Modelo computacional com cenário.....	133
Figura 93 - Vista isométrica do modelo. ....	134
Figura 94 - Modelo em vista lateral. ....	135
Figura 95 – Disposição em chapa de compensado naval (2,20x1,60m). ....	137
Figura 96 - Componentes usinados ....	138
Figura 97 - Colagem de Componentes ....	138
Figura 98 - Detalhe do rebaixo e elastômero anti-deslizamento. ....	139
Figura 99 - Hastes Laterais e Came.....	140
Figura 100 - Montagem da Base .....	141



Figura 101 - Base da estrutura vertical. ....	141
Figura 102 - Película de borracha. ....	142
Figura 103 - Detalhes do Braço Basculante.....	142
Figura 104 - Armação do braço.....	143
Figura 105 - Alça para usuário. ....	143
Figura 106 - Chapa Usinada a Laser. ....	144
Figura 107 - Módulo Braço Basculante. ....	145
Figura 108 - Pino de Segurança.....	146
Figura 109 - Armação para bicicleta inferior.....	147
Figura 110 - Armação para bicicleta inferior instalada. ....	147
Figura 111 - Elastômero do topo da haste central.....	148
Figura 112 - Protótipo final instalado.....	149
Figura 113 - Disposição de bicicletas.....	154
Figura 114 - Interferência no posicionamento. ....	155
Figura 115 - Balança manual digital. ....	156
Figura 116 - Ação da força do usuário. ....	156
Figura 117 - Massa da bicicleta em teste. ....	157
Figura 118 - Teste de força do usuário. ....	157
Figura 119 - Teste de compressão.....	159
Figura 120 - Estrutura do trabalho.....	171
Figura 121 - Card sort, contexto geral. ....	173
Figura 122 - Card sort, contexto específico.....	173
Figura 123 - Categorização das ideias.....	178
Figura 124 – Constatações. ....	179
Figura 125 – Variáveis no conjunto braço basculante.....	187
Figura 126 – Gráfico de força de um amortecedor mola-gás. ....	188
Figura 127 – Forças envolvidas no amortecedor mola-gás.....	189
Figura 128 – Reações nos apoios.....	191
Figura 129 – Reações no sistema de fixação do teto ao chão. ....	193
Figura 130 – Sistema de fixação do teto ao chão. ....	194
Figura 131 – Forças de atrito envolvidas na estrutura. ....	195
Figura 132 – Esquema de travamento mecânico. ....	181
Figura 133 – Travamento com trava tipo papagaio. ....	182
Figura 134 – Travamento fecho toque. ....	183

Figura 135 – Esquema de travamento com pino.....	184
Figura 136 – Protótipo fabricado. ....	185
Figura 137 - Movimento autotravante via pistão 1.....	185
Figura 138 - Movimento autotravante com pistão 2. ....	186
Figura 139 - Despesas financeiras do projeto.....	199

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Local, perfil e número de usuários entrevistados. ....	30
Tabela 2- Local, perfil e número de especialistas entrevistados. ....	31
Tabela 3 - Atividades Análogas.....	34
Tabela 4 - Furtos e Roubos de Bicicletas no Estado do RJ em 2010. ....	37
Tabela 5 - Banco de Dados de Furtos e Roubos. ....	38
Tabela 6 - Número de apartamentos e classificação por área útil.....	41
Tabela 7 - Constatações da Equipe. ....	45
Tabela 8 - Soluções Iniciais.....	48
Tabela 9 – Propagadores de restrição. ....	107
Tabela 10 - Resultados teste de força com usuários. ....	112
Tabela 11 – Dimensões empregadas no módulo do braço basculante.....	112
Tabela 12 - Dados da seção geométrica para cálculos de flambagem. ....	119
Tabela 13 - Propriedades da malha. ....	121
Tabela 14 - Resultado das simulações no conjunto teto-chão. ....	124
Tabela 15 - Propriedades mecânicas do compensado naval. ....	125
Tabela 16 - Resultados do dimensionamento do eixo.....	126
Tabela 17 - Composição química do aço inoxidável AISI 304.....	128
Tabela 18 - Propriedades mecânicas do aço inoxidável AISI 304.....	128
Tabela 19 - Propriedades da malha. ....	128
Tabela 20 - Reações nos eixos do conjunto braço basculante. ....	129
Tabela 21 - Resultado das simulações e cálculo do CS. ....	130
Tabela 22 - Dados para o cálculo de flexão no eixo.....	130
Tabela 23 - Fluxo de instalação do dispositivo.....	149
Tabela 24 - Resultados do ensaio.....	158
Tabela 25 - Resultados do ensaio de compressão. ....	159
Tabela 26 - Modelo de perguntas.....	172
Tabela 27 - <i>Benchmarking</i> . ....	174
Tabela 28 - Soluções alternativas. ....	180
Tabela 29 – Resultados das simulações de flambagem. ....	196

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

$\beta$	Ângulo do braço
$\alpha$	Ângulo do pistão
A	Área
MTB	Bicicleta de montanha – Mountain Bike
$\mu$	Coefficiente de atrito
CS	Coefficiente de segurança
CNC	Controle numérico computadorizado
cos	Coseno
$\varepsilon$	Deformação
HCD	Design centrado no Ser Humano – Human Centered Design
DT	Design Thinking
Fat	Força de atrito
Gpa	Giga Pascal
Mpa	Mega Pascal
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
mm	milimetro
E	Módulo de elasticidade
M	Momento
I	Momento de inércia
N	Newton
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
Pa	Pascal

Pe	Pé direito
$\sigma_c$	Pressão de compressão
kg	Quilograma
$\text{kg/m}^3$	Quilograma por metro cúbico
kgf	Quilograma-força
RF	Razão de força
sen	Seno
tan	Tangente
$\tau_{m\acute{a}x}$	Tensão cisalhante máxima
$\sigma_e$	Tensão de escoamento a tração
$\sigma'$	Tensão de Von Mises

# SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
1.1.	Contexto do Tema .....	18
1.2.	Caracterização da Oportunidade.....	19
1.3.	Objetivos .....	20
1.3.1.	Objetivo Geral.....	20
1.3.2.	Objetivos Específicos .....	20
1.4.	Justificativa .....	21
1.5.	Abordagem Metodológica.....	21
1.5.1.	Fase de Inspiração .....	23
1.5.2.	Fase de Ideação .....	24
1.5.3.	Fase de Implementação .....	25
1.6.	Súmula do Capítulo .....	26
<b>2.</b>	<b>FASE DE INSPIRAÇÃO.....</b>	<b>27</b>
2.1.	Enquadramento do Desafio de Projeto.....	27
2.2.	Conhecimentos e Pressupostos .....	28
2.3.	Levantamento de Campo .....	28
2.3.1.	Pesquisa Primária.....	29
2.3.1.1.	Aprendiza do com Pessoas.....	29
2.3.1.2.	Especialistas .....	31
2.3.1.3.	Imersão no Contexto .....	31
2.3.1.4.	Inspiração Análoga.....	34
2.4.	Pesquisa Secundária.....	36
2.4.1.	Tendência de uso Crescente da bicicleta .....	36
2.4.2.	Risco de Furtos.....	37
2.4.2.1.	Tipos de Bicicleta .....	39

2.4.3.Informações Complementares .....	41
2.4.4.Benchmarking.....	42
<b>2.5. Súmula do Capítulo .....</b>	<b>43</b>
<b>3. FASE DE IDEAÇÃO.....</b>	<b>44</b>
<b>3.1. Síntese .....</b>	<b>44</b>
3.1.1.Aprendizado e Categorização.....	44
3.1.2.Constatações (Insights).....	45
3.1.3.Pergunta-Gatilho: “Como a Equipe Poderia” .....	46
<b>3.2. Prototipagem .....</b>	<b>47</b>
3.2.1.Geração de Ideias .....	47
3.2.2.Concepção e Avaliação de Protótipos .....	53
3.2.2.1.Modelo 1.....	53
3.2.2.2.Modelo 2.....	55
3.2.2.3.Modelo 3.....	57
3.2.2.4.Modelo 4.....	59
3.2.2.5.Modelo 5.....	61
3.2.2.6.Modelo 6.....	63
3.2.2.7.Modelo 7.....	66
3.2.2.8.Modelo 8.....	67
<b>3.3. Aperfeiçoamento das Concepções de Modelo .....</b>	<b>72</b>
3.3.1.Sistema de Fixação Teto ao Chão.....	73
3.3.1.1.Iteração de Fixação 1 .....	73
3.3.1.2.Iteração de Fixação 2.....	76
3.3.1.3.Iteração de Fixação 3 .....	78
3.3.1.4.Iteração de Fixação 4 .....	82
3.3.1.5.Iteração de Fixação 5 .....	85
3.3.2.Braço Basculante.....	92

3.3.2.1.	Iteração do Braço 1 .....	92
3.3.2.2.	Iteração do Braço 2 .....	93
3.3.2.3.	Iteração do Braço 3 .....	95
3.3.2.4.	Iteração do Braço 4 .....	97
3.3.2.5.	Iteração do Braço 4 .....	100
<b>3.3</b>	<b>Súmula do Capítulo .....</b>	<b>106</b>
<b>4.</b>	<b>PROJETO PRELIMINAR .....</b>	<b>107</b>
<b>4.1.</b>	<b>Propagadores de restrição .....</b>	<b>107</b>
<b>4.2.</b>	<b>Dimensionamentos .....</b>	<b>108</b>
4.2.1.	Considerações gerais .....	108
4.2.2.	Conjunto braço basculante .....	110
4.2.3.	Sistema de fixação do teto ao chão.....	117
4.2.3.1.	Seleção do Material.....	118
4.2.3.2.	Cálculo da força crítica de flambagem ( $P_{crítico}$ ) .....	118
4.2.3.3.	Simulações .....	120
4.2.4.	Dimensionamento do eixo da base.....	125
4.2.5.	Dimensionamento da chapa metálica .....	127
4.2.6.	Eixo do amortecedor mola-gás .....	130
<b>4.3.</b>	<b>Leiaute Final .....</b>	<b>131</b>
<b>4.4.</b>	<b>Súmula do Capítulo .....</b>	<b>136</b>
<b>5.</b>	<b>PROTÓTIPO FINAL .....</b>	<b>137</b>
<b>5.1.</b>	<b>Fabricação do Protótipo .....</b>	<b>137</b>
<b>5.2.</b>	<b>Procedimento de Instalação .....</b>	<b>149</b>
<b>5.3.</b>	<b>Validação e teste do protótipo .....</b>	<b>154</b>
5.3.1.	Testes .....	154
5.3.2.	Validações .....	160
<b>5.4.</b>	<b>Súmula do Capítulo .....</b>	<b>160</b>



<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>161</b>
6.1.	Conclusões .....	161
6.2.	Recomendações futuras .....	163
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>164</b>
	<b>APÊNDICE A – ESTRUTURA PROPOSTA DE TRABALHO</b> .....	<b>171</b>
	<b>APÊNDICE B – MÉTODO DE ENTREVISTA</b> .....	<b>172</b>
	<b>APÊNDICE C – FERRAMENTA CONJUNTO DE CARTAS</b> .....	<b>173</b>
	<b>APÊNDICE D - BENCHMARKING</b> .....	<b>174</b>
	<b>APÊNDICE E – CATEGORIZAÇÃO E PALAVRAS-CHAVE</b> .....	<b>177</b>
	<b>APÊNDICE F– CONSTATAÇÕES</b> .....	<b>179</b>
	<b>APÊNDICE G – SOLUÇÕES ALTERNATIVAS</b> .....	<b>180</b>
	<b>APÊNDICE H – DESENVOLVIMENTO DA TRAVA</b> .....	<b>181</b>
	<b>APÊNDICE I – CONJUNTO BRAÇO BASCULANTE</b> .....	<b>187</b>
	<b>APÊNDICE J - SIMULAÇÕES DO CONJUNTO TETO-CHÃO</b> .....	<b>196</b>
	<b>APÊNDICE K – DESENHO DE CONJUNTO E DETALHADO</b> .....	<b>198</b>
	<b>APENDICE L – DESPESAS FINANCEIRAS DA EQUIPE</b> Erro! Indicador não definido.	
	<b>ANEXO 1 – COMO ENQUADRAR O DESAFIO DE PROJETO</b> Erro! Indicador não definido.	
	<b>ANEXO 2 – SELEÇÃO DO ELASTÔMERO</b> ..... Erro! Indicador não definido.	

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Contexto do Tema

Os centros urbanos são caracterizados por grandes aglomerados populacionais, nos quais a quantidade elevada de automóveis traz como resultado congestionamentos, que somados à precariedade dos sistemas de transporte, tornam a mobilidade um tema de relevante preocupação. Além disso, o uso excessivo de automóveis acarreta consequências para o meio ambiente, o que implica na urgência da busca por novos meios de locomoção, que minimizem tais impactos e que contribuam para melhorar a qualidade de vida urbana (CEDE, 2015).

Nesse contexto, a bicicleta apresenta-se como uma alternativa de mobilidade nas cidades, pois responde às dificuldades de locomoção e configura-se como mais sustentável sob o ponto de vista ambiental. Diante desses benefícios, o número de usuários de bicicleta tem aumentado consideravelmente nos últimos anos. Segundo a Associação Nacional de Transportes Públicos, entre 2003 e 2014, o número de deslocamentos realizados com bicicleta no Brasil duplicou (ANTP, 2014). Vale destacar também que, além de meio de transporte, a bicicleta é utilizada para práticas desportivas e de lazer, o que torna o universo de usuários do equipamento ainda maior.

Ao mesmo tempo em que conquistam cada vez mais espaço e respeito no trânsito, o aumento do número de bicicletas pelas ruas exige que os ciclistas tenham que enfrentar maior número de furtos e roubos (KOWALSKI, 2014) o que torna o armazenamento destas uma preocupação constante. Sem opções seguras para armazenar a bicicleta, é comum que usuários as mantenham dentro de suas casas, evitando lugares menos seguros, como garagens e bicicletários coletivos. Apesar da maior segurança, as bicicletas ocupam muito espaço dentro das residências, o que cria dificuldade, especialmente nos casos em que os espaços são limitados.

Considerando esse cenário de crescente utilização de bicicletas e elevado número de usuários que optam por guardá-las dentro de suas residências, surge a oportunidade de desenvolvimento de um produto que possa otimizar a utilização do espaço, facilitando o armazenamento.

## 1.2. Caracterização da Oportunidade

Existe, por parte dos proprietários de bicicletas, a vontade e a necessidade de guardar seus equipamentos de ciclismo dentro de suas próprias residências. Esta motivação é consequência do receio quanto à segurança dos locais e/ou ocorrência de possíveis danos à bicicleta, como por exemplo, exposição ao tempo ou furtos e danos causados por terceiros. A Figura 1, exemplifica esta situação, demonstrando um grande número de bicicletas em um pequeno espaço, o que facilita eventuais danos às bicicletas ao movimentá-las.



**Figura 1 - Bicletário residencial. <sup>1</sup>**

Na atualidade, predominam nas grandes metrópoles residências relativamente pequenas, principalmente em decorrência do alto custo de vida urbana. De acordo com o Sindicato da Habitação e Condomínios de São Paulo (SECOVI, 2016), cerca de 78% dos imóveis vendidos na cidade de São Paulo no mês de julho de 2016 possuem até 65 m<sup>2</sup> de área útil.

Desta forma, alocar a bicicleta no interior da residência torna-se um transtorno, uma vez que o equipamento ocupa um espaço considerável, dificultando o deslocamento nos cômodos, conforme ilustrado na Figura 2.

Na tentativa de minimizar o problema apresentado acima, o proprietário opta por guardar a bicicleta em local que não atrapalhe a movimentação dos demais residentes. Entretanto, tal prática, acaba dificultando o manuseio do equipamento, em razão de seu peso e tamanho.

---

<sup>1</sup> Todas as figuras, tabelas e quadros sem indicação explícita da fonte, foram produzidas pela equipe.



**Figura 2 - Exemplo de armazenamento de bicicleta.**

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo Geral**

O objetivo geral do presente trabalho é desenvolver projeto e protótipo funcional de um dispositivo para armazenamento de bicicleta em ambientes interiores à residências, de maneira a otimizar o espaço e facilitar o manuseio da mesma.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

Para o desenvolvimento deste trabalho será necessário:

- a/ Caracterizar as atitudes e problemas dos proprietários de bicicletas frente ao seu armazenamento;
- b/ Caracterizar os domicílios da família brasileira, quanto à área e número de moradores;
- c/ Distinguir os tipos de bicicletas e suas características;
- d/ Verificar produtos voltados ao armazenamento de bicicletas já existentes no mercado;
- e/ Experimentar soluções junto aos proprietários de bicicleta.

#### 1.4. Justificativa

A falta de opções para armazenamento de bicicletas em residências que atenda ao crescente número de usuários propicia a oportunidade de desenvolvimento de um produto inovador.

No âmbito nacional, ainda existem problemas relacionados ao armazenamento de bicicletas. Ao desenvolver um produto que atenda a atual demanda mercadológica, os danos e riscos referentes ao armazenamento de bicicletas em bicicletários coletivos em residências tenderão a ser eliminados, bem como se aprimorará a integração da bicicleta aos ambientes internos, havendo assim uma relação harmoniosa entre equipamento e moradores.

O projeto proposto apresenta uma série de desafios para a engenharia mecânica: no que tange aos materiais, buscam-se materiais resistentes e leves; na área de mecanismos, trabalha-se com dimensionamento de articulações; na área de fabricação, pretende-se o desenvolvimento de protótipos (soldagem, usinagem); na área de mecânica dos sólidos, propõe-se o dimensionamento e simulações estruturais do produto.

#### 1.5. Abordagem Metodológica

Uma abordagem metodológica clássica, como por exemplo, a proposta por Pahl; Beitz (1996), evidencia em segundo plano a necessidade de interação intensa entre equipe de projeto e cliente, se atendo, principalmente, ao detalhamento técnico do projeto.

Desta forma, tomou-se como referência a metodologia *Design Thinking*, sob a abordagem do Design Centrado no ser Humano, (em inglês *Human-Centered Design* (HCD)). O HCD é uma abordagem que assegura o reconhecimento das preocupações, valores e percepções de todas as partes envolvidas no desenvolvimento do produto/serviço.

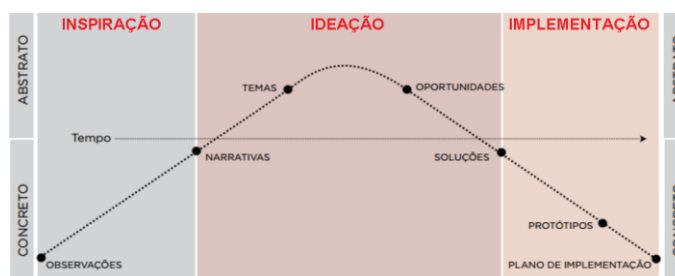
Apesar de o usuário ter um papel fundamental no desenvolvimento do produto, a abordagem HCD considera que o sucesso do produto ou serviço é fortemente influenciado por outros fatores, como por exemplo, compradores e

clientes. Neste sentido, o HCD tem como objetivos realçar as habilidades, superar as limitações e promover a aceitação do usuário (ROUSE, 2007).

Segundo Vianna *et al.* (2012), a adoção do HCD complementa a visão do mercado sobre o que é inovar, colocando um foco no desenvolvimento e na integração de novas tecnologias e na abertura de novos mercados.

Para o desenvolvimento do projeto apresentado foi utilizado material da IDEO, renomada empresa norte americana de desenvolvimento de produtos, pioneira no uso dessa metodologia<sup>2</sup>.

A metodologia DT divide-se em três grandes fases: i/ Inspiração (*Inspiration*); ii/ Ideação (*Ideation*); iii/ Implementação (*Implementation*). A Figura 3 exemplifica essas três fases em sequência e mostra o desenvolvimento da metodologia, que diverge e converge, indo do concreto ao abstrato, e vice-versa, nas várias fases, a fim de refinar a solução final para o que se quer desenvolver (FIELD GUIDE, 2015).



**Figura 3 - As fases do HCD e seu funcionamento.**

**Fonte: Adaptado de Field Guide (2016).**

Um bom resultado final será resultado de um trabalho exaustivo, auxiliado por um processo criativo de descobrimento, centrado no ser humano e seguido por ciclos iterativos (BROWN, 2008), como mostra a Figura 4.

<sup>2</sup> A equipe participou do curso: *The Course for Human Centered Design*, realizado em 2016 junto à IDEO.org.



**Figura 4 - Ciclo iterativo do *Design Thinking*.**

### 1.5.1. Fase de Inspiração

A fase da Inspiração pode ser definida como a imersão no tema. Ou seja, nesta fase, é realizado o enquadramento do tema, aprofundamento nos conhecimentos sobre o assunto e definição dos pressupostos para o projeto (FIELD GUIDE, 2015). A partir dessa base, parte-se para o levantamento de campo, que se divide em duas vertentes; i/ a pesquisa de campo; e ii/ a pesquisa secundária.

A pesquisa de campo consiste em ir ao encontro das partes envolvidas no projeto, como citado por Rouse (2007), sendo desenvolvida em quatro etapas: i/ entrevistas com potenciais grupos de usuários; ii/ entrevistas com expertos; iii/ imersão no contexto onde será aplicado o projeto; e iv/ identificação de situações análogas ao que se deseja desenvolver.

A pesquisa secundária ocorre através da identificação de notícias recentes na área, reconhecimento das inovações de destaque e de outras soluções que possam agregar algo ao projeto a ser desenvolvido.

A Figura 5 exemplifica a fase de Inspiração na estrutura de trabalho, desenvolvida pela equipe (APÊNDICE A).

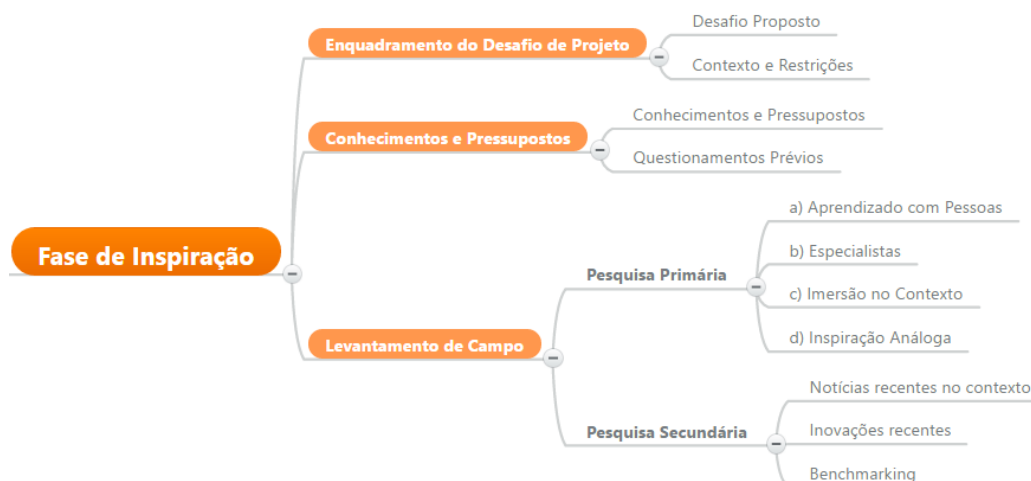


Figura 5 - Inspiração: Excerto da estrutura de trabalho proposta.

### 1.5.2. Fase de Ideação

A fase de Ideação se divide em duas etapas: i) Síntese; ii) Prototipagem. Os objetivos dessa fase são: entender os dados coletados na fase de Inspiração; identificar padrões; definir oportunidades e criar soluções (FIELD GUIDE, 2015).

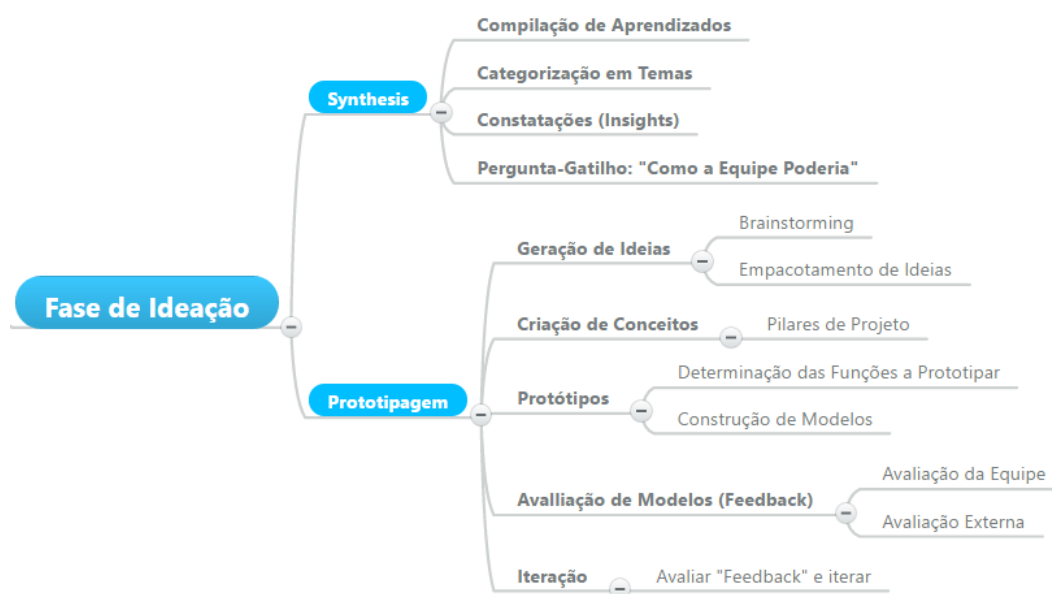
A etapa Síntese consiste em examinar os dados coletados na fase de Inspiração, compartilhar os conhecimentos adquiridos e identificar padrões. A partir disto, criam-se algumas perguntas sobre temas que serão resolvidos no projeto (por exemplo, ergonomia, espaço, entre outras), que deverão ser respondidas posteriormente.

Na etapa Prototipagem são realizadas *brainstormings* e cada pergunta criada na fase da Síntese é respondida. Na sequência, essas ideias são organizadas, para que os princípios conceituais do projeto sejam definidos. A partir destes princípios, desenvolve-se um conceito do produto/serviço e são produzidos pequenos protótipos, que materializam as funções desejadas. Esses protótipos são então testados com os usuários, analisando-se os retornos recebidos (*feedbacks*).

Com esses retornos começa a parte da iteração, com realização de vários ciclos (*loops*) de prototipagem. Essas iterações aperfeiçoam o desenvolvimento do produto/serviço desejado e aumentam a chance de sucesso do projeto.

A Figura 6 resume a fase de Ideação. A estrutura do trabalho proposta está apresentada no APÊNDICE A.





**Figura 6 - Ideação: Excerto da estrutura de trabalho proposta.**

### 1.5.3. Fase de Implementação

A fase de Implementação visa dar viabilidade às soluções desejadas, que foram trabalhadas e retrabalhadas ao longo da fase de Ideação. Os objetivos dessa fase são: identificar capacidades necessárias, criar um modelo financeiro sustentável, desenvolver a sequência de projetos de inovação (FIELD GUIDE, 2015).

As ferramentas para que se alcancem esses objetivos são: i/ definir um objetivo que se deseja alcançar com a implementação do produto/serviço; ii/ criar um plano de ação; iii/ lançar a solução, continuar recebendo retornos e iterando; e iv/ mensurar os impactos acerca do produto/serviço.

A Figura 7 exemplifica a fase de Implementação da estrutura de trabalho proposta. A estrutura do trabalho proposta está apresentada no APÊNDICE A.



Figura 7 - Implementação: excerto da estrutura de trabalho proposta.

Apesar de a fase de Implementação estar inclusa na metodologia DT, ela não será abordada no presente trabalho, pois se trata de uma questão mercadológica, que não condiz com o objetivo geral deste trabalho.

### 1.6. Súmula do Capítulo

Neste capítulo, o contexto nacional de bicicletas foi apresentado, a oportunidade do projeto foi caracterizada e os objetivos do trabalho foram definidos.

Como abordagem metodológica, foram adotados princípios de *Design Thinking* (DT) e suas características foram brevemente discutidas. O desenvolvimento das Fases de Inspiração e Ideação se darão nos capítulos seguintes.

## 2. FASE DE INSPIRAÇÃO

### 2.1. Enquadramento do Desafio de Projeto

A definição de um desafio de projeto é uma tarefa crítica. Porém, é ao mesmo tempo a peça chave para seu sucesso. É essencial que o desafio não seja muito abrangente, para não induzir à dispersão, nem muito específico, ao ponto de limitar o impacto final desejado (DESIGN KIT, 2016).

O desafio, no HCD, deve ser definido por frases que apresentem possibilidades, decorrentes da identificação dos problemas enfrentados pelas pessoas, na área de interesse da equipe (FIELD GUIDE, 2015). Observar pessoas reais em situações da vida real é o ideal para descobrir padrões de comportamento. Este é o momento de identificar oportunidades, justamente onde os produtos/serviços existentes não atendem às necessidades das pessoas (KELLEY; LITTMAN, 2001).

Para ajudar na definição do desafio proposto pela equipe, a partir de um questionário disponibilizado pelo *Field Guide* (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), definiu-se uma frase que sintetiza o desafio proposto por esse projeto: “Como armazenar bicicletas em residências, de maneira a otimizar o espaço e facilitar seu manuseio? ”.

Segundo Field Guide (2015), um desafio de projeto apropriado é aquele que define o que se deseja resolver; que permite uma variedade de soluções e que leva em conta contextos e restrições. Seguindo esses princípios, foram identificados os seguintes contextos e restrições para o projeto:

- a/ Espaço;
- b/ Paredes em *drywall*;
- c/ Teto em gesso;
- d/ Bicicleta pesada;
- e/ Bicicleta suja;
- f/ Fácil instalação;
- g/ Valorizar a bicicleta na residência;
- h/ Roubo;
- i/ Ergonomia;

- j/ Freio hidráulico;
- k/ Diferentes geometrias de quadros.

## 2.2. Conhecimentos e Pressupostos

Após a definição do desafio de projeto, é preciso delimitá-lo, identificando pressupostos e hipóteses que condicionam sua realização (DESIGN KIT, 2015). Os pressupostos e hipóteses identificados para o desafio deste projeto são:

- a/ Alguns usuários preferem armazenar as bicicletas em casa, e não nos bicicletários;
- b/ Alguns usuários têm orgulho de suas bicicletas e por isso querem deixá-las visíveis na residência;
- c/ Casas e apartamentos têm cada vez menor área útil, reduzindo as possibilidades de espaço para armazenagem de uma bicicleta.

Associados aos pressupostos e hipóteses identificados, algumas questões devem ser exploradas, de forma a delimitar os desafios do projeto:

- a/ As pessoas estão satisfeitas com os produtos oferecidos para solucionar o problema de armazenamento de bicicletas em residências?
- b/ As pessoas se sentem confortáveis em furar paredes?
- c/ Qual a proporção de casas com *Drywall* e tetos em gesso?
- d/ As pessoas veem a bicicleta como parte da decoração de sua casa?
- e/ Quais tipos mais comuns de bicicletas?
- f/ Quais são os perfis de usuários de bicicletas?
- g/ Quantas bicicletas há, em média, uma residência?
- h/ Qual o preço médio das bicicletas utilizadas pelos usuários?
- i/ Qual o número de condomínios que possuem elevador?

## 2.3. Levantamento de Campo

A metodologia *Human Centered Design* (HCD) prevê que a etapa de pesquisa seja segmentada em dois subgrupos: i/ Pesquisa Primária em Campo; e ii/ Pesquisa Secundária. As características de ambas e a respectiva utilização produzida pela equipe são descritas nesta seção.

### 2.3.1. Pesquisa Primária

Vianna *et al.* (2012) definem que “Pesquisa Primária é aquela cujos dados são coletados diretamente da fonte de informação. Por exemplo, quando se realiza uma entrevista para entender o que o indivíduo pensa, sente e faz”.

Neste projeto, considera-se que o relacionamento com o contexto de bicicletas e seus usuários seja de suma importância para identificação das necessidades do público-alvo. Com esse pressuposto, o trabalho em campo foi organizado a partir de quatro áreas de atuação, seguindo a Estrutura de Trabalho contida no Apêndice A.

#### 2.3.1.1. Aprendizado com Pessoas

O aprendizado com pessoas fornece para a equipe um maior conhecimento das demandas e necessidades latentes dos usuários. (VIANNA *et al.*, 2012).

Seguiu-se um modelo de entrevista (Apêndice B), composto, primeiramente, por perguntas de amplo sentido e, na sequência, por questões específicas. O modelo foi centrado nos seguintes Temas de Ataque, definidos pela equipe:

- a/ Espaço;
- b/ Segurança;
- c/ Praticidade;
- d/ Restrições: *drywall* e teto em gesso;
- e/ Decoração;
- f/ Peso da bicicleta;
- g/ Posição da bicicleta;
- h/ Sujeira;
- i/ Manutenção/Manuseio;
- j/ Acessórios.

Para estimular o entrevistado a revelar suas necessidades e opiniões, a equipe usou a ferramenta Conjunto de Cartas (*Card Sort*) (FIELD GUIDE, 2015), que consiste em apresentar ao grupo de entrevistados uma variedade de imagens impressas, relacionadas aos Temas de Ataque, e avaliar suas reações. As ilustrações dessa ação encontram-se no Apêndice C.

O registro das entrevistas foi realizado imediatamente após o término de cada uma delas, por gravação de áudio, com a intenção de não perder informações. a Tabela 1 elenca os 35 usuários entrevistados, segmentados por local de entrevista.

**Tabela 1 - Local, perfil e número de usuários entrevistados.**

Local - Data	Perfil do Entrevistado	Nº de Entrevistados
Campeonato MTB Piraquara - 12/06/2016	Competidor MTB / Competidor de fim de semana	6
Campeonato Metropolitano de Mountain Bike - MMTB - 10/07/2016	Competidor MTB / Competidor de fim de semana	5
Bicicletário UTFPR Centro - 26/08/2016	Estudante que utiliza a bicicleta como meio de transporte diário.	5
Bicicletário UTFPR Centro - 16/09/2016	Estudante que utiliza a bicicleta como meio de transporte diário.	5
Posto do pedágio BR 277 - 17/09/2016 (Figura 8)	Ciclistas “atletas de fim de semana”	9



**Figura 8 - Entrevista no posto de pedágio BR 277.**

É importante ressaltar que houve uma preocupação em entrevistar tanto o usuário extremo, como aquele eventual, de forma a abranger pessoas diretamente envolvidas com o desafio de projeto, como também indiretamente relacionadas.

### 2.3.1.2. Especialistas

A partir dos especialistas se obtém opinião de pessoas com conhecimento técnico ou teórico que, usualmente, trabalham com o tema bicicletas. Esses agentes tendem a propiciar perspectiva fundamentada sobre o assunto e auxiliam na compreensão do cenário mercadológico, bem como recentes inovações no campo (DESIGN KIT, 2016).

A Tabela 2 sintetiza as entrevistas realizadas com sete especialistas, seguindo roteiro pré-estabelecido e associadas à ferramenta Conjunto de Cartas (*Card Sort*).

**Tabela 2- Local, perfil e número de especialistas entrevistados.**

<b>Local/Situação</b>	<b>Perfil/Característica</b>	<b>Comentário/Avaliação</b>
Bike fácil	Empresa projetista de paraciclos.	Obtenção de opiniões mercadológicas importantes.
Bicicletaria Velo Club	Bicicletaria de pequeno porte	Obtenção de opinião pessoal e exemplos sobre suportes existentes no mercado nacional.
Bicicletaria Baron Bikes	Bicicletaria de médio porte	O proprietário da loja sente falta de algum produto inovador no mercado nacional.
Bicicletaria Jamur Bikes	Bicicletaria de pequeno porte	“Poucas opções de suportes para bicicletas no mercado”.
Bicicletaria Portella	Bicicletaria de médio porte	Apesar de uma loja de considerável porte, não tinha opções satisfatórias de suportes.
Bicicletaria Nice Bikes	Bicicletaria de pequeno porte	Poucas opções de suportes. “Triatletas investem mais em produtos relacionados à bicicletas”.
Bicicletaria Carbon Sports	Bicicletaria de pequeno porte	Loja especializada em Triathlon. Discrepância entre preço e qualidade das bicicletas e a qualidade do suporte oferecido.

### 2.3.1.3. Imersão no Contexto

A imersão é definida como inserção no contexto do uso da bicicleta, para melhor entender o público-alvo do produto. Assumindo o papel do usuário, tem-se

um diferente ponto de vista da situação, com possibilidade de gerar *insights* não externalizados pelo usuário durante as entrevistas (VIANNA *et al.*, 2012).

Durante toda a fase de Inspiração a equipe procurou envolver-se diretamente com o contexto. Tendo em vista que os três integrantes da equipe são usuários frequentes de bicicleta, foram vivenciadas situações relativas a:

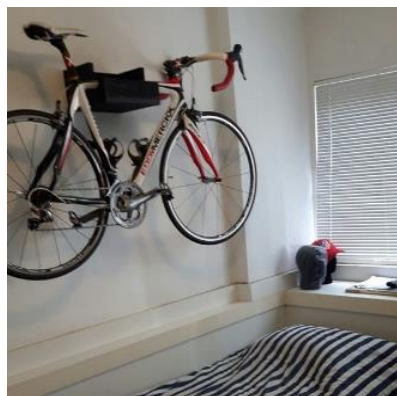
a/ Identificou-se ambientes usuais de armazenamento de bicicletas em residências e bicicletários, ilustrado pela Figura 9.



**a/ Bicicletário I.**



**b/ Bicicletário II.**



**c/ Bicicleta em cima da cama.**



**d/ Bicicletário UTFPR.**

**Figura 9 - Vivências da Equipe (Fase de Inspiração).**

b/ Buscou-se conhecer locais de comércio de bicicletas, representado pela Figura 10.





a/ Posicionamento de bicicletas.



b/ Produtos disponíveis.

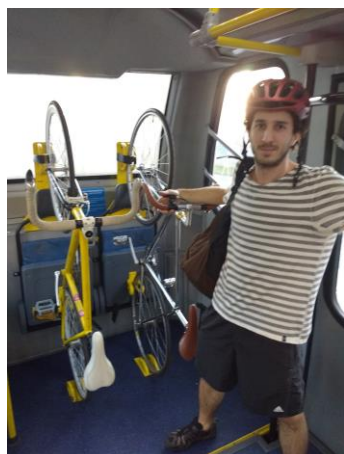
**Figura 10 - Lojas voltadas ao Ciclismo.**

c/ A equipe buscou identificar os principais equipamentos e acessórios portados pelo usuário de bicicleta, exemplificados pela Figura 11;



**Figura 11 - Acessórios para Bicicleta.**

d/ Procurou-se identificar de que forma a bicicleta é transportada, ilustrada pela Figura 12.



a/ Ônibus em Curitiba.




b/ Alojamento de bicicletas em veículo.

Figura 12 - Transporte de Bicicleta.


#### 2.3.1.4. Inspiração Análoga

A inspiração análoga dá nova perspectiva e estímulos para o desafio de projeto. Procurou-se analisar atividades e comportamentos que remetam analogamente a algum aspecto dos Temas de Ataque (descritos na seção 2.3.1). As atividades analisadas estão elencadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Atividades Análogas.

Atividade	Considerações
<p data-bbox="453 1391 727 1420">Içando Varal de Roupa</p> 	<p data-bbox="868 1447 1442 1518">a/ Economia de espaço transitável, utilizando um espaço previamente não utilizado;</p> <p data-bbox="970 1585 1453 1657">b/ Há a necessidade de realizar furos no teto;</p> <p data-bbox="892 1724 1418 1839">c/ Sistema de polias. Porém, fica relativamente pesado levá-lo com muitas roupas.</p>

Atividade	Considerações
<p data-bbox="491 315 687 342">Furo em Parede</p> 	<p data-bbox="999 353 1422 432">a/ Atividade indesejada em imóveis alugados;</p> <p data-bbox="1010 495 1414 521">b/ Necessidade de uma furadeira;</p> <p data-bbox="991 584 1433 663">c/ Requer um certo nível de prática e conhecimento.</p>
<p data-bbox="491 743 687 770">Arara de Roupa</p>  <p data-bbox="440 1243 740 1270">Fonte: Papo de Homem</p>	<p data-bbox="979 857 1445 936">a/ Bom sistema organizacional (roupas penduradas);</p> <p data-bbox="1007 999 1417 1025">b/ Possibilidade de deslocamento;</p> <p data-bbox="976 1088 1444 1115">c/ Possibilidade de guardar acessórios.</p>
<p data-bbox="456 1308 724 1335">Pendurador de Panela</p>  <p data-bbox="469 1886 711 1912">Fonte: Cafofo Fino</p>	<p data-bbox="943 1507 1445 1585">a/ Possibilidade de guardar objetos em lugares previamente não utilizados;</p> <p data-bbox="983 1648 1441 1727">b/ Possibilidade de guardar objetos de diversos tamanhos e formas</p>

Atividade	Considerações
<p data-bbox="469 304 711 331" style="text-align: center;"><b>Móveis Otimizados</b></p>  <p data-bbox="400 696 663 723" style="text-align: center;">Fonte: Dias do Bebe</p>	<p data-bbox="1027 315 1394 342">a/ Otimização do espaço útil</p> <p data-bbox="904 409 1458 483">b/ Utilização de amortecedores de mola a gás para facilitar levantar partes pesadas;</p> <p data-bbox="976 544 1442 571">c/ Possibilidade de guardar acessórios;</p> <p data-bbox="1002 633 1410 707">d/ Utiliza o mesmo espaço para diferentes fins/atividades.</p>

## 2.4. Pesquisa Secundária

Vianna *et al.* (2012) definem pesquisa secundária como aquela “utilizada para obter informações de outras fontes além dos usuários e atores envolvidos diretamente com o tema, identificando tendências e compreendendo melhor as fronteiras e perspectivas do tema em questão”.

A pesquisa secundária foi utilizada neste projeto, de forma a complementar a metodologia HCD, já que esta é uma abordagem que busca desenvolver e criar soluções a partir da interação com o ser humano (usuários e pessoas envolvidas no processo), conhecendo assim suas aspirações, desafios e limitações. Dados, estatísticas e conhecimento do contexto histórico em que o desafio de projeto está inserido são muito importantes para seu sucesso, mas são conteúdos dificilmente obtidos somente “conversando” com as pessoas (FIELD GUIDE, 2015).

Neste contexto, para realização da pesquisa secundária, foram aprofundados alguns temas considerados relevantes para entender o cenário em que o desafio de projeto se encontra. São eles: i/ tendência de uso crescente de bicicletas no Brasil; ii/ risco de furto; iii/ tipos de bicicleta; iv/ informações adicionais; descritos nas seções a seguir.

### 2.4.1. Tendência de uso Crescente da bicicleta

Em relação a esse tema, procurou-se confirmar que a bicicleta vem se tornando um objeto cada vez mais comum aos brasileiros. De fato, a pesquisa

divulgada pela ANTP (2016) aponta para o número de 2,7 bilhões de viagens realizadas de bicicleta, nos 438 maiores municípios do país no ano de 2014, que resultaram em 12 bilhões de quilômetros percorridos. Para fins de comparação, no mesmo período, foram percorridos 20 bilhões de quilômetros utilizando motocicletas. A bicicleta vem sendo cada vez mais utilizada não só para lazer, mas também a partir de entrevistas em todo o Brasil, revelou que 97% dos entrevistados acreditam que as ciclovias que vem sendo construídas nas cidades atrairão cada vez mais pessoas para andar de bicicleta. Apesar desse aumento, a realidade brasileira ainda se encontra muito distante da europeia, no que diz respeito à utilização de bicicletas como meio de transporte (SOUSA, 2012).

Por outro lado, no cenário atual, em que se buscam cidades mais sustentáveis, a bicicleta pode ter papel fundamental, ao promover a inclusão social, melhoria da saúde pública e redução da poluição (SOARES, 2015). Ou seja, pelos motivos elencados, o uso da bicicleta apresenta tendência crescente no país.

#### 2.4.2. Risco de Furtos

Com o crescimento no uso da bicicleta, identifica-se o crescimento de um efeito colateral; o aumento no número de furtos.

A ocorrência de furtos é um fator desestimulante para o uso da bicicleta. O fato de não haver locais seguros para a alocação das bicicletas no dia-a-dia do usuário inibe seu uso. Ainda assim, é difícil quantificar o número de furtos e roubos no país, pois muitas pessoas não fazem boletim de ocorrência (ABRACICLO, 2016). Além disso, os dados não são facilmente disponibilizados pelos órgãos competentes.

Conforme o estudo Pedalando na Cidade (2015), 37% dos entrevistados não costumam deixar suas bicicletas em locais públicos, pois tem medo de furto. Outros 35% preferem deixar as bicicletas em um local visível.

Para ilustrar o cenário de roubos e furtos de bicicletas, tem-se de referência os dados disponibilizados pelo Instituto de Segurança Pública do Estado do Rio de Janeiro (ISP, 2016) para o exercício de 2016, conforme a Tabela 4.

**Tabela 4 - Furtos e Roubos de Bicicletas no Estado do RJ em 2010.**

<b>MÊS</b>	<b>FURTOS</b>	<b>ROUBOS</b>
Janeiro	147	21

MÊS	FURTOS	ROUBOS
Fevereiro	168	13
Março	173	15
Abril	171	10
Mai	197	14
Junho	160	19
Julho	148	16
Agosto	161	13
Setembro	193	21
TOTAL	1518	142

Fonte: ISP – RJ (2010)

Além desses dados oficiais, existem algumas iniciativas na internet, que visam reunir informações sobre o tema. Um exemplo é o site “bicicletasroubadas.com.br”, que tem um banco de dados desde 2008, como mostra a Tabela 5.

**Tabela 5 - Banco de Dados de Furtos e Roubos.**

RANKING POR ESTADO					RANKING POR CIDADE				
#	Estado	Furtos	Roubos	Total %	#	Cidade - Estado	Furtos	Roubos	Total %
1.	SP	947	432	1379 (40,39%)	1.	São Paulo - SP	559	183	742 (21,73%)
2.	RJ	404	200	604 (17,69%)	2.	Rio de Janeiro - RJ	330	179	509 (14,91%)
3.	PR	306	67	373 (10,93%)	3.	Curitiba - PR	250	50	300 (8,79%)
4.	DF	172	123	295 (8,64%)	4.	Brasília - DF	100	35	135 (3,95%)
5.	MG	177	50	227 (6,65%)	5.	Belo Horizonte - MG	88	36	124 (3,63%)
6.	SC	122	10	132 (3,87%)	6.	Campinas - SP	34	48	82 (2,4%)
7.	RS	98	20	118 (3,46%)	7.	Porto Alegre - RS	60	10	70 (2,05%)
8.	GO	40	28	68 (1,99%)	8.	Goiânia - GO	34	14	48 (1,41%)
9.	ES	33	8	41 (1,2%)	9.	Niterói - RJ	40	6	46 (1,35%)
10.	PE	21	13	34 (1%)	10.	Florianópolis - SC	41	4	45 (1,32%)
11.	BA	21	12	33 (0,97%)	11.	Taguatinga - DF	13	30	43 (1,26%)
12.	CE	17	5	22 (0,64%)	12.	Guará - DF	24	13	37 (1,08%)
13.	MS	17	3	20 (0,59%)	13.	Santos - SP	27	9	36 (1,05%)
14.	RN	8	8	16 (0,47%)	14.	São José dos Campos - SP	19	17	36 (1,05%)
15.	PA	9	3	12 (0,35%)	15.	Ribeirão Preto - SP	14	18	32 (0,94%)
16.	SE	5	3	8 (0,23%)	16.	Ceilândia - DF	12	14	26 (0,76%)

Fonte: Bicicletasroubadas (2008).

Estes dados informam que o furto é realmente um grande problema a ser enfrentado pelos usuários de bicicletas. Porém, não especificam os locais onde ocorrem os furtos. Entretanto, dados obtidos nas entrevistas, e referendados por pesquisas realizadas na Internet, permitem afirmar que um grande número de furtos ocorre em bicicletários e/ou garagens, sendo este um dos problemas que este projeto visa abordar.

### 2.4.2.1. Tipos de Bicicleta

Existem variados tipos de bicicletas, de acordo com o uso a que se destinam. Os tipos mais comuns são: i/ bicicleta básica para transporte; ii/ bicicletas para mobilidade urbana; iii/ bicicletas de lazer; iv/ bicicletas de montanha (“*mountain bike*”); e v/ bicicletas estradeiras (*speed*).

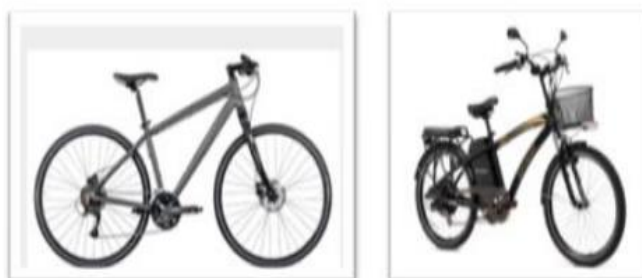
Bicicletas básicas de transporte tem a finalidade de condução do ciclista em suas funções de trabalho, como por exemplo, entregadores em geral. As mais famosas são conhecidas como “Barra Circular”, “Barra Forte” (ABRACICLO, 2015) (Figura 13).



**Figura 13 - Exemplos de bicicletas básicas.**

**Fonte: Abraciclo (2015).**

A bicicleta para mobilidade urbana foi desenvolvida para ser usada no asfalto, ciclovias e ciclo faixas. Existem alguns modelos elétricos e até dobráveis (Figura 14).



**Figura 14 - Exemplo de bicicleta para mobilidade urbana.**

**Fonte: Abraciclo (2015).**

As bicicletas de lazer são definidas como uma combinação entre design e conforto. São utilizadas pelos “ciclistas de final de semana”. Tem como

características: selim confortável, guidão alto, com suspensão ou não (ABRACICLO, 2015). A Figura 15 mostra exemplo de bicicleta de lazer.



**Figura 15 - Exemplo de bicicleta de lazer.**

**Fonte: Abraciclo (2015).**

*Mountain bike* é conhecida como bicicleta de montanha, sendo utilizada para ambientes hostis, como pistas com lama, pedregulhos e esburacadas. Tem como característica a utilização de pneus mais largos, com cravos para evitar derrapagens, freios a disco hidráulico ou mecânico, devido à exigência dos terrenos. O tipo de quadro é bem variado, por conta do uso dos amortecedores para aliviar os impactos. Por se tratarem de bicicletas robustas, as *mountain bikes* são relativamente pesadas, pesando até 15 kg, como é o caso das *mountain bikes* aro 29'. A Figura 16 traz um exemplo de uma *mountain bike*.

Uma característica especial dessas bicicletas é o fato de que, quando utilizam freio a disco hidráulico, não se recomenda que sejam armazenadas na posição vertical, para evitar entrada de ar no sistema hidráulico, afetando a funcionalidade do mesmo.



**Figura 16 - Exemplo de uma bicicleta de montanha.**

**Fonte: Radon Bikes (2016).**



As bicicletas de estrada, conhecidas como *speed*, não são tão robustas quanto as bicicletas de montanha, devido às características da pista na qual circula. Utiliza pneus finos e lisos e são mais leves, o que permite que atinjam velocidades maiores (Figura 17).



Figura 17 - Exemplo de bicicleta estrada.

Fonte: Bike Point (2016)

#### 2.4.3. Informações Complementares

Para desenvolver um produto voltado para uso residencial, é de suma importância conhecer alguns aspectos das famílias e moradias no Brasil.

Segundo IBGE (2010), comparativamente, o número médio de moradores por residência no Brasil diminuiu de 3,8 no ano de 2000 para 3,3 no ano de 2010. Ainda, constatou-se um crescimento do número de pessoas morando sozinhas, de 9,2% em 2000 para 12,1% em 2010.

Consequentemente, espera-se uma tendência de redução no tamanho das residências. Como constatado na Tabela 6, cerca de 68% dos imóveis ofertados na cidade de São Paulo em julho de 2016 são menores que 65 m<sup>2</sup> e 41,8% dos imóveis vendidos tem menos que 45 m<sup>2</sup>.

Tabela 6 - Número de apartamentos e classificação por área útil.

Área útil (m <sup>2</sup> )	Menos de 45	Entre 45 e 65	Entre 65 e 85	Entre 85 e 130	Entre 130 e 180	Mais de 180	Total
Oferta anterior	7.271	9.261	3.638	2.593	943	650	24.356
Lançamentos	430	481	94	16	66	12	1.099
Vendas	346	298	100	53	24	7	828
Oferta final	7.355	9.444	3.632	2.556	985	655	24.627

Fonte: SECOVI (2016)

Nas entrevistas realizadas, constatou-se uma tendência em moradores de imóveis alugados a evitarem fazer alguma intervenção física no imóvel, como por exemplo, fixar um objeto diretamente na parede, realizando furos. O número de imóveis residenciais para a compra ofertados no mês de outubro de 2016 em Curitiba foi de 20830. Em contrapartida, o número de imóveis residenciais para locação ofertados no mesmo período em Curitiba foi de 10983 (INPESPAR, 2016). Portanto, cerca de 35% dos imóveis ofertados são para locação.

Outra característica da edificação que induz o usuário a não realizar furos em paredes é a utilização de *drywall* na divisão interna. A Figura 18 confirma a tendência de crescimento da utilização de *drywall* no Brasil nos últimos anos.

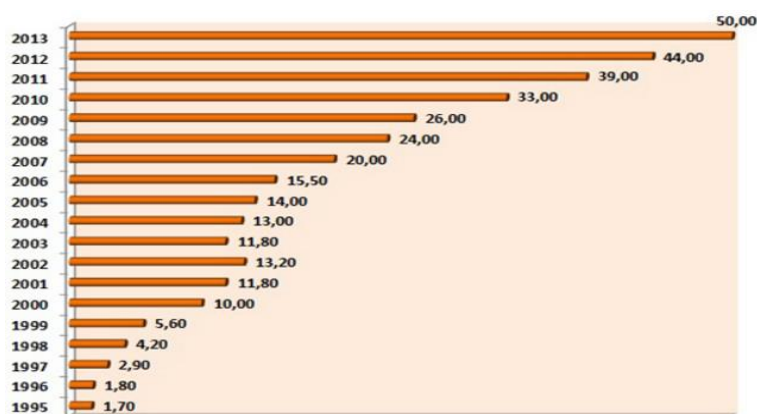


Figura 18 - Consumo anual de *drywall* no Brasil (milhões de m²).

Fonte: Associação Brasileira do Drywall (2013).

#### 2.4.4. Benchmarking

Com o objetivo de conhecer as opções de produtos disponíveis no mercado que implementem funções desejadas neste projeto, foi realizada uma pesquisa via Internet, primeiramente em âmbito nacional. Após a constatação de que o número e a variedade de opções desses produtos no Brasil são escassos, realizou-se uma pesquisa em âmbito internacional, onde foi encontrada uma variedade satisfatória de produtos. Porém com preços relativamente elevados. As opções encontradas são listadas no APÊNDICE D.

## **2.5. Súmula do Capítulo**

Neste capítulo o Enquadramento do Desafio de Projeto foi discutido e o Levantamento em Campo, segmentado em: i/ Pesquisa Primária; ii/ Secundária foi descrito, encerrando a Fase de Inspiração. No capítulo seguinte será desenvolvida a Fase de Ideação.

### 3. FASE DE IDEAÇÃO

A fase de ideação visa transformar a pesquisa realizada até o presente momento em ideias substanciais, as quais serão a base e a fundação do projeto final (DESIGN KIT, 2016). Essas ideias são obtidas, inicialmente, a partir da síntese de informações prévias e, posteriormente, serão objeto de prototipação.

#### 3.1. Síntese

A etapa de Síntese consiste em compilar todo o conteúdo absorvido pela equipe de projeto durante a fase de Inspiração. Esta seção descreve os estágios desenvolvidos.

##### 3.1.1. Aprendizado e Categorização

Neste momento, todos os relatos de entrevistas e vivências da equipe foram resumidos e listados em um quadro visual (Figura 19).



Figura 19 – Ilustração geral do quadro visual da equipe.

Constatou-se que a falta de segurança é a principal razão pela qual os usuários preferem armazenar a bicicleta dentro de suas residências. As implicações decorrentes do armazenamento da bicicleta no espaço interno é a preocupação central da equipe no desenvolvimento deste projeto. Para cada grupo de entrevistas foram relacionadas palavras-chave, organizadas por semelhança, em quatro categorias: i/ Estética; ii/ Funcionalidades; iii/ Ergonomia; iv/ Espaço. A correlação das palavras-chave e sua respectiva categoria é apresentada no APÊNDICE E.

### 3.1.2. Constatações (Insights)

A metodologia adotada neste trabalho sugere que a partir das quatro categorias descritas anteriormente, sejam criadas uma série de Constatações (*Insights*) que provêm dos aprendizados da seção de Levantamento de Campo, elencadas nas categorias definidas na seção 3.1.1. Estas constatações são mostradas na Tabela 7.

**Tabela 7 - Constatações da Equipe.**

<b>Categorias</b>	<b>Constatações da Equipe</b>
<b>Estética</b>	<p>a/ Pessoas estão dispostas a trazer a bicicleta para dentro de suas residências e integrá-la à decoração;</p> <p>b/ "Co-moradores" dos usuários nem sempre estão de acordo que a bicicleta "esteja visível" em suas residências;</p> <p>c/ Há pessoas que não veem como possibilidade (não têm em "repertório"; não sabem que é possível; não têm referência; não têm algo para comparação) a utilização da bicicleta como adorno em sua residência.</p>
<b>Funcionalidades</b>	<p>a/ Pessoas acolhem melhor a ideia de ter um suporte para bicicletas que não modifique permanentemente o ambiente de suas residências;</p> <p>b/ Para realizar alguma manutenção, as pessoas frequentemente posicionam sua bicicleta com as rodas para cima;</p> <p>c/ Pessoas não guardam seus "acessórios" junto à bicicleta por falta de opção de como acomodá-los de maneira organizada;</p> <p>d/ Um dos problemas dos usuários que guardam a bicicleta no interior de sua residência é a sujeira;</p> <p>e/ É comum existir mais de uma bicicleta por residência.</p>
<b>Ergonomia</b>	<p>a/ Pessoas se incomodam com o manuseio necessário para alocar sua bicicleta em casa;</p>

Categorias	Constatações da Equipe
	b/ Pessoas com bicicleta pesada não gostam de ter que levanta-la;  c/ Pessoas de baixa estatura tem dificuldade em levantar a bicicleta em suportes elevados.
<b>Espaço</b>	a/ Pessoas estão incomodadas com a falta de espaço disponível em suas residências;  b/ Pessoas tem dificuldade em adequar/otimizar espaço em suas residências;  c/ Pessoas se incomodam com o espaço ocupado pela bicicleta em seus apartamentos.

### 3.1.3. Pergunta-Gatilho: “Como a Equipe Poderia”

As etapas de Aprendizado, Categorização e de Constatações identificam os grupos de problemas percebidos pelo usuário-alvo. Para dar continuidade ao processo de desenvolvimento do produto, torna-se necessária a etapa de geração de ideias. Com base nas constatações da equipe, a geração de ideias foi realizada por meio das perguntas-gatilho enunciadas “Como a Equipe Poderia”, conforme proposto por (DESIGN KIT, 2016). A relação de todas as perguntas-gatilho desenvolvidas pela equipe para cada Constatação respectiva é apresentada no Apêndice F.

Seguindo a metodologia, é recomendado, em um segundo momento, refinar os questionamentos e reduzi-los para um número inferior a cinco. Das 22 perguntas-gatilho elaboradas, a equipe entende que aquelas com maior potencial de geração de ideias e que melhor englobam os grupos de necessidades dos usuários foram:

- a/ Como a Equipe Poderia criar soluções que não modifiquem o ambiente permanentemente?
- b/ Como a Equipe Poderia fazer com que o armazenamento de acessórios seja integrado ao dispositivo?
- c/ Como a Equipe Poderia otimizar o "espaço do ambiente" em que a bicicleta está alocada?

d/ Como a Equipe Poderia deixar mais agradável, aos “co-moradores”, a bicicleta exposta na residência?

Esses questionamentos servem de base para o início *brainstorming* da seção 3.2 e encerram a etapa de Síntese.

### 3.2. Prototipagem

O protótipo é a tangibilização de uma ideia, passando do abstrato para o físico de forma a representar a realidade e propiciar validações com o usuário (VIANNA et al, 2012). Como ilustra a Figura 20, através do protótipo é possível validar e selecionar de forma assertiva as ideias, realizando testes e avaliações com o usuário e posteriormente a iteração, para assim, após atingir um resultado satisfatório, concluir o projeto.



Figura 20 - Ciclo de Iteração.

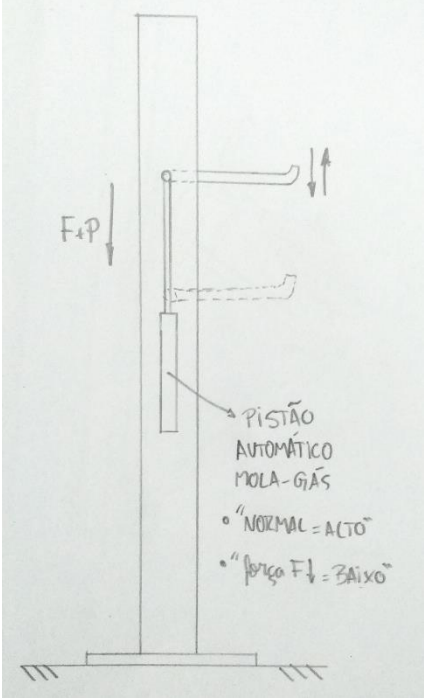
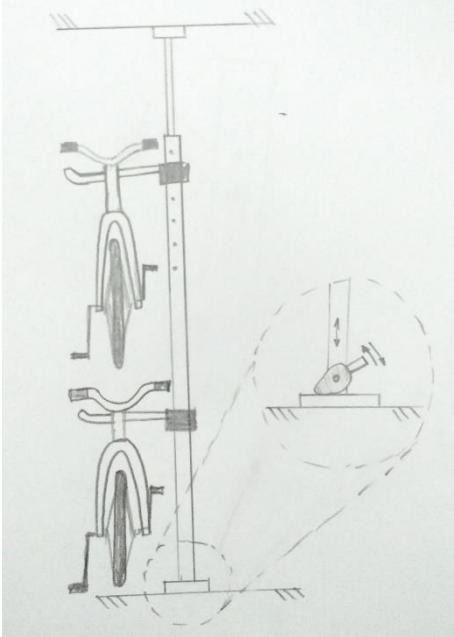
Fonte: (Vianna et al, 2012)

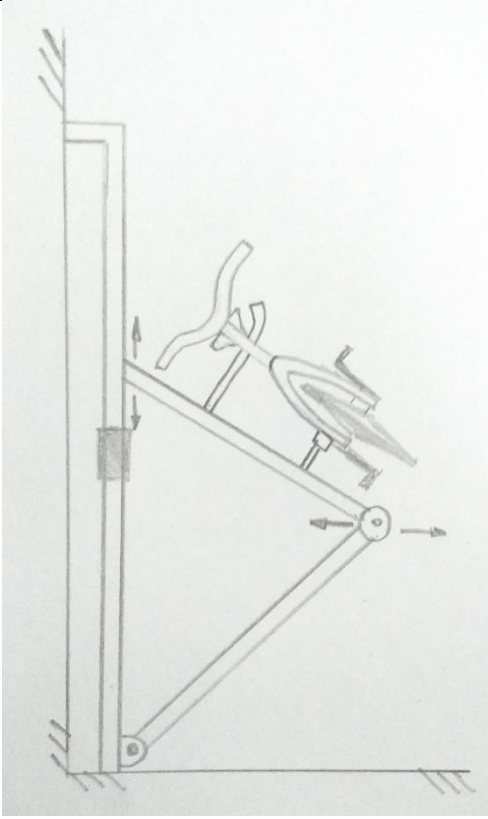
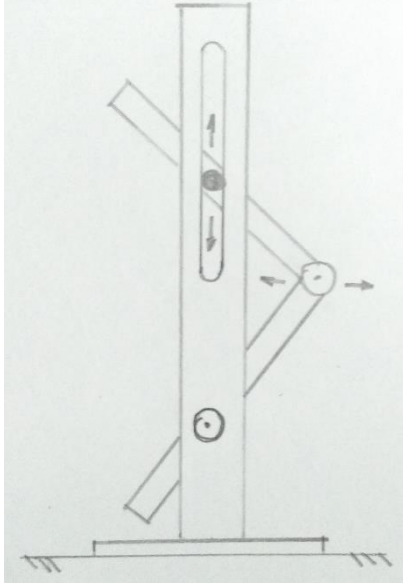
#### 3.2.1. Geração de Ideias

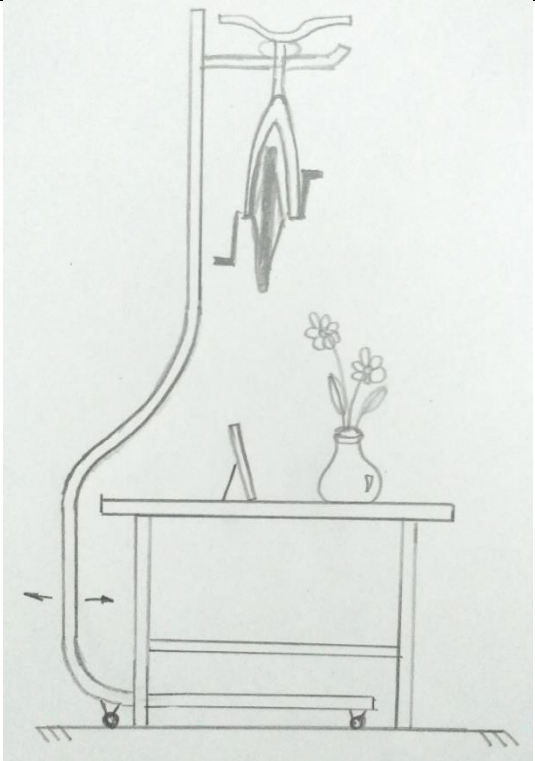

Nesta etapa, as constatações observadas pela equipe na fase de Síntese foram avaliadas e, por meio da ferramenta *brainstorming*, foram geradas ideias iniciais para solução da oportunidade de projeto. Para cada pergunta-gatilho “Como a Equipe Poderia” foi realizada uma sessão de geração de ideias, através de anotações visuais e textuais de todos os integrantes da equipe. Os resultados referentes aos quatro questionamentos são apresentados na Figura 21.

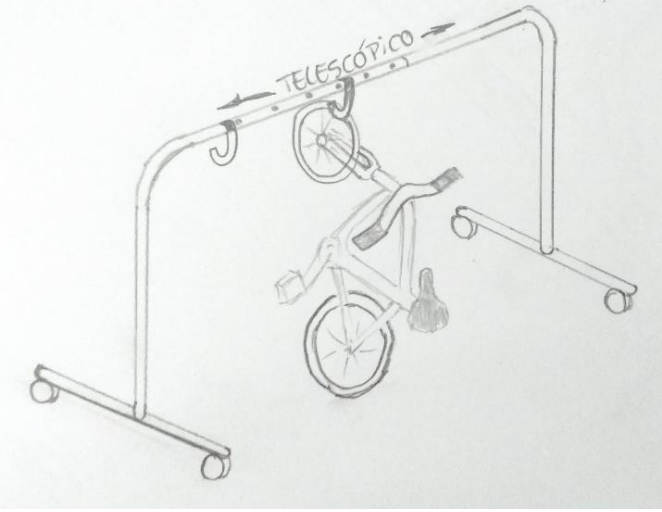




Conceito Solução	Descrição
 <p data-bbox="395 1032 799 1066"><b>a/ Suporte Vertical Automático.</b></p>	<p data-bbox="967 524 1410 768">Suporte vertical com base de apoio de capacidade para duas bicicletas. Contém um sistema de elevação da bicicleta por um pistão, a fim de facilitar manuseio.</p>
 <p data-bbox="438 1771 759 1805"><b>b/ Suporte Teto ao Chão.</b></p>	<p data-bbox="967 1229 1410 1599">Suporte horizontal com capacidade para duas bicicletas com sistema de fixação "teto ao chão", onde, por pressão e sem a necessidade de furar a parede, o suporte fica estável. Sistema de regulagem de altura.</p>

Conceito Solução	Descrição
 <p data-bbox="384 1144 815 1178"><b>c/ Suporte Basculante com furos.</b></p>	<p data-bbox="986 573 1410 860">Suporte horizontal basculante, onde há uma movimentação de parte do suporte para facilitar o armazenamento da bicicleta na parte superior. Fixado diretamente na parede.</p>
 <p data-bbox="395 1823 799 1856"><b>d/ Suporte Basculante apoiado.</b></p>	<p data-bbox="963 1391 1410 1677">Sistema semelhante ao sistema c/ porém com uma alteração na concepção com o intuito de centralizar o centro de massa e, portanto, economizar espaço com uma base apoiadora pequena.</p>

Conceito Solução	Descrição
 <p data-bbox="363 1093 868 1182">e/ Suporte com Aproveitamento de Ambiente.</p>	<p data-bbox="970 555 1410 891">Suporte de bicicleta concebido para aproveitar um espaço previamente não utilizado, como por exemplo, a parte inferior de uma mesa. Bicicleta na posição superior, economizando espaço transitável nas residências.</p>
 <p data-bbox="517 1899 813 1944">f/ Suporte prateleira.</p>	<p data-bbox="970 1438 1410 1684">Suporte com base de apoio com a possibilidade de acoplar um ou mais módulos de acessórios. Sistema de modularização semelhante à prateleiras modulares.</p>

Conceito Solução	Descrição
 <p data-bbox="384 831 815 869">g/ Suporte Arara Telescópica.</p>	<p data-bbox="970 443 1410 685">Suporte para bicicleta inspirado em uma “arara” de roupa, onde é possível aumentar o seu tamanho e movimentar, caso se faça necessário.</p>

A partir de uma segunda análise dos aprendizados da fase de Síntese, junto às ideias geradas iniciais, a equipe percebeu alguns elementos comuns. Essa convergência de aspectos é definida como Pilares de Projeto (*Design Principles*) (FIELD GUIDE, 2015). Foram estabelecidos como Pilares de Projeto:

i/ Dispositivo não deve exigir furos na parede.

Conclui-se de etapa de Pesquisa que existe resistência do usuário em fazer furos na parede, seja pelas dificuldades impostas por paredes em *drywall* e também pelo desconforto trazido em realizar a operação de furo em paredes convencionais.

ii/ Posicionamento preferencial de bicicletas na horizontal

A posição horizontal da bicicleta possibilita o armazenamento de duas bicicletas, com maior economia de espaço, observada como tendência nas soluções de *benchmarking*. Além disso, o posicionamento vertical de bicicletas com sistema de freio hidráulico prejudica seu funcionamento, conforme comentado anteriormente.

iii/ Soluções aptas para modularização e customização

A equipe entende que a customização é uma necessidade da atualidade e incentiva a possibilidade de criar soluções com características modulares.

Vale ressaltar que os Pilares de Projeto definidos se sobrepõem às Categorias elencadas na etapa de Síntese: i/ Estética; ii/ Funcionalidade; iii/ Ergonomia e iv/ Espaço. Todos estes aspectos norteiam a concepção do produto.

### 3.2.2. Concepção e Avaliação de Protótipos

Os oito modelos construídos pela equipe são apresentados nesta seção.

#### 3.2.2.1. Modelo 1

Partindo do primeiro Pilar de Projeto (Dispositivo não deve exigir furos na parede) e verificando soluções existentes no estudo de *Benchmarking*, definiu-se o interesse em construir um primeiro modelo com fixação da estrutura do suporte para bicicletas com funcionamento de “pressão” do teto ao chão.

##### i/ Concepção do Modelo

Optou-se por desenvolver o protótipo em escala real, a fim de compreender a interação do mesmo com a bicicleta. O modelo foi desenvolvido em torno de estrutura de bambu, acoplada a uma haste telescópica em madeira. O mecanismo de ajuste primário foi concebido a partir da realização de furos transversais ao bambu, permitindo a passagem de um pino (Figura 22). O pino pode ser posicionado em um dos furos transversais à estrutura e delimita a altura final da haste interna superior.



**Figura 22 - Pino Passante no Bambu.**

Na extremidade da haste em madeira foi produzido um furo concêntrico e inserida uma porca M8. Na sequência, foi concebida uma maneira de proporcionar o

ajuste fino da fixação do protótipo no ambiente (teto ao chão). Um cubo em madeira com um parafuso M8 fixado cumpriu tal papel (Figura 23).



**Figura 23 - Cubo em madeira revestido com borracha.**

Combinando o ajuste primário dado pelo delimitador pino passante e o ajuste fino pela rotação do cubo em madeira, pode-se instalar o dispositivo exercendo a pressão necessária verticalmente, do teto ao chão. Um par de ganchos metálicos foram atados à estrutura de madeira para propiciar a fixação de duas bicicletas. Na sequência, o protótipo foi instalado e duas bicicletas foram acopladas ao mesmo (Figura 24).



**a/ Bicicletas Posicionadas.**



**b/ Bicicletas Posicionadas (MTB).**

**Figura 24 – Modelo de Fixação do Teto ao Chão.**

## ii/Avaliação e Considerações

Testes foram realizados posicionando-se as bicicletas no dispositivo e sendo verificada uma dificuldade em suspender a bicicleta para armazená-la na posição superior. Isto despertou na equipe o interesse em buscar soluções que reduzam o esforço exigido para o posicionamento em altura da bicicleta. Cabe ressaltar que, devido à geometria do quadro da bicicleta MTB (Figura 24 b/), a horizontalidade da mesma foi alterada.

### 3.2.2.2. Modelo 2

#### i/ Concepção do Modelo

Após ser criado o protótipo do sistema de fixação do teto ao chão em escala real, foi construído um modelo reduzido, com palitos de madeira, incluindo-se um sistema de elevação automática vertical, por meio de elástico, pensado para reduzir o desconforto na elevação da bicicleta. A Figura 25 ilustra o conceito desenvolvido.



**a/ Vista Frontal.**



**b/ Vista Lateral.**



**c/ Vista Frontal com Bicletas.**



**d/ Vista Lateral com Bicletas.**

**Figura 25 - Modelo teto ao chão em escala.**

## ii/ Avaliação e Considerações

Em um primeiro momento, o sistema de elevação se mostrou adequado, pelo fato de reduzir o esforço do posicionamento da bicicleta. No entanto, verificou-se que não seria possível posicionar duas bicicletas e, ao mesmo tempo, colocar em



funcionamento o mecanismo de elevação vertical. Este problema é representado na Figura 26.



**Figura 26 - Incompatibilidade de Modelo 2.**

### 3.2.2.3. Modelo 3

#### i/ Concepção do Modelo

Na tentativa de criar uma solução que minimizasse o esforço no posicionamento da bicicleta, foi desenvolvido outro modelo, paralelamente ao Modelo 2. Sua concepção traz um par de braços articulados e permite o posicionamento de duas bicicletas, uma em cada um deles. O movimento de elevação do sistema é ilustrado pela Figura 27.



a/ Vista Frontal.



b/ Vista Lateral.



c/ Vista Lateral - Articulado



d/ Vista Lateral - Carregado



e/ Vista Frontal: Duas Bicycletas.



f/ Vista Frontal: Duas Bicycletas, articulado.

Figura 27 - Modelo 4: Articulado.

## ii/ Avaliação e Considerações

A ideia soluciona o problema apresentado pelo Modelo 2 de não permitir o movimento da bicicleta superior enquanto aquela inferior está posicionada. No entanto, a inclinação das bicicletas quando os braços estão articulados (Figura 27 f/) gera instabilidade e traz desconforto no ato de posicionar as bicicletas no suporte, devido ao ângulo de inclinação. Este procedimento foi testado analogamente pela equipe e é ilustrado pela Figura 28.



**a/ Posicionando bicicleta.**



**b/ Bicicleta posicionada.**

**Figura 28 - Experimento Análogo.**

### 3.2.2.4. Modelo 4

#### i/ Concepção do Modelo

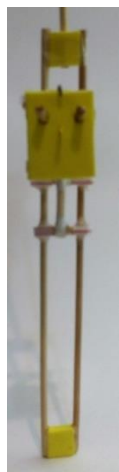
Das avaliações advindas dos Modelos 2 e 3, percebeu-se a necessidade de unir um sistema de redução de esforço no posicionamento da bicicleta, com a característica de acomodar duas bicicletas no mesmo dispositivo. Para tanto, um mecanismo de hastes paralelas articuladas foi concebido, usando palitos de madeira, conforme mostrado na Figura 29.



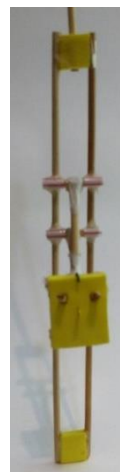
a/ Vista Lateral – Superior.



b/ Vista Lateral – Inferior.



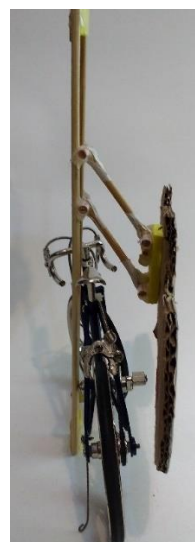
c/ Vista Frontal – Superior.



c/ Vista Frontal – Inferior.



e/ Vista Lateral–Superior Carregada.



e/ Vista Lateral – Inferior Carregada.

Figura 29 - Modelo de Braço Articulado.

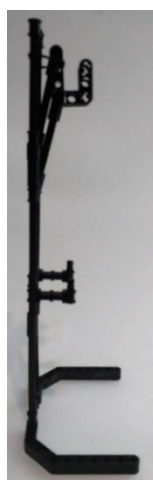
## ii/ Avaliação e Considerações

O sistema em miniatura se mostrou adequado, ao acomodar duas bicicletas simultaneamente e ao facilitar o manuseio das mesmas, devido ao sistema basculante. O conceito foi apresentado a seis pessoas externas ao desenvolvimento deste trabalho e foi recebido com comentários positivos.

### 3.2.2.5. Modelo 5

#### i/ Concepção do Modelo

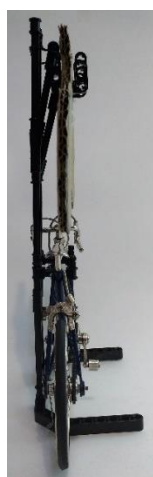
Com o objetivo de avaliar melhor as características concebidas no Modelo 4, o Modelo 5 foi montado em peças de LEGO. As peças utilizadas permitem uma regulação mais ampla das alturas e posicionamento das bicicletas. Para sustentar a estrutura, uma base foi montada incorporando o conceito de modularização. O modelo é mostrado na Figura 30.



a/ Vista Lateral – Superior.



b/ Vista Lateral – Inferior.



c/ Vista Lateral – Carregado.



d/ Vista Lateral – Inferior Carregado.



e/ Vista Geral.

Figura 30 - Modelo em LEGO.

## ii/ Avaliação e Considerações

Assim como o Modelo 4, o sistema em miniatura se mostrou adequado, ao acomodar duas bicicletas simultaneamente e ao facilitar o manuseio das mesmas devido ao sistema basculante. A possibilidade de acoplar uma base de sustentação ao modelo, remete ao conceito de modularização das soluções, um dos Pilares de Projeto definidos na seção 3.2.1.

### 3.2.2.6. Modelo 6

#### i/ Concepção do Modelo

Após ter validado o Modelo 4, foi construído um protótipo em escala real, para avaliar com maior propriedade a solução. Para a estrutura vertical empregou-se um perfil metálico para cabos elétricos e nos braços articulados utilizada madeira. Um gancho metálico foi acoplado à estrutura para sustentação do quadro da bicicleta. O processo de construção é ilustrado na Figura 31.



**Figura 31 - Fabricação do Modelo 6.**

Para o sistema basculante considerou-se necessário adequar algum mecanismo que exercesse força. O ambiente em que a equipe se encontrava reunida possuía uma cadeira com sistema de regulagem de altura. Surgiu então a ideia de adequar um amortecedor (conhecido como mola-gás) no mecanismo. Em

um primeiro momento, a equipe adquiriu dois amortecedores de pequeno porte (80N e 120N cada um) normalmente utilizados em portas de móveis, e os instalou no braço articulado (Figura 32). No entanto, devido à força limitada dos dispositivos e ao curso limitado do amortecedor, não foi possível posicionar a bicicleta no sistema.



**a/ Modelo 6 – Posição Superior.**

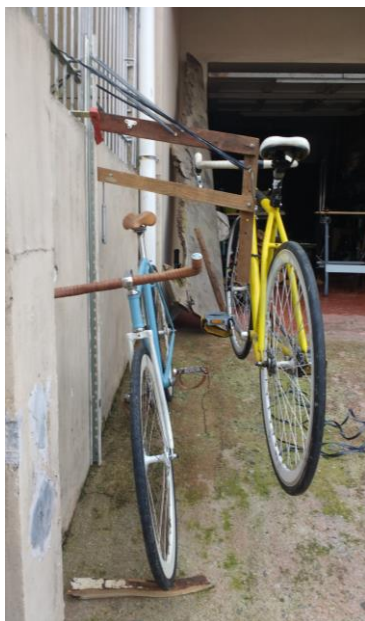


**b/ Modelo 6 – Posição Inferior.**

**Figura 32 - Experimento com Modelo.**

Para simular o movimento basculante do braço com a bicicleta posicionada, adaptou-se um par de molas (retiradas de uma porta de elevador), ao mesmo tempo em que um membro da equipe tracionava um cordão. O dispositivo concebido foi fixado por presilhas junto à grade e parede, de maneira a ficar imóvel. Este modelo é mostrado na Figura 33.





a/ Vista Lateral – Posição 1.



b/ Vista Lateral – Posição 2.



c/ Vista Lateral – Posição 3.



d/ Vista Frontal – Posição 4.

**Figura 33 - Modelo 6 Instalado.**

## ii/ Avaliação e Considerações

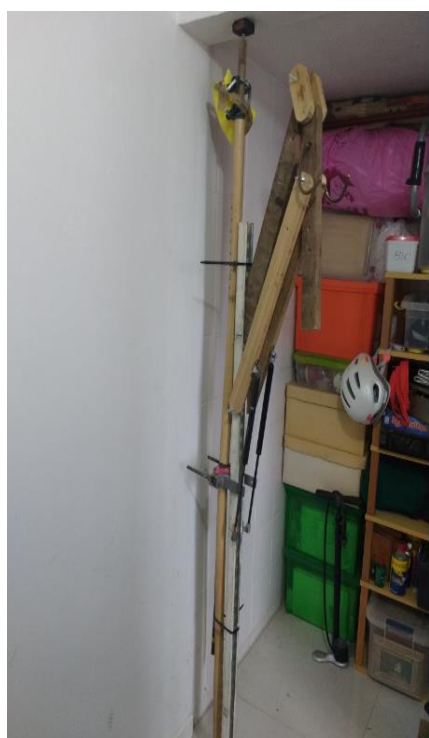
Apesar de não haver um sistema automatizado para o movimento da bicicleta superior, o modelo permitiu simular o movimento completo do sistema com

duas bicicletas posicionadas. Identificou-se também que a Posição 1 é favorável para realizar operações de manutenção na bicicleta.

### 3.2.2.7. Modelo 7

#### i/ Concepção do Protótipo

Com o Modelo 6 validado, considerou-se necessário implementar um sistema automático para a elevação da bicicleta. Para solucionar este impedimento, foi adquirido um par de pistões-amortecedores utilizados em porta-malas de automóveis, cada um com 300N de força aplicada, e foram instalados no sistema. O mecanismo criado foi acoplado ao Modelo 1, de maneira que toda a estrutura ficasse fixa, devido ao “princípio de pressão” do teto ao chão. A Figura 34 mostra o Modelo 7 instalado.



a/ Suporte em vazio.



b/ Suporte carregado.

Figura 34 - Modelo 7 instalado.

## ii/ Avaliação e Considerações

As fixações dos amortecedores não foram capazes de resistir às solicitações mecânicas do sistema, e no segundo teste, ao suspender a bicicleta, uma das fixações se rompeu.

O sistema de elevação automático foi “bem avaliado” por todos os membros da equipe, pois conseguiu elevar e deixar estabilizada uma bicicleta de cerca de 10 kgf. O fato da fixação ter quebrado mostrou a intensidade das solicitações dos materiais empregados e trouxe para a equipe a consciência da necessidade de um estudo preliminar para avaliar os esforços envolvidos.

### 3.2.2.8. Modelo 8

#### i/ Concepção do Modelo

No intuito de reparar a fixação do amortecedor do Modelo 8, foram empregadas ligações mais sólidas nos braços do dispositivo. O resultado é apresentado na Figura 35.



a/ Construção do Modelo 8.



b/ Modelo 8 instalado.

Figura 35 - Modelo 8.

## ii/ Avaliação e Considerações

Define-se como como regime vazio, aquele sem bicicleta posicionada, já o regime carregado é na situação com bicicleta posicionada. A equipe realizou duas abordagens de testes, utilizando dois ou um pistão-amortecedor, respectivamente:

- i/ Com dois pistões amortecedores posicionados simultaneamente;
- ii/ Com um pistão amortecedores posicionado.

A descrição de cada situação é descrita na sequência:

- i/ Dois pistões posicionados:



**Figura 36 - Dois Pistões Instalados**

Para posicionar a bicicleta no braço em posição inferior, a equipe teve que exercer primeiramente uma força descendente na articulação do mecanismo Figura 37.



**Figura 37 - Força descendente exercida.**

Em seguida uma bicicleta de 10 kgf foi posicionada no gancho metálico e o sistema agiu sozinho, até elevá-la ao topo Figura 38.



**a/ Posição inferior.**



**b/ Posição superior.**

**Figura 38 - Elevação automática.**

Para retirar a bicicleta foi necessário exercer uma força descendente no sistema, até o conjunto braço articulado-bicicleta descer completamente Figura 39. Neste instante, percebeu-se a necessidade de implementar uma função de trava, para que o conjunto permaneça estabilizado na posição inferior e a força exercida pelos pistões amortecedores seja inibida. No entanto, para simular este recurso, um membro da equipe reproduziu a função da trava com as mãos.



**Figura 39 - Função de trava.**

ii/ Somente um pistão amortecedor (Figura 40):



**Figura 40 – Somente um pistão instalado.**

Ao invés de acomodar os dois pistões amortecedores, um deles foi retirado, no intuito de reduzir a força ascendente do braço articulado. Ao posicionar a mesma bicicleta de 10 kgf no gancho metálico, o sistema não a elevou automaticamente, sendo necessário aplicar uma força externa. Desta forma, para manter o braço elevado, verificou-se a necessidade de implementar uma função de trava, para que

o conjunto permaneça estabilizado na posição superior, analogamente reproduzida por uma força externa, de um membro da equipe.

Ambas as abordagens de teste foram experimentadas pelos membros da equipe, junto a quatro colaboradores não relacionados ao projeto, com idade aproximada de 60 anos.

As avaliações gerais se resumem em:

- a/ A força necessária para trazer o braço articulado à posição inferior, quando a bicicleta não está posicionada (regime vazio), é demasiado elevada na situação, com dois pistões acoplados, trazendo desconforto;
- b/ Na situação de somente um pistão amortecedor instalado, a força fica reduzida; no entanto, o sistema basculante em regime de sistema carregado, não se movimenta automaticamente para cima, exigindo interferência do usuário;
- c/ O comportamento ideal seria que a bicicleta se movimentasse automaticamente para a posição de topo do mecanismo e, ao mesmo tempo, não exigisse esforço no movimento ascendente, tanto em regime vazio, como em sistema carregado;
- d/ Apesar do “paradigma”, a abordagem de teste com somente um pistão amortecedor (menor força de ação) foi melhor avaliada pelos usuários.

O Modelo 8 desenvolvido indica o conceito preliminar da solução de projeto. O protótipo foi experimentado junto à usuários e foi recebido positivamente. No entanto, entende-se as limitações da solução, no que tange ao seu funcionamento por contato do teto ao chão. Em situações onde o pé direito da residência é demasiado elevado ou o teto é constituído de estrutura frágil (gesso, por exemplo), o emprego do conceito preliminar apresentado se torna restrito. Desta forma, vê-se a oportunidade de compor uma solução modularizada, que abranja outro enquadramento de projeto, como produto complementar ao proposto por este trabalho.

### **3.3. Aperfeiçoamento das Concepções de Modelo**

Tendo definido o conceito preliminar de solução ao longo do



desenvolvimento dos oito modelos apresentados, a equipe visualiza a necessidade de segmentar o desenvolvimento do produto em duas vertentes: i/ sistema de fixação teto ao chão; ii/ braço basculante. Este aperfeiçoamento é descrito nas seções 3.3.1 e 3.3.2.

### 3.3.1. Sistema de Fixação Teto ao Chão

Caracteriza-se como Ajuste Primário aquele necessário para aproximar o comprimento da estrutura à altura do pé direito da residência. Já o Ajuste Fino é aquele que garante a fixação vertical do conjunto por meio de esforço compressivo gerado.

Atento ao primeiro Pilar de Projeto (Dispositivo não deve exigir furos na parede) desenvolveu-se o Modelo 1 na seção 3.2.2, empregando uma estrutura telescópica em bambu na qual o usuário ajusta primeiramente o comprimento do conjunto até próximo ao teto da residência e em seguida realiza o ajuste fino da estrutura rosqueando a haste superior. A estrutura dessa maneira sofre esforço compressivo, a borracha no topo deforma e garante a força de atrito necessária para o sistema não se mover. O conceito de fixação do teto ao chão se mostrou bastante interessante por não haver necessidade de realizar furos na parede da residência, uma queixa percebida durante a etapa de Síntese. No entanto, o protótipo traz dificuldades ao usuário na instalação da estrutura, visto que há necessidade de realizar movimento rotacional no conjunto com as mãos elevadas acima da cabeça – situação não ergonômica.

Visto que a essência de funcionamento por “pressão” do sistema se mostrou satisfatória, a equipe definiu interesse em explorar a concepção por meio de iterações de protótipos, apresentadas na seção seguinte.

#### 3.3.1.1. Iteração de Fixação 1

Com o intuito de reduzir o desconforto do usuário na instalação da estrutura, a equipe concebeu o mecanismo de Ajuste Primário usando um padrão linear de furos transversais a uma haste de madeira *pinus* junto à duas hastes laterais. Estas hastes são acopladas por duas blocagens de roda de bicicleta, inseridas em um furo com rebaixo nas hastes, garantindo a fixação do conjunto ilustrado na Figura 41.



**a/ Detalhe Padrão Linear de Furos.**



**b/ Acoplamento por Blocagem de Roda**

**Figura 41 – Estrutura com hastes laterais.**

A blocagem de roda (Figura 42) foi empregada como elemento travante pois trata-se de um componente familiar ao usuário de bicicleta e não requer ferramenta externa para seu manuseio. Este componente tem seu funcionamento caracterizado pelo rosqueamento de uma “porca” até a distância desejada e em seguida a aba lateral é rotacionada em 90 graus, reduzindo a distância aparente entre as laterais do conjunto, comprimindo-o. Desta maneira o usuário pode adaptar a estrutura de acordo com o pé-direito da residência de maneira mais confortável, com o movimento das mãos na altura do tronco, junto ao peito.



**Figura 42 - Blocagem de Roda de Bicicleta adaptada**

Para o Ajuste Fino da estrutura, que exerce esforço compressivo na

estrutura a fim de mantê-la fixa verticalmente, foi utilizado um apoio de móveis com pino roscado junto a uma “porca-garra”. Assim o movimento rotacional é transformado em longitudinal e permite a compressão da estrutura, ilustrado na Figura 43.



a/ Estrutura montada.



b/ Detalhe do pino roscado.



c/ Porca-garra.



d/ Apoio de móveis

**Figura 43 – Apoio de móveis com pino roscado.**

O emprego da blocagem de bicicleta como elemento de acoplamento trouxe facilidade no manuseio das hastes. Os sistemas de Ajuste Primário e Ajuste Fino se mostraram satisfatórios para fixar a estrutura do teto ao chão. No entanto o ajuste fino requer um movimento rotacional na estrutura que acarreta em manuseio desconfortável. O padrão de furos linear, que permite o Ajuste Primário da haste central até o teto do ambiente, obriga que a blocagem de roda seja completamente

retirada para realizar o movimento vertical. Tal prática demanda habilidade do usuário e não se mostra funcional.

### 3.3.1.2. Iteração de Fixação 2

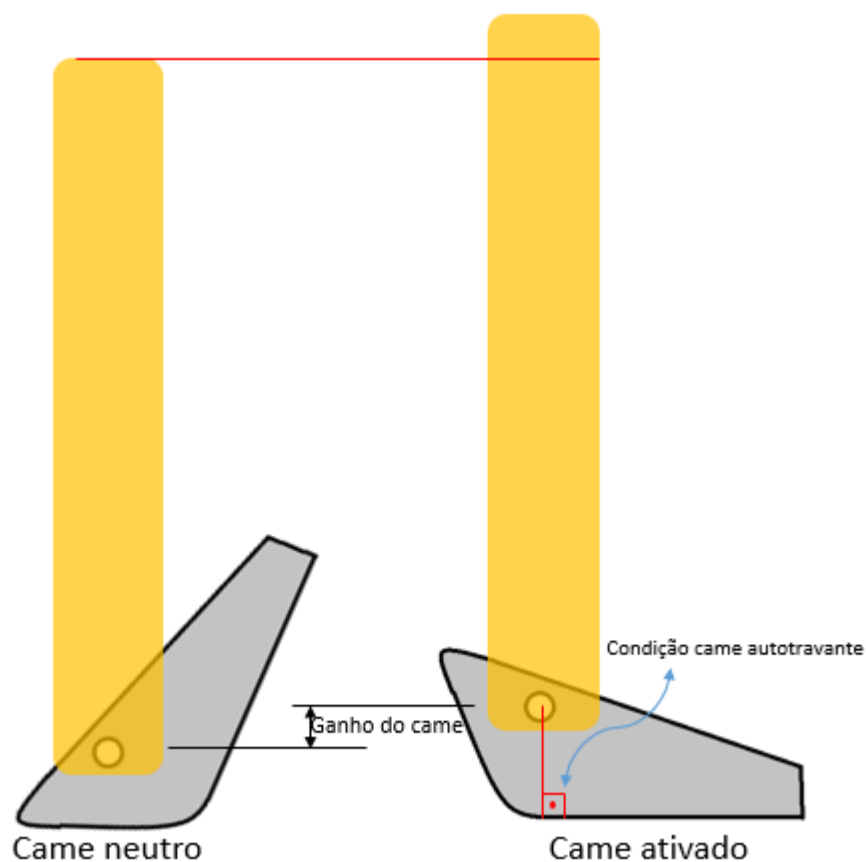
Mantendo o conjunto de hastes acopladas pelo par de blocagem de bicicletas procurou-se aprimorar o mecanismo de Ajuste Fino da estrutura. Visto a dificuldade de interação do usuário em realizar tal regulagem com as mãos, a equipe buscou uma maneira de realizá-lo com o pé, no intuito de reduzir o desconforto durante a operação. Para tanto, desenvolveu-se um sistema nomeado de Conjunto Came, acoplado na base da estrutura, ilustrado na Figura 44.



Figura 44 – Conjunto came.

O came quando em posição ativada acarreta em um deslocamento vertical na estrutura, gerando um esforço compressivo no sistema e mantendo o conjunto fixo do teto ao chão. O ganho de deslocamento é definido pela diferença na posição ativada e neutra da coordenada “y” do furo transversal do came. Visto que a estrutura quando comprimida exerce força de reação no came ativado, este tende a voltar a posição neutra. Para impedir esta situação é necessário que o furo transversal esteja deslocado da superfície de giração, garantindo o travamento. A

esquemática do ganho do came e a condição de auto travamento é exposta na Figura 45.



**Figura 45 - Desenho esquemático do came.**

O conjunto came duplo foi anexado a estrutura posicionada do teto ao chão. Quando ativado, percebe-se a flambagem das hastes, revelada na Figura 46, expondo a necessidade de ajustar o ganho do came e avaliar materiais com propriedades mecânicas mais adequadas.



**Figura 46 – Flambagem da estrutura.**

### 3.3.1.3. Iteração de Fixação 3

Uma das constatações da etapa de Síntese foi a necessidade de integrar o dispositivo de armazenamento de bicicleta à decoração da residência. Para tanto, uma alternativa que a equipe decidiu explorar foi o emprego de madeira itaúba nas soluções, com a pretensão de deixar o dispositivo agradável aos olhos do usuário e

moradores da residência onde instalado. A madeira itaúba possui densidade elevada com cerca de  $960 \text{ kg/m}^3$  e módulo de elasticidade  $14,5 \text{ GPa}$ , ela permite bom acabamento de superfície e é indicada para fabricação de móveis finos (IPT, 2017).

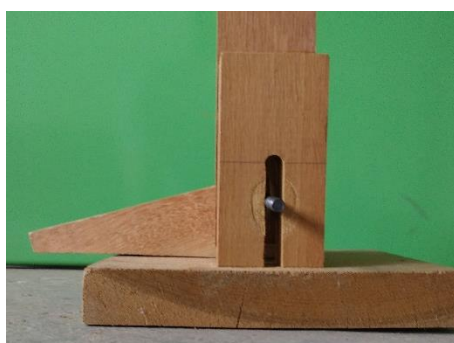
Percebeu-se que não havia necessidade do conjunto came ser duplo. Assim implementou-se um novo componente unitário em madeira itaúba, associado a uma base quadrada para estabilizar o sistema, ilustrado pela Figura 47. Na superfície inferior da base foi inserida uma película de borracha para evitar o deslizamento da estrutura em relação ao piso.



**a/ Came ativado.**



**b/ Came neutro.**



**c/ Vista lateral.**



**d/ Vista frontal.**

**Figura 47 – Base do sistema.**

Para facilitar o ajuste primário da haste central, realizou-se um canal passante na madeira ao invés do padrão de furos transversais presente nas iterações anteriores, caracterizado na Figura 48. Desta forma o movimento vertical da haste não exige que as blocagens de roda sejam completamente removidas.



a/ Montagem da haste.



b/ Canal central.

**Figura 48 – Canal central na haste.**

No topo da haste central foi acoplada uma chapa de borracha (Figura 49), de modo que quando o deslocamento da estrutura seja dado pelo came ativado, o elastômero se comprima e uma reação compressiva seja exercida no teto do local de instalação, permitindo a fixação do dispositivo.





**Figura 49 – Detalhe da chapa de borracha.**

Apesar da blocagem de roda “pressionar” as hastes consideravelmente, percebeu-se que ativando o came, o deslocamento vertical causado pelo seu ganho, acarreta no deslizamento das superfícies da haste central em relação às laterais. Para minimizar esta condição, instalou-se um par de luvas de câmara de bicicleta nas hastes laterais, a fim de aumentar o coeficiente de atrito entre superfícies, como exposto na Figura 50.



**Figura 50 - Luva anti-deslizamento.**

Para visualizar a robustez do dispositivo e avaliar o armazenamento da bicicleta foi desenvolvido um componente para suportar a bicicleta junto à estrutura de hastes. Seguindo o Pilar de Projeto: Modularização, procurou-se criar uma parte acoplável ao sistema, sem alterar as características do mesmo. O componente desenvolvido e implementado encontra-se na Figura 51.



a/ Detalhe da armação.



b/ Bicicleta posicionada.

**Figura 51 – Armação acoplável.**

A estrutura junto à bicicleta se manteve estável durante o experimento. Isso significa que a camada de borracha comprimida posicionada no topo da haste garante a força de atrito necessária para fixar a interface estrutura/teto. No entanto, a deformação no sentido vertical “y” da borracha não foi suficiente para evitar a flambagem da estrutura de madeira itaúba. Ou seja, o ganho do came foi superior a alteração de espessura da borracha.

#### 3.3.1.4. Iteração de Fixação 4

Sabe-se que a flambagem está associada às propriedades do material e a seção transversal ao esforço compressivo. Assim, mantendo o material da estrutura em itaúba, a área de seção da haste central foi duplicada em relação a iteração anterior (agora com 40 x 40 mm). Um novo came teve de ser desenvolvido, acompanhando as novas dimensões da haste central e com ganho aproximado de 8 mm. As luvas de borracha nas hastes laterais foram substituídas por uma folha de borracha fixada internamente às hastes, com o objetivo de promover o coeficiente de

atrito necessário para o não deslizamento da haste central. A estrutura reformulada é apresentada na Figura 52.



**a/ Hastes acopladas.**



**b/ Detalhe da blocagem.**



**c/ Banda anti- deslizamento**



**d/ Base do sistema.**

**Figura 52 – Estrutura reformulada.**

Em seguida, o componente modular para suportar a bicicleta foi acoplado e o suporte foi experimentado em um ambiente com pé-direito de 2,85m, ilustrado pela Figura 53.



**a/ Sistema instalado.**



**b/ Bicicleta posicionada.**

**Figura 53 - Estrutura instalada em pé-direito de 2,85m.**

A distância do par de blocagem tem influência na robustez do sistema. Quanto maior o afastamento entre elas maior será a estabilidade do conjunto de hastes. Para avaliar tal fenômeno foram realizados furos com rebaixo nas hastes laterais, expostos na Figura 54.



**Figura 54 – Experimento com padrão de furos.**

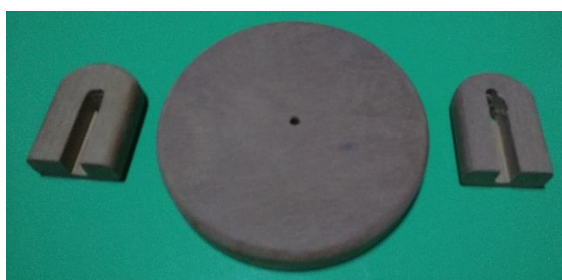
Os cinco furos realizados permitem avaliar o comportamento do dispositivo variando a distância de 150 mm até 300 mm, com incremento de 50mm. Com experimentos realizados em ambiente com pé-direito de 2,40m e 2,85m, observou-se que o afastamento mínimo de 200 mm já é suficiente para garantir a solidez do conjunto. Cabe ressaltar que a faixa de pés-direitos atendidos pelo dispositivo depende do: i/comprimento da haste central e lateral; ii/ do comprimento do canal passante na haste central; iii/ e também da distância entre furos para o par de blocagem. A equipe estabeleceu a distância em 200 mm como padrão, pois proporciona rigidez mínima suficiente e traz uma redução do comprimento “empacotado” do sistema, se comparado à situação em que o afastamento dos furos é de 250 ou 300 mm, por exemplo.

Com a configuração experimentada de ganho de came (8 mm), haste central com medidas de 40x40 mm e elastômero no topo do sistema, não se observou flambagem da estrutura. A banda de borracha inserida internamente da haste foi satisfatória para impedir o deslizamento das hastes e chegou-se a uma condição de usabilidade do dispositivo fluida e confiável.

#### 3.3.1.5. Iteração de Fixação 5

Retomando a importância de o conjunto estar em harmonia com o ambiente

da residência e ter estética percebida agradável, a equipe buscou dar melhor acabamento nas partes em madeira itaúba com arredondamento das arestas usando uma tupa de bancada e provendo um tratamento com fluido selador nas peças. A base da estrutura foi reformulada com a intenção de esconder o eixo passante do came, realizando um canal parcial nas abas laterais, ilustrado pela Figura 55.



a/ Base desmontada.



b/ Base montada.

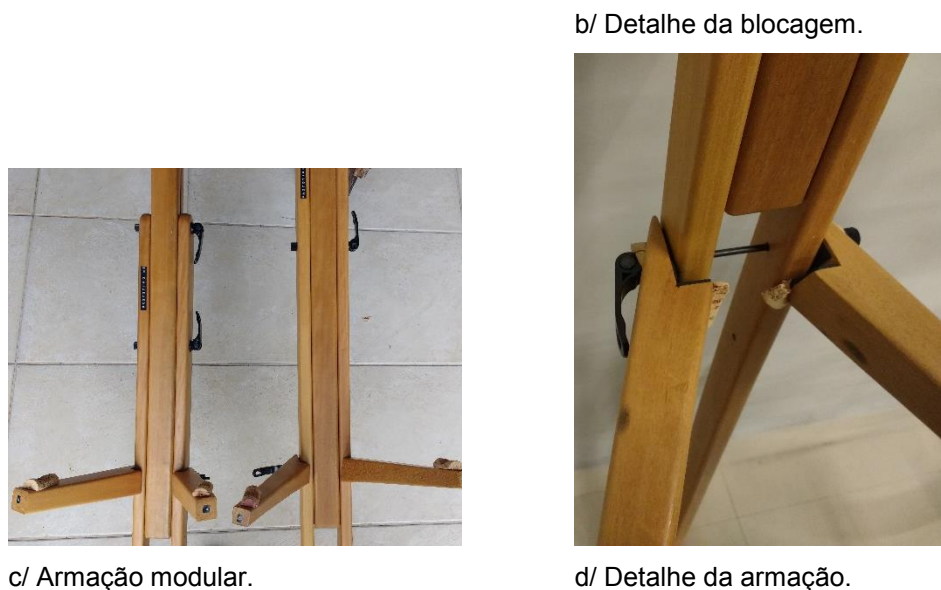
Figura 55 – Estrutura da base.

Foram fabricados dois suportes com medidas de hastes laterais e centrais diferentes para experimentação com o usuário, representado pela Figura 56.



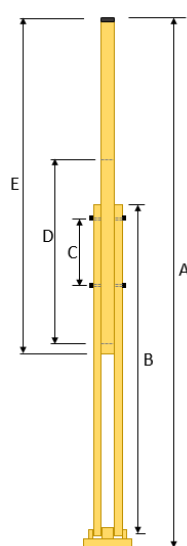
a/ Base da estrutura.





**Figura 56 – Protótipos desenvolvidos em madeira itaúba.**

A esquematização de dimensões dos dois conjuntos é exposta na Figura 57.



**Conjunto 1:**

$A_{\text{máx}} = 2900\text{mm}$   
 $A_{\text{mín}} = 2100\text{mm}$   
 $B = 1500\text{mm}$   
 $C = 250\text{mm}$   
 $D = 800\text{mm}$   
 $E = 1700\text{mm}$

**Conjunto 2:**

$A_{\text{máx}} = 2750\text{mm}$   
 $A_{\text{mín}} = 1950\text{mm}$   
 $B = 1400\text{mm}$   
 $C = 200\text{mm}$   
 $D = 800\text{mm}$   
 $E = 1600\text{mm}$

**Figura 57 - Dimensões dos modelos.**

A intenção deste projeto é acomodar um mecanismo de braço basculante, a fim de reduzir o esforço no armazenamento de bicicleta. No entanto, para avaliar a solidez prévia do sistema, optou-se por posicionar duas bicicletas em uma mesma

estrutura vertical, acomodadas pelos suportes modulares apresentados na iteração anterior.

Primeiramente a equipe avaliou o posicionamento de bicicletas com diferentes geometrias na estrutura, observando a robustez da mesma e a compatibilidade de alturas de pé-direito, exposto pela Figura 58. Constatou-se que em situações em que o pé-direito é baixo (inferior a 2,40 m), o posicionamento de duas bicicletas em uma mesma estrutura fica comprometido, pois a roda da bicicleta superior se sobrepõe ao guidão e banco da bicicleta inferior.



**Figura 58 – Posicionamento de bicicletas.**

Em paralelo a equipe instalou um suporte em uma sala de residência para avaliar junto aos moradores o apelo decorativo do sistema, ilustrado na Figura 59. O conjunto foi acolhido positivamente, indicando para a equipe que o dispositivo se integra harmoniosamente à decoração interior.



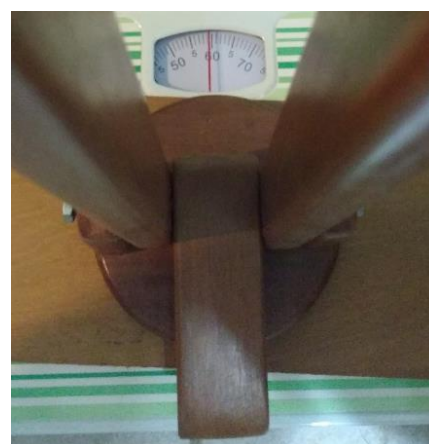


**Figura 59 – Estrutura em ambiente interno.**

Para quantificar os esforços compressivos envolvidos quando instalada a estrutura, posicionou-se uma balança analógica na base do sistema. A massa do conjunto verificada foi de 7kg. Logo quando ativado o came a estrutura se comprime e resulta uma tensão compressiva. Neste instante, o marcador da balança indicou 60kg. Nas horas seguintes o visor da balança marcou 50kg e 7 dias depois, indicava 45kg, ilustrado pela Figura 60.



**a/ Massa inicial: 7kg.**



**a/ Came ativado: 60kg.**



c/ Instantes após ativado: 50kg.

d/ Sete dias após ativado: 45kg.

**Figura 60 – Visualização de esforços compressivos.**

Esta situação indica que a partir do momento em que o came é ativado a “força” indicada pela balança decresce. As hipóteses levantadas para explicar o fenômeno foram: a/ a mola presente no sistema da balança sofreu relaxamento e a massa indicada decaiu; e b/ a borracha inserida no topo da estrutura, que se comprime devido ao deslocamento gerado pelo ganho do came, passa a exercer tensão compressiva menor, pois sofre deformação residual permanente. Ambas hipóteses foram consideradas como prováveis pela equipe, indicando a necessidade de selecionar o material elastômero do topo com propriedades adequadas.

Em um segundo momento os dispositivos foram levados para um escritório compartilhado em Curitiba, com o objetivo de receber feedback de usuários de bicicleta, ilustrado pela Figura 61.



**Figura 61 – Dispositivos instalados em escritório compartilhado.**

Os conjuntos ficaram expostos durante um período de catorze dias com o uso diário para o armazenamento de bicicletas. O objetivo foi receber avaliações sobre: a/ características estéticas do protótipo; b/ dificuldades na instalação; c/robustez da estrutura percebida pelo usuário; d/ usabilidade no posicionamento da bicicleta. Como resposta dos usuários, tem-se que:

a/ o produto é agradável esteticamente e entra em harmonia com a decoração do ambiente;

b/ a instalação do dispositivo, que inclui o posicionamento da haste central até o encontro do teto, o aperto do par de blocagens de bicicleta e o movimento do came, requer uma pré-instrução de funcionamento, mas é bastante cômodo;

c/ a estrutura é suficientemente robusta, não apresenta sinais que irá despencar, mas no entanto é suscetível a movimentos torcionais;

d/ o posicionamento da bicicleta na armação modular superior requer muito esforço, ressaltando novamente a necessidade do braço basculante para a equipe.

Encerrado o período de testes do protótipo resultante da Iteração de Fixação 5, a equipe constatou que a concepção de fixação do teto ao chão está em níveis de detalhamento suficientemente maduros e pode-se dar início ao aperfeiçoamento do sistema de braço basculante, apresentado na seção seguinte.

### 3.3.2. Braço Basculante

O mecanismo de quatro barras basculante com auxílio de pistão mola-gás desenvolvido no Modelo 8 da seção 3.3.2 foi empregado com a intenção de reduzir o esforço necessário pelo usuário ao posicionar a bicicleta. No entanto a concepção está demasiada bruta esteticamente e não apresenta sistema de travamento do braço na posição inferior e superior.

Esta seção expõe o aperfeiçoamento iterativo do conjunto braço basculante integrado ao sistema de fixação teto ao chão refinado, buscando deixar o sistema mais compacto e a usabilidade satisfatória.

#### 3.3.2.1. Iteração do Braço 1

Com a intenção de simplificar o sistema, foi desenvolvido um braço basculante a partir de uma viga de itaúba de seção 40x40mm. Este braço foi acoplado a uma base composta por duas abas laterais que permitem a conexão com a estrutura vertical principal, do teto ao chão. O movimento basculante é possível devido a instalação de um par de rolamentos encostados no braço. Detalhes da haste rolamentada e das abas laterais são expostos pela Figura 62.



**Figura 62 – Braço basculante.**

O posicionamento do braço instalado na estrutura vertical foi examinado pela equipe e é ilustrado pela Figura 63.



a/ Posição superior do braço.



b/ Posição inferior do braço.

**Figura 63 – Braço basculante acoplado à estrutura vertical.**

O sistema não permite acomodar uma bicicleta junto ao braço, já que não foi instalada nenhuma armação para sustenta-la. Verificou-se, no entanto, que o componente unitário substitui perfeitamente o mecanismo anterior de quatro barras, além de estar de acordo com a condição de modularidade, já que pode ser removido da estrutura vertical facilmente.

### 3.3.2.2. Iteração do Braço 2

Para analisar o movimento rotacional do braço, acomodando uma bicicleta e com o auxílio do pistão mola-gás, foi necessário adequar o componente desenvolvido na Iteração do Braço 1. Para tanto, foi concebido um novo braço empregando compensado de madeira em lâminas, na espessura de 20mm. Duas barras foram cortadas e coladas para atingir a dimensão de 40mm desejada. Um rebaixo na madeira foi realizado com auxílio de uma tupa de bancada para o posicionamento do pistão. Na sequência, foi desenvolvido um componente para fixar

a extremidade inferior do pistão, permitindo que a peça pudesse ser ligada à estrutura vertical principal. O resultado de fabricação é ilustrado na Figura 64.



**a/ Visão geral.**



**b/ Detalhe do encaixe do pistão.**



**c/ Detalhe do rolamento.**



**d/ Blocação do pistão.**

**Figura 64 – Braço basculante em compensado de madeira.**

O conjunto apresenta as características necessárias para auxiliar no armazenamento da bicicleta e realizar o movimento basculante. No entanto, a interface de conexão com a estrutura vertical do teto ao chão não é satisfatória, por este motivo necessita ainda aperfeiçoamento.

### 3.3.2.3. Iteração do Braço 3

Pensando na modularidade do sistema e facilidade de instalação do conjunto a equipe avaliou que seria de interesse criar um componente único que permitisse a fixação tanto do braço rolamentado como da extremidade inferior do pistão mola-gás. Ponderou-se que o material madeira, até então empregado, não seria adequado para o desenvolvimento deste componente, pois possui limitações de resistência mecânica e impõe restrições de fabricação. Deste cenário, a equipe identificou como possibilidade um perfil de chapa metálica, que acomodasse os componentes do braço e pudesse ser anexado à estrutura vertical principal do teto ao chão. O esboço deste perfil é ilustrado na Figura 65.



**Figura 65 – Esboço do perfil da chapa.**

Em seguida, uma chapa de aço com 0,8mm de espessura foi empregada para fabricação do componente. A chapa foi cortada com auxílio de uma serra esmeril e “tico-tico” e então dobrada manualmente para tomar forma perfilada. O processo e resultado é exposto na Figura 66.



a/ Corte com serra esmeril.



b/ Corte em serra "tico-tico".



c/ Chapa dobrada.



d/ Chapa dobrada – vista superior.

**Figura 66 – Fabricação da chapa de aço com 0,8mm.**

O braço foi então instalado junto com o pistão e todo conjunto foi conectado à haste principal vertical por meio de um par de blocagem de roda de bicicleta, componente já explorado anteriormente na seção de Iteração de Sistema de Fixação Teto ao Chão. Para o acomodamento da bicicleta, foi empregado o mesmo componente de armação utilizado no Modelo 8, da seção 3.2.2, confeccionado a partir de uma barra metálica curva, envolta por uma banda de borracha. O resultado final é exibido na Figura 67.





**a/ Detalhe do braço basculante.**



**b/ Bicicletas armazenadas.**

**Figura 67 – Conjunto braço e estrutura vertical instalados.**

A solução, apesar de ter sido fabricada manualmente e não ter sido dimensionada minuciosamente, se mostrou bastante promissora. A concepção do conjunto braço basculante reunido em um único módulo é de fácil instalação e tem dimensões compactas. Apesar de o material metálico contrastar com a madeira empregada na estrutura, se mostra esteticamente sofisticado.

Constatou-se que é necessário haver um mecanismo de travamento do braço basculante angulado tanto na posição superior como inferior. Este desenvolvimento é tratado na iteração seguinte.

#### 3.3.2.4. Iteração do Braço 4

Soluções para o mecanismo de trava foram idealizadas pela equipe e estão dispostas no Apêndice H. Uma das concepções foi refinada e materializada empregando um fecho de portão do tipo “papagaio”. Uma haste guia com o olhal de trava foi acomodada junto ao módulo da chapa metálica. O funcionamento se baseia no travamento da argola olhal na posição superior, junto ao fecho, quando o braço

basculante se encontra elevado e o inverso para bloquear o braço na posição inferior, ilustrado pela Figura 68.



**a/ Trava superior.**



**b/ Trava inferior.**

**Figura 68 – Trava fecho “papagaio”.**

A montagem do conjunto é exposta na Figura 69.



a/ Detalhe do fecho “papagaio”.



b/ Detalhe do conjunto do braço.



c/ Vista frontal.



d/ Vista lateral.

**Figura 69 – Módulo do braço basculante montado.**

O módulo foi acoplado na estrutura vertical principal e uma bicicleta foi posicionada no braço basculante, exibido na Figura 70.



**a/ Posição inferior.**



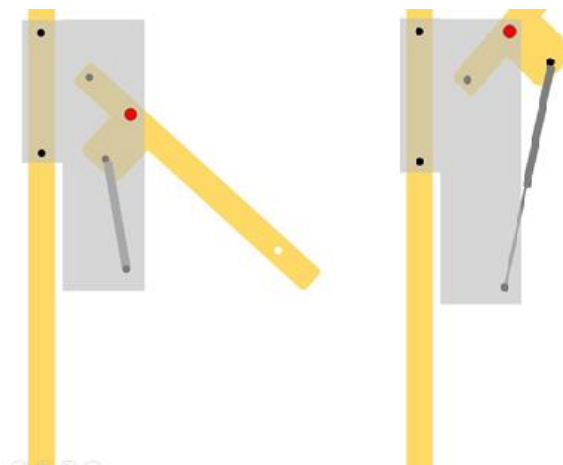
**b/ Posição superior.**

**Figura 70 – Conjunto instalado.**

Confirmou-se que o sistema de trava na posição inferior e superior exerce sua função. No entanto exige que o usuário atue movimentando o fecho “papagaio” de forma não confortável e não confiável.

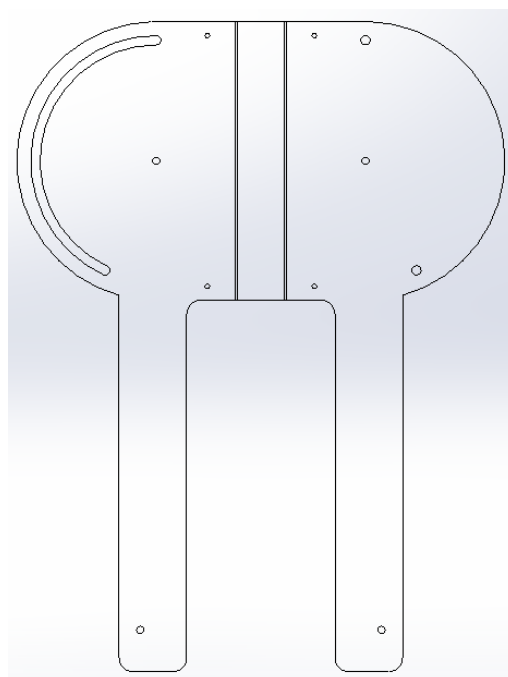
#### 3.3.2.5. Iteração do Braço 4

Dentre uma das ideias de mecanismo de travamento contidas no Apêndice H, está o emprego de um pino transversal à estrutura em madeira do braço, que acompanha o movimento basculante seguindo um canal realizado no perfil metálico. O esquema é representado pela Figura 71.



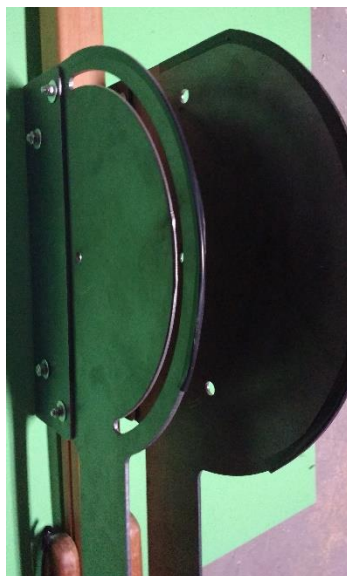
**Figura 71 - Esquema de funcionamento da trava.**

Para implementação do conceito foi elaborado um desenho do formato da chapa em perfil U desejado. Selecionado o material em aço com 3 mm de espessura, foi levado para corte em máquina a plasma. O desenho empregado para o corte é ilustrado na Figura 72.



**Figura 72 - Plano de corte da chapa.**

A intenção era que a chapa se apresentasse em corpo único, com dobra perfilada, no entanto não foi possível a fabricação nessas condições e as 3 partes de chapa cortadas tiveram de ser acopladas por meio de parafusos. O resultado da fabricação é exposto na Figura 73.



**Figura 73 – Estrutura da chapa montada.**

Em seguida o módulo foi integrado à estrutura vertical principal, o pistão e braço foram incorporados e o pino de travamento foi posicionado, ilustrados pela Figura 74.



**a/ Pino travante.**



**b/ Braço na posição inferior.**



c/ Vista lateral.



d/ Vista isométrica.

**Figura 74 – Módulo integrado a estrutura principal.**

Como observado em experimentos anteriores, o usuário apresenta dificuldades em realizar o movimento descendente do braço, quando o sistema está sem a bicicleta, pois tem de vencer o esforço imposto pelo pistão mola-gás. Para minimizar a força necessária deste ato a equipe posicionou a alça do usuário distante da armação gancho (Figura 75), assim o efeito “alavanca” auxilia na movimentação basculante.



**Figura 75 - Armação gancho e alça para usuário.**

O sistema foi experimentado com a bicicleta posicionada e o funcionamento da trava com o pino transversal atendeu os requisitos, expostos na Figura 76.



**a/ Posição superior.**



**b/ Posição inferior.**



**c/ Duas bicicletas instaladas.**

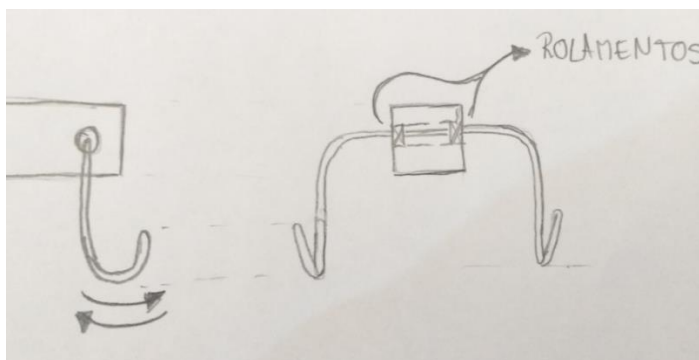


**d/ Movimento descendente pelo usuário.**

**Figura 76 – Conjunto instalado.**

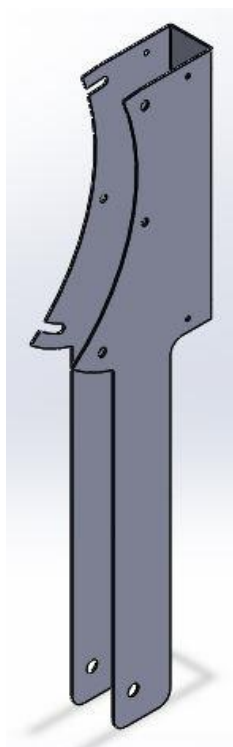
Como melhoria para a armação metálica, que sustenta a bicicleta superior, a equipe considera que deveria ser empregado um sistema que permita o movimento oscilatório do componente, ilustrado pela Figura 77.





**Figura 77 - Armação com movimento oscilatório.**

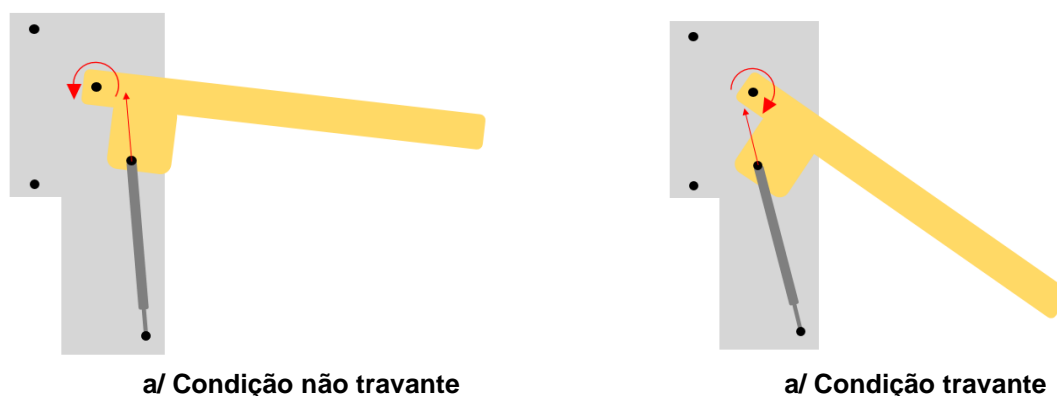
A estrutura metálica foi superdimensionada intencionalmente, sem preocupação com volume e massa, a intenção era observar o comportamento da trava do braço basculante e se mostrou suficiente para o entendimento do mecanismo. Percebe-se que o semicírculo nas abas laterais não é necessário. A estrutura poderia ser simplificada pela representação da Figura 78 e se manteria com funcionamento adequado.



**Figura 78 - Representação da chapa simplificada**

Visualizando o comportamento do braço basculante junto ao movimento do pistão mola-gás, constatou-se que poderia existir uma situação em que a força de

atuação do pistão favorecesse o movimento descendente do braço articulado. Desta forma poderia ser engenhado um sistema que não necessitasse o movimento manual do pino travante. Tal situação foi verificada e é representada pela Figura 79.



**Figura 79 - Condição auto-travante.**

Desta maneira, a equipe estabelece que o módulo do braço basculante com mecanismo travante nas posições inferior e superior está concebido com detalhes satisfatórios aos requisitos desejados. O acoplamento do módulo do braço junto ao sistema vertical de fixação do teto ao chão permite o armazenamento de duas bicicletas (uma no braço superior e outra na armação inferior) de maneira que facilita o posicionamento das mesmas, devido ao pistão mola-gás auxiliar. A estrutura não requer furos na parede, tem o manuseio de instalação avaliado como confortável e possui características esteticamente agradáveis.

### **3.3 Súmula do Capítulo**

Neste capítulo os aprendizados da Fase de Inspiração foram compilados e as ideias de solução de produto foram apresentadas. Os modelos construídos foram avaliados e a concepção inicial foi definida, com sua devida limitação. Na sequência o aperfeiçoamento da solução se desdobrou em duas vertentes, encerrando com a proposta de um sistema suficientemente confiável e experimentado junto aos usuários. Assim, prossegue-se com o Capítulo 4, onde o dimensionamento mecânico dos componentes é desenvolvido.

## 4. PROJETO PRELIMINAR

O projeto preliminar foi segmentado basicamente em duas partes: i/ definição dos propagadores de restrição; e ii/ considerações prévias e dimensionamento das estruturas envolvidas.

### 4.1. Propagadores de restrição

A fim de definir as restrições que as características dos itens envolvidos no projeto impõem sobre o dimensionamento, foram listados e classificados propagadores de restrição em três grupos distintos: i/ Local de instalação; ii/ características da bicicleta e iii/ características do usuário.

i/ Local de instalação:

- a/ Altura do pé-direito;
- b/ Material do teto.

ii/ Características da bicicleta:

- a/ Geometria do quadro;
- b/ Massa da bicicleta;
- c/ Local do conduíte do freio;
- d/ Dimensões da bicicleta.

iii/ Características do usuário:

- a/ Altura;
- b/ Força.

Na Tabela 9 são descritas as relações entre os propagadores de restrição e itens a serem dimensionados.

**Tabela 9 – Propagadores de restrição.**

Conjunto	Item a ser dimensionado/definido	Propagador de Restrição relacionado
Conjunto Braço	Braço	Massa da bicicleta
		Força do usuário
	Pistão	Massa da bicicleta
		Força do usuário
	Ângulo final (superior) do braço	Dimensões da bicicleta

Conjunto	Item a ser dimensionado/definido	Propagador de Restrição relacionado
	Ângulo inicial (inferior) do braço	Dimensões da bicicleta Distância para rodar o pedal livre
	Trava do movimento	Massa da bicicleta Conduíte do freio
	Gancho de suporte da bicicleta superior	Dimensões da bicicleta Geometria do quadro
	Came	Material do chão Material do teto
Conjunto Haste	Borracha	Material do chão Material do teto
	Haste	Altura do pé-direito Altura do usuário
	Altura do conjunto braço	Altura do usuário

## 4.2. Dimensionamentos

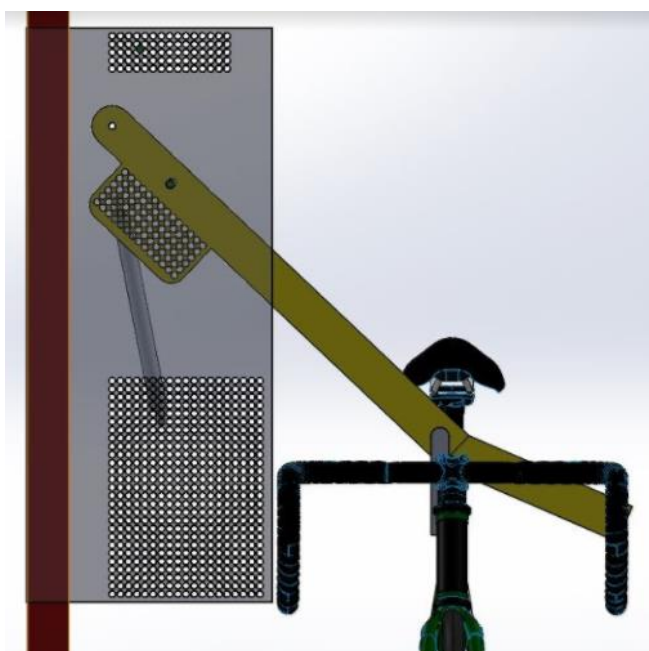
### 4.2.1. Considerações gerais

Os protótipos desenvolvidos no Capítulo 3 foram confeccionados basicamente em madeira. A concepção final da Iteração do Sistema de Fixação Teto ao Chão empregou a madeira itaúba em seus componentes. A fabricação das partes se deu de maneira bastante artesanal, em parte pela falta de maquinário disponível à equipe, mas também pelas propriedades irregulares que a madeira bruta apresenta e a dificuldade de padronizar o processo. Para contornar esta situação, mas manter o apelo estético do produto, a equipe definiu que os componentes do projeto seriam manufaturados em chapa de madeira compensada, com lâminas sobrepostas coladas com resina fenólica, conhecido como “compensado naval”. Avaliadas as espessuras de chapas disponíveis no mercado nacional e a partir dos experimentos realizados com os Modelos produzidos em Itaúba, definiu-se que a espessura da chapa seria de 25mm. Para dar agilidade ao processo e garantir melhor qualidade dimensional dos componentes, definiu-se que o processo primário de fabricação seria a usinagem em uma máquina *router* CNC.



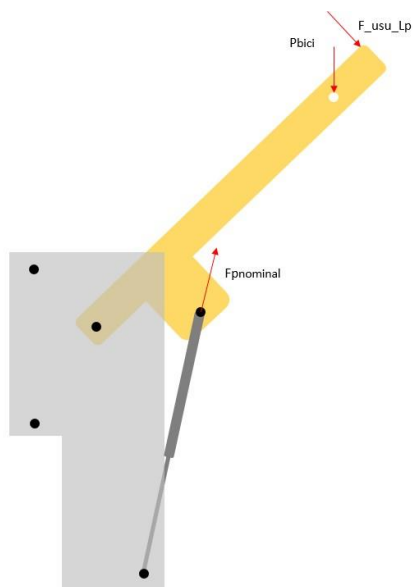
#### 4.2.2. Conjunto braço basculante

O conjunto braço basculante, mostrado no desenho esquemático (Figura 82) foi dimensionado de forma iterativa devido a sua complexidade e à interdependência entre as variáveis do sistema. Para melhor visualização das dimensões no processo iterativo, utilizou-se de um modelo genérico no *software* Solidworks mostrado na Figura 81, onde as dimensões foram sendo variadas de acordo as mudanças feitas nos cálculos.



**Figura 81 - Modelo genérico.**

Os requisitos de projeto e, por consequência, informações de entrada para o dimensionamento, vistas na Figura 82 foram: Peso da bicicleta ( $P_{bici}$ ) e a força do usuário para movimentar o braço ( $F_{usu\_Lp}$ ).



**Figura 82 - Desenho esquemático do conjunto braço basculante.**

Ao manipular os protótipos, pode-se constatar que a relação força usuário *versus* movimento, na condição crítica, se dá ao movimentar o braço da posição superior para a inferior, sem a bicicleta. Para a obtenção da força do usuário para movimentar do braço confortavelmente, foi realizado um teste com oito usuários (Figura 83), onde a força inicial do teste foi de 60 N e o acréscimo de 5 N. O resultado é mostrado na Tabela 10.



**a/ Usuária de baixa estatura.**



**b/ Usuário de estatura mediana.**

**Figura 83 – Experimento de força com usuários.**

**Tabela 10 - Resultados teste de força com usuários.**

Usuário	Força limite confortável [N]
1	85
2	90
3	75
4	75
5	85
6	80
7	90
8	80

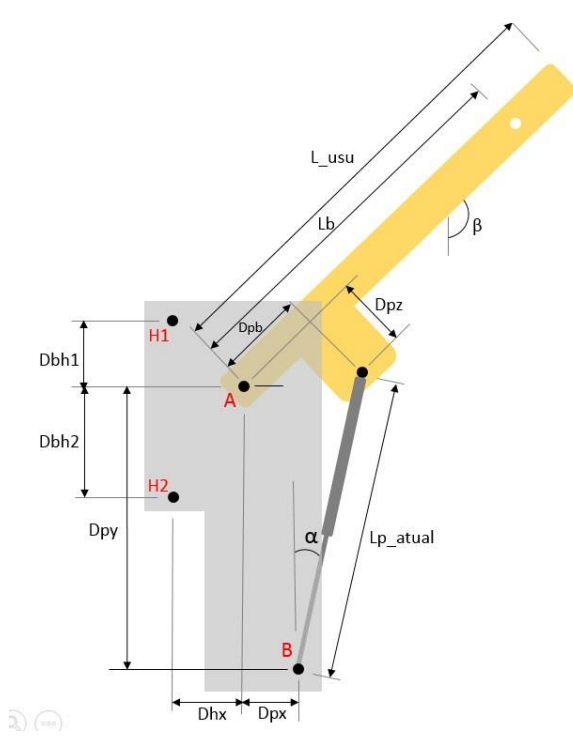
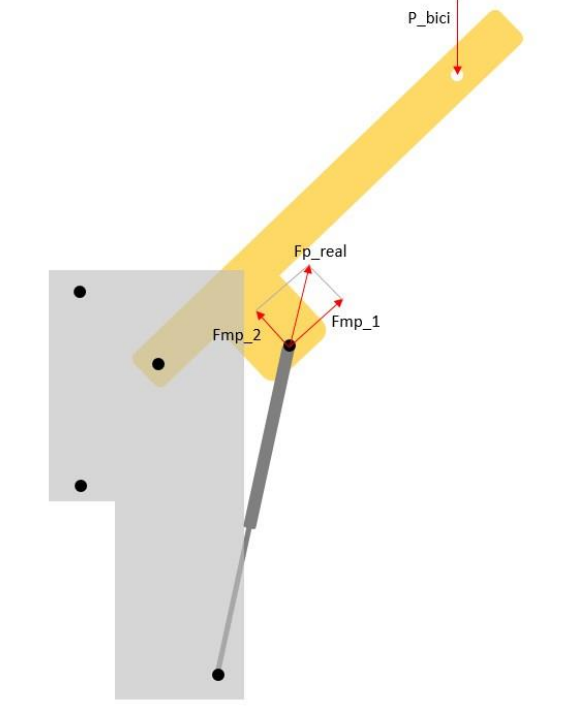
Portanto, para o cálculo do sistema, utilizou-se a força limite dos usuários 3 e 4 de 75 N. O peso da bicicleta estabelecido para realizar os dimensionamentos foi de 150N. Esta condição vem da pesquisa dos diferentes tipos de bicicleta no Capítulo 2.

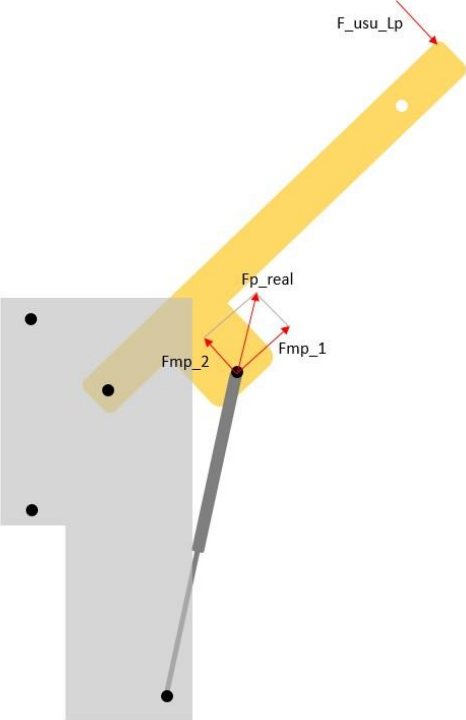
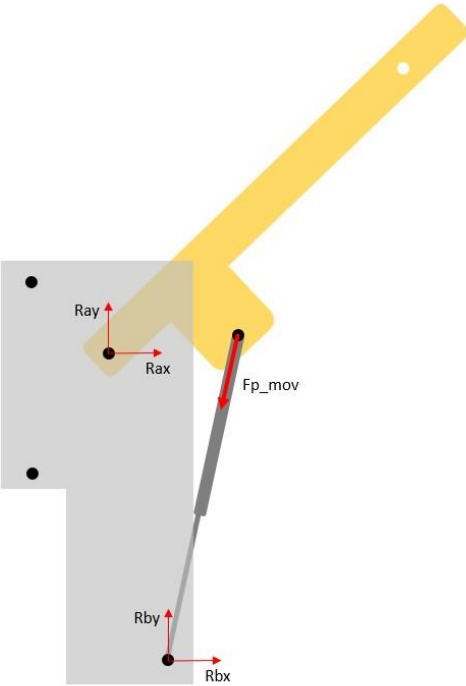
O equacionamento de todos os cálculos referentes a presente seção está no Apêndice I. Por serem variáveis dependentes entre si, o cálculo foi realizado iterativamente através do *software* Excel, onde fixou-se a variável de entrada peso da bicicleta e foi feita a alteração das variáveis restantes. A Tabela 11 mostra os resultados escolhidos que atendem a todos os requisitos de projeto do dimensionamento do sistema braço-pistão. No processo de iterações, foi constatado que o ângulo do braço ( $\beta$ ) em que existem as maiores forças envolvidas no sistema é  $\beta = 117,5^\circ$

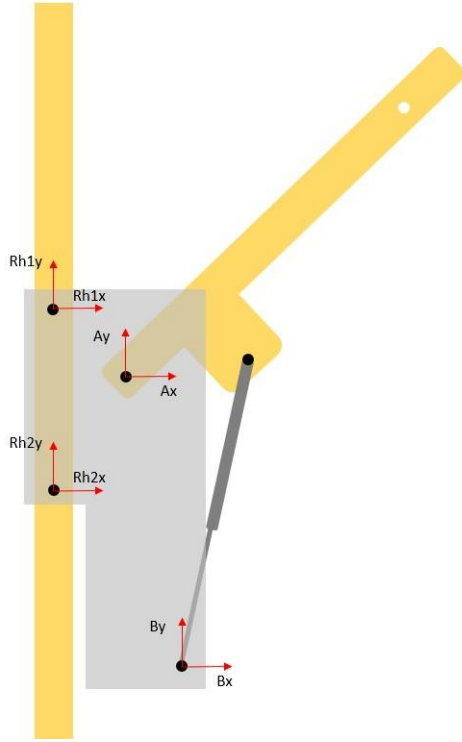
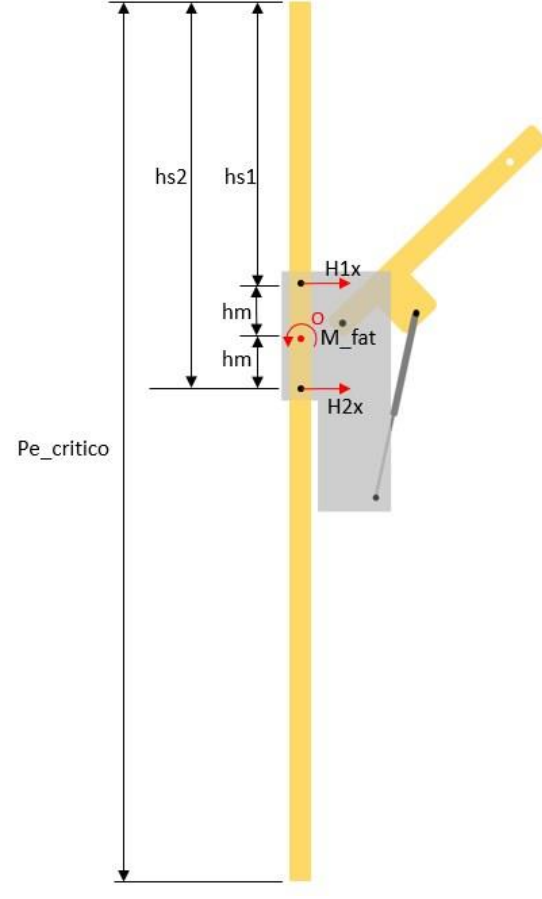
**Tabela 11 – Dimensões empregadas no módulo do braço basculante.**

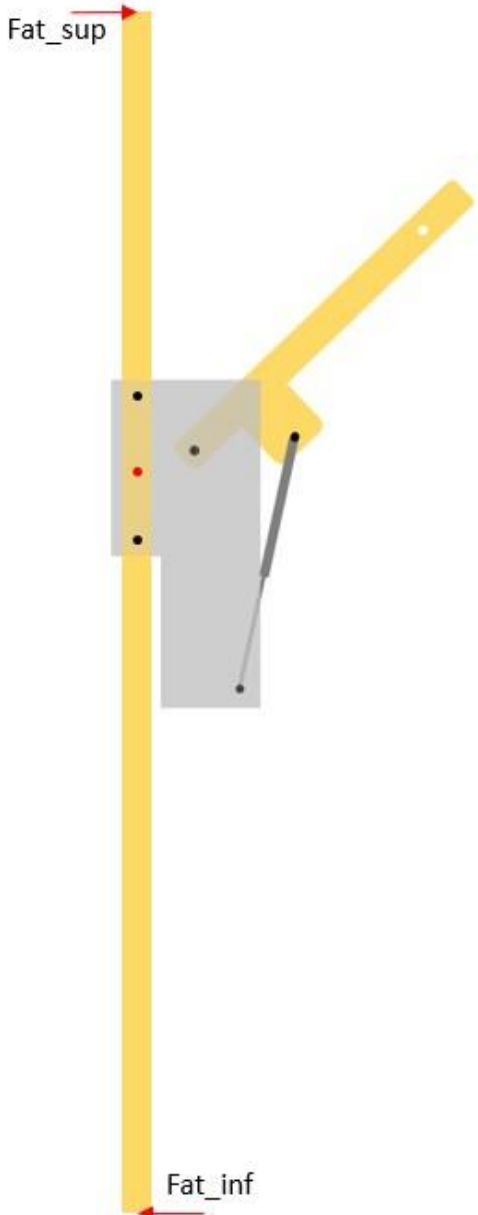
Desenho esquemático	Valor das variáveis
---------------------	---------------------



Desenho esquemático	Valor das variáveis
	<p>Variáveis independentes de <math>\beta</math>:</p> <p><math>L_{usu} = 650 \text{ mm}</math></p> <p><math>L_b = 550 \text{ mm}</math></p> <p><math>D_{pz} = 70 \text{ mm}</math></p> <p><math>D_{pb} = 80 \text{ mm}</math></p> <p><math>D_{bh1} = 95 \text{ mm}</math></p> <p><math>D_{bh2} = 115 \text{ mm}</math></p> <p><math>D_{py} = 360 \text{ mm}</math></p> <p><math>D_{hx} = 56 \text{ mm}</math></p> <p><math>D_{px} = 60 \text{ mm}</math></p> <p>Variáveis dependentes de <math>\beta</math> (para <math>\beta=117,5^\circ</math>)</p> <p><math>L_{p_{atual}} = 337,6 \text{ mm}</math></p> <p><math>\alpha = 7,36^\circ</math></p>
	<p>Variáveis independentes de <math>\beta</math>:</p> <p><math>P_{bici} = 150 \text{ N}</math></p> <p>Variáveis dependentes de <math>\beta</math> (para <math>\beta=117,5^\circ</math>)</p> <p><math>Fp_{real} = 409,18 \text{ N}</math></p> <p><math>Fmp_1 = 335,73 \text{ N}</math></p> <p><math>Fmp_2 = 233,90 \text{ N}</math></p>

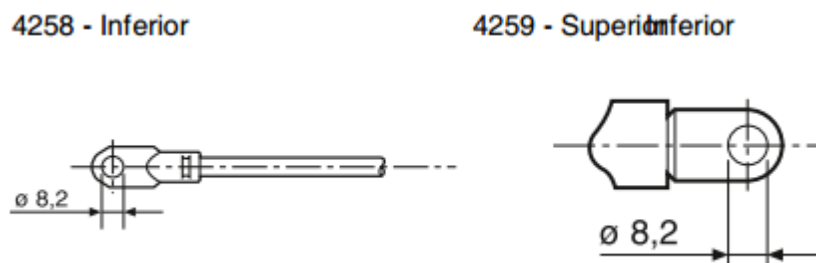
Desenho esquemático	Valor das variáveis
	<p>Variáveis dependentes de <math>\beta</math> (para <math>\beta=117,5^\circ</math>)</p> <p>Obs: A força necessária para a movimentação do braço se dá sem a carga da bicicleta, ou seja, para o cálculo desta variável <math>P_{bici} = 0</math> N</p> <p><math>F_{usu_{Lp}} = 73,16</math> N</p>
	<p>Variáveis dependentes de <math>\beta</math> (para <math>\beta=117,5^\circ</math>)</p> <p><math>F_{p_{mov}} = -409,18</math> N</p> <p><math>R_{a_x} = 149,3</math> N</p> <p><math>R_{a_y} = -96,85</math> N</p> <p><math>R_{b_x} = 720,53</math> N</p> <p><math>R_{b_y} = -314,73</math> N</p>

Desenho esquemático	Valor das variáveis
	<p>Variáveis dependentes de <math>\beta</math> (para <math>\beta=117,5^\circ</math>)</p> $A_x = -149,3 \text{ N}$ $A_y = 96,85 \text{ N}$ $B_x = -720,53 \text{ N}$ $B_y = 314,73 \text{ N}$ $Rh1_x = -559,18 \text{ N}$ $Rh1_y = -205,79 \text{ N}$ $Rh2_x = 1429,03 \text{ N}$ $Rh2_y = -205,792 \text{ N}$
	<p>Variáveis dependentes de <math>\beta</math> (para <math>\beta=117,5^\circ</math>)</p> $H1_x = 559,18 \text{ N}$ $H2_x = -1429,03 \text{ N}$ $M_{fat} = 208,76 \text{ Nm}$ <p>Variáveis independentes de <math>\beta</math>:</p> $Pe_{critico} = 2400 \text{ mm}$ $h_m = 105 \text{ mm}$ $hs_1 = 805 \text{ mm}$ $hs_2 = 1015 \text{ mm}$

Desenho esquemático	Valor das variáveis
	<p>Variáveis dependentes de <math>\beta</math> (para <math>\beta=117,5^\circ</math>)</p> <p><math>Fat_s = 114,7 \text{ N}</math></p> <p><math>Fat_i = 75,36 \text{ N}</math></p>

A equipe avaliou que o movimento do braço basculante deveria variar com angulação  $\beta$  de 45 até 160 graus, resultando em um ganho de altura de 905,75 mm da bicicleta. Assim, a condição inferior deve garantir o travamento automático do braço, mesmo quando não carregado da bicicleta. Para atender as condições de força máxima que o usuário pode exercer no movimento ascendente e enquadrar as dimensões do conjunto, foi selecionado junto ao fabricante Nakata o pistão mola-gás MG 16516 com força de atuação de 370N. A dimensão estendida entre furos do

pistão é de 425mm e comprimida 260mm. A interface de encaixe do componente é representada pela Figura 84.



**Figura 84 - Terminações do Pistão Mola-Gás.**

O autotravamento inferior, sem a bicicleta estar alocada, se dá quando o ângulo do braço  $\beta$  é menor que  $50,6^\circ$ . Para o autotravamento superior, havendo a presença da bicicleta, o ângulo  $\beta$  deve ser maior que  $158^\circ$ . Portanto, como o ângulo mínimo e máximo do braço é de  $45^\circ$  e  $160^\circ$ , respectivamente, considera-se o sistema autotravante.

#### 4.2.3. Sistema de fixação do teto ao chão

A estrutura principal do sistema consiste em 2 hastes laterais (de seções iguais) e uma haste central (com seção maior que a seção da haste lateral). Além disso, possui uma base com um sistema de came para dar pressão à estrutura e um elastômero na parte superior.

O elastômero é um componente que se localiza na parte superior da haste e faz interface com o teto. Suas funções principais são: amortecer a pressão exercida pelo ganho do came e evitar que o suporte escorregue por meio da criação de uma interface mais rugosa com o teto, aumentando o coeficiente de atrito.

Para fins de dimensionamento, observou-se que dois fatores são de extrema importância para o projeto, a flambagem e o escorregamento da estrutura. No caso da flambagem, o fator estético tem um grande peso, afinal uma estrutura flambada não transmite confiança ao usuário final. No caso do escorregamento da estrutura, é muito importante que a estrutura seja bem presa, para que o dispositivo seja um item seguro.

Deste modo, para atender aos dois requisitos, entra-se de certa forma em uma contradição, ou seja, quanto maior for a força para evitar o escorregamento, maior será a flambagem, que é indesejada e deve ser minimizada.

A fim de se aperfeiçoar o sistema, foram realizadas uma série de simulações, variando os parâmetros do sistema, que serão descritos nos subcapítulos abaixo.

#### 4.2.3.1. Seleção do Material

O material escolhido, como já anteriormente citado, é o compensado naval. O seu uso é justificado pelo fato de a chapa de compensado ser facilmente manufaturada. Segundo a NBR 9533/86, este tipo de chapa deve apresentar um módulo de elasticidade (E) de 6000 MPa. Este é o valor do módulo de elasticidade admitido por este trabalho para os dimensionamentos. O acabamento do conjunto se dará com a aplicação de um fluído selador para madeira, pois, além do ganho de resistência a umidade, o resultado final é esteticamente agradável.

#### 4.2.3.2. Cálculo da força crítica de flambagem ( $P_{\text{crítico}}$ )

No que se diz respeito à flambagem, realizou-se primeiramente cálculos para encontrar o  $P_{\text{crítico}}$ , que é a força normal máxima que a estrutura suporta. Para tal, considerou-se que toda a estrutura possui a mesma seção, reduzindo assim, a complexidade dos cálculos, como mostra a Figura 85.

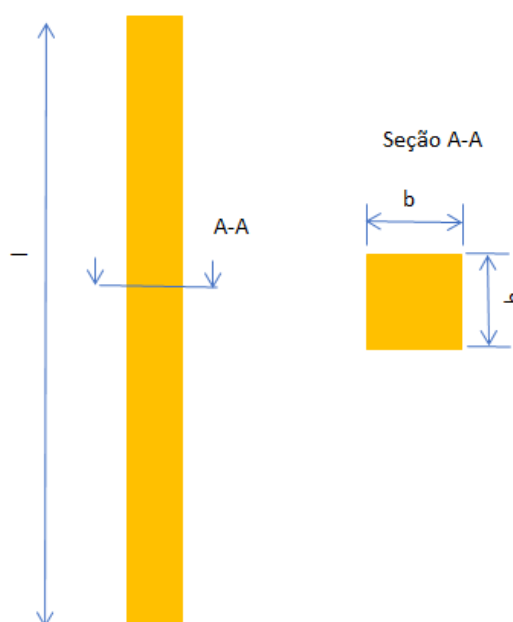


Figura 85 - Desenho esquemático da seção

Segundo Norton (2013), a flambagem ocorrerá na seção de menor momento de inércia. Assim, a flambagem ocorrerá sempre lateralmente, olhando o suporte de frente. Para o caso idealizado para os cálculos, os momentos de inércia são iguais, podendo-se dizer que o sentido de flambagem neste caso é indiferente. Os dados da seção utilizada encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12 - Dados da seção geométrica para cálculos de flambagem.

Largura (h) [mm]	Comprimento (b) [mm]	Momento de inércia (Ix) [mm <sup>4</sup> ]	Momento de inércia (Iy) [mm <sup>4</sup> ]	Comprimento da haste (l) [mm]
50	50	520833,3	520833,3	2850

Considerou-se também que as duas extremidades são articuladas, fato que possibilita o uso da equação de Euler (NORTON, 2013), como mostra a equação (1).

$$P_{crítico} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} \quad (1)$$

Onde:

E – Módulo de Elasticidade

I – Momento de inércia

l – Comprimento da haste

Desta forma:

$$P_{crítico} = \frac{\pi^2 * 6000 * 520833,3}{2850^2} = 3797,17 \text{ N}$$

Portanto, esta é a força que não deverá ser ultrapassada pelo sistema para que não ocorra o fenômeno da flambagem. Porém, empiricamente nos testes preliminares, verificou-se que a estrutura apresenta a flambagem com forças axiais de módulo menores que a de  $P_{crítico}$ .

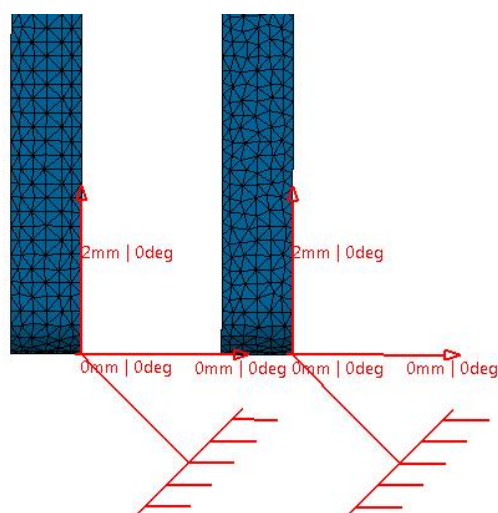
O fato de haver Flambagem abaixo do  $P_{crítico}$  não significa necessariamente uma falha nos cálculos, talvez a complexidade do problema, os elementos de fixações e as restrições não estão bem endereçadas.

Assim, verifica-se a necessidade do uso de ferramentas mais avançadas para a simulação da estrutura. Optou-se então, por realizar simulações, com uso de um *software* de engenharia, como será descrito na seção seguinte.

#### 4.2.3.3. Simulações

A fim de se conhecer melhor o que ocorre com a estrutura quando há o descolamento a partir do movimento do came, optou-se por fazer simulações com o *software* Catia V5. Este *software* possibilitou a realização de uma simulação confiável, aplicando ao invés de uma força, um descolamento na estrutura, assim como ocorre no modelo real, como mostra a Figura 86.





**Figura 86 - Malha da simulação e o deslocamento na estrutura.**

Como o modelo real é composto de vários componentes, isto torna a estrutura complexa para os cálculos de flambagem. O modelo real apresenta na parte superior da haste um elastômero, que tem a função de absorver a pressão exercida pelo came e também para evitar o escorregamento da estrutura.

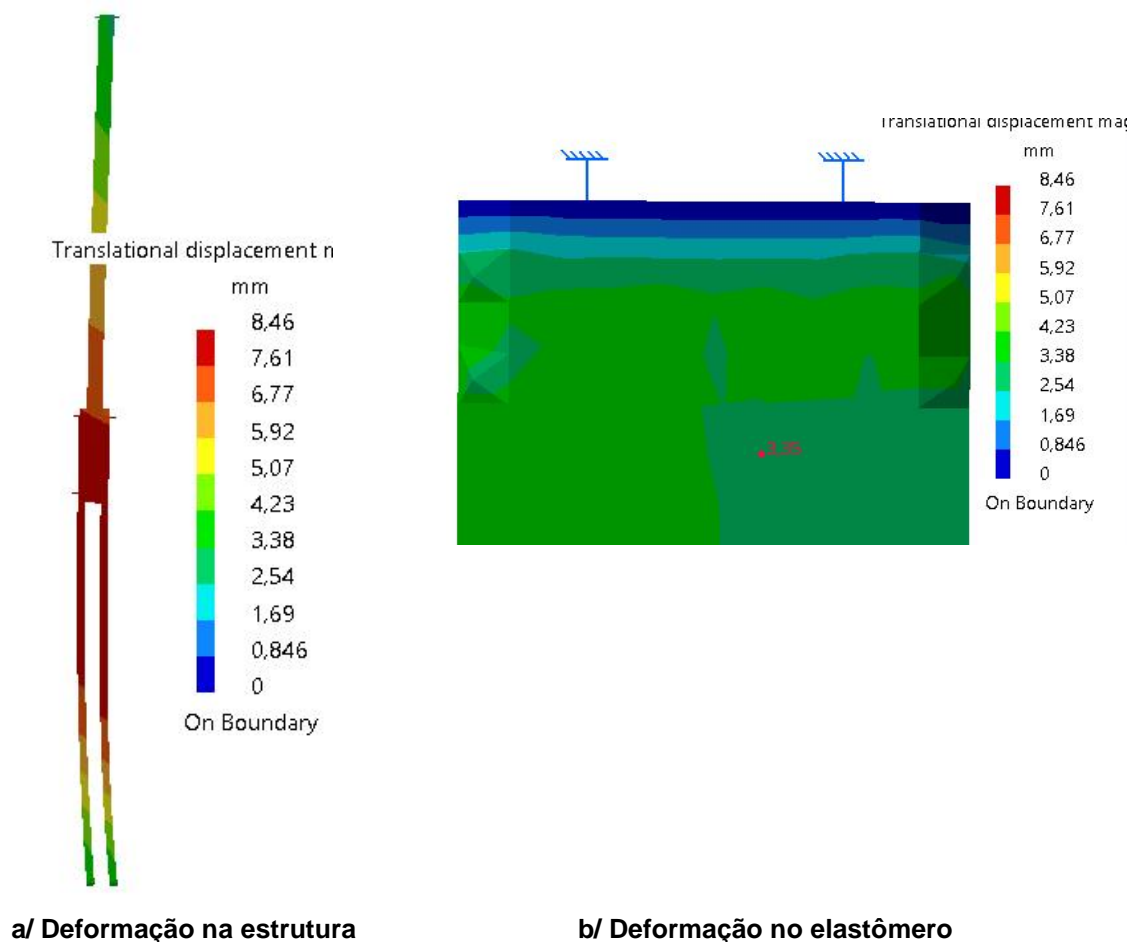
As propriedades da malha utilizada na simulação podem ser conferidas na Tabela 13.

**Tabela 13 - Propriedades da malha.**

<b>Maior elemento</b>	<b>Menor elemento</b>	<b>Maior taxa de variação de tamanho</b>
5 mm	0,5 mm	3

Assim, considerou-se três variáveis para as simulações: i/ ganho do came; ii/ espessura do elastômero; iii/ dureza do elastômero. Ganho do came variando de 2 a 8mm em incrementos de 2mm, espessura do elastômero variando de 10 a 20mm em incrementos de 5mm e a dureza do elastômero variando de 20 a 50 SHOR A em incrementos de 10 SHOR A, totalizando assim 48 simulações.

A Figura 87 mostra o resultado de uma simulação (espessura do elastômero 10, dureza do elastômero 40 SHOR-A e ganho do came de 4mm). Na Figura 87 a/, foi utilizado um fator de escala 5, para melhorar a visualização da flambagem. Figura 87 b/ pode-se observar a deformação no elastômero.



**Figura 87 - Resultados da simulação.**

Para a análise dos dados, foi preciso estabelecer a flambagem máxima aceitável. Portanto, foi realizado um teste com vigas, provocando uma deformação na madeira, encontrando-se assim, um resultado satisfatório. Tendo definido que 10 mm é o limite máximo de flambagem visualmente aceitável, foram desconsideradas as simulações com resultados superiores a este. O resultado das 48 simulações encontra-se no Apêndice J.

Para o dimensionamento do elastômero, é preciso avaliar o contexto de esforços presentes e a deformação que lhe será aplicada. No caso deste projeto, depende de uma transmissão de forças que começa na base até o teto do conjunto. Para detalhar o ambiente envolvido na região do elastômero, faz-se necessária a realização de várias simulações, a fim de se aperfeiçoar o sistema.

A propriedade mais conhecida no momento de dimensionar um elastômero é a dureza, essa medida em SHOR-A. Segundo Gent (1958), é possível determinar o

módulo de elasticidade do elastômero ( $E$ ) com a sua dureza ( $S$ ), medida em SHOR A, como mostra a equação (2).

$$E = \frac{0,0981(56 + 7,62336 \times S)}{0,137505(254 - 2,54 \times S)} \quad (2)$$

Assim, a partir do módulo de elasticidade e juntamente com a deformação do elastômero ( $\varepsilon$ ), é possível encontrar a pressão de compressão ( $\sigma_c$ ), como mostra a equação (3) (NORTON, 2013).

$$\sigma_c = E \times \varepsilon \quad (3)$$

Portanto, encontrando a tensão de compressão e sabendo a área de contato ( $A$ ), é possível encontrar a força de compressão, a qual está submetida o elastômero. A equação (4) exemplifica (NORTON, 2013).

$$F_c = \sigma_c \times A \quad (4)$$

Em resumo, encontra-se a força de compressão que está atuando na interface com o teto. Juntamente com o coeficiente de atrito do elastômero com o teto ( $\mu$ ), encontra-se a força de atrito gerada, que deverá ser maior que a força de atrito gerada pelo conjunto braço basculante. A equação (5) mostra a força de atrito gerada (NORTON, 2013). O valor do coeficiente de atrito utilizado é de 0,65. Valor correspondente ao coeficiente de atrito entre a borracha e o concreto seco, segundo *Engineering Toolbox*.

$$F_{at\ disp} = F_c \times \mu \quad (5)$$

Tendo então, a força de atrito disponível ( $F_{at\ disp}$ ) e a força de atrito mínima ( $F_{at\ min}$ ) gerada pelo conjunto braço basculante, consegue-se a partir da equação (6) encontrar um coeficiente de segurança ( $CS$ ).

$$CS = \frac{F_{at\ disp}}{F_{at\ min}} \quad (6)$$

Por fim, havendo todas as formulas e resultados das simulações, foi possível calcular o coeficiente de segurança do sistema. A Tabela 14 está organizada de acordo com a flambagem máxima, da menor para a maior.

**Tabela 14 - Resultado das simulações no conjunto teto-chão.**

Espessura do elastômero [mm]	Dureza do elastômero [SHOR-A]	Ganho do Came [mm]	Flambagem máx. [mm]	Deformação Borracha [mm]	Força de compressão (Fc) [N]	F_atrito disponível (Fat disp) [N]	CS haste
20	20	2	2,7	1,1	97,6	63,5	0,6
20	30	2	3,3	1,3	189,5	123,2	1,1
15	20	2	3,3	1,7	203,2	132,1	1,2
20	40	2	4,2	1,7	357,0	232,1	2,0
15	30	2	4,4	1,8	334,4	217,4	1,9
20	20	4	5,4	2,1	195,3	126,9	1,1
20	50	2	5,4	1,4	415,0	269,7	2,4
15	40	2	5,7	1,7	484,5	314,9	2,7
20	30	4	6,6	2,7	379,1	246,4	2,1
15	20	4	6,7	3,3	406,4	264,1	2,3
15	50	2	7,3	1,5	596,2	387,5	3,4
10	20	2	7,9	1,6	288,4	187,4	1,6
20	20	6	8,0	3,2	292,9	190,4	1,7
20	40	4	8,5	3,4	714,0	464,1	4,0
15	30	4	8,8	3,5	668,8	434,7	3,8
15	20	6	9,0	5,0	609,6	396,2	3,5
20	30	6	10,0	4,0	568,6	369,6	3,2

Dentre os resultados apresentados, as características do componente foram selecionadas priorizando a menor flambagem e o maior coeficiente de segurança. Assim, estabeleceu-se que como requisitos: i/ dureza 40 SHOR-A; ii/ espessura 20mm; iii/ ganho do came 4 mm. Estas condições resultam em um coeficiente de segurança satisfatório de 4,0.

A escolha de um coeficiente de segurança de ordem 4 se dá também pelo fato de se haver uma deformação permanente à compressão no elastômero. Segundo a norma NBR 10025, a deformação permanente à compressão é a deformação residual após um determinado tempo de repouso, a partir da remoção da força externa, ou deformação exposta.

Portanto, para a escolha do elastômero, além de buscar um que atende à dureza SHOR-A necessária, atentou-se também em encontrar um elastômero que possua características boas com relação à deformação permanente à compressão. O elastômero selecionado foi o NR0644, do fabricante Orion. O Anexo 2 traz o catalogo utilizado para o dimensionamento.

Este resultado atende o projeto de maneira coerente, pois um possível escorregamento da estrutura pode causar danos físicos ao usuário. A segurança do usuário é uma premissa para o desenvolvimento do produto.

#### 4.2.4. Dimensionamento do eixo da base

O elemento de fixação utilizado para fixar as hastes laterais com a base é um eixo de aço. O eixo é responsável por transmitir a força feita pelo usuário no came (F) para a haste, tensionando-a, a fim de garantir a estabilidade da estrutura. A Figura 88 mostra o diagrama de corpo livre com as solicitações atuantes no eixo.

O contato não é diretamente do eixo com a estrutura em compensado, foram adicionados também anéis espaçadores, com 10 mm de diâmetro externo e 8mm interno, a fim de se evitar um desgaste prematuro do furo no compensado. O diâmetro do eixo é de 8 mm. Essas dimensões foram definidas por serem comerciais e de fácil aquisição.

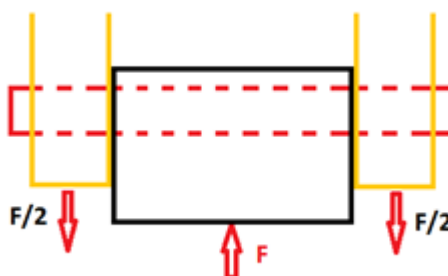


Figura 88 - Diagrama de corpo livre na base do suporte.

O fato de o material da haste e do came ser menos rígido que o material do eixo, pode ocorrer o fenômeno de esmagamento (NORTON, 2013). Sendo assim, buscou-se na literatura os dados referentes às propriedades do compensado naval. A NBR 7190 trata do assunto e de lá foram obtidas as propriedades, como mostra a Tabela 15.

Tabela 15 - Propriedades mecânicas do compensado naval.

$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	E [GPa]	Fc,0 [MPa]	Ft,0 [MPa]	Ft,90 [MPa]	Fv [MPa]
560	6000	24,2	39,6	1,5	4,4

Onde:

$F_{c,0}$  – resistência à compressão paralela às fibras

$F_{t,0}$  – resistência à tração paralela às fibras

$F_{t,90}$  – resistência à tração paralela às fibras

$F_v$  – resistência ao cisalhamento

Para o cálculo de esmagamento, é necessário é força de resistência a tração. No caso deste projeto, a força aplicada está no sentido paralelo as fibras. A força ( $F_c$ ) sob a qual está submetido o eixo/espaçador está na Tabela 16. Assim, precisa-se saber a área esmagada ( $A_{esm}$ ) para se encontrar a tensão de esmagamento ( $\sigma_{esm}$ ), conforme mostra a equação (7).

Segundo Norton (2013), a área de esmagamento, quando não há folga entre o espaçador e o furo, pode ser encontrada através da equação. O coeficiente de segurança (CS) pode ser encontrado a partir da equação (8).

$$A_{esm} = l \times d \quad (7)$$

$$CS = \frac{F_{t,0}}{\sigma_{esm}} \quad \therefore \quad \sigma_{esm} = \frac{F_{t,0}}{CS} \quad (8)$$

Reunindo a equação (7) em (8), temos:

$$\sigma_{esm} = \frac{F_c}{A_{esm}} \quad \therefore \quad \frac{F_{t,0}}{CS} = \frac{F_c}{l \times d} \quad \therefore \quad CS = \frac{F_{t,0} \times l \times d}{F_c} \quad (9)$$

A partir da equação (9) foi possível encontrar os valores do coeficiente de segurança do sistema, tanto para o contato do eixo com o came, quanto para o contato do eixo com a haste lateral. A Tabela 16 mostra os resultados obtidos.

**Tabela 16 - Resultados do dimensionamento do eixo.**

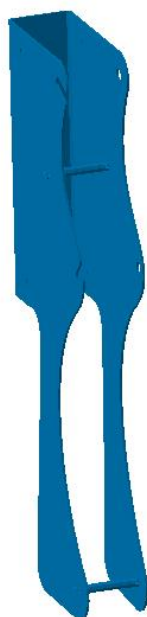
Região de contato	Força de compressão ( $F_c$ ) [N]	Comprimento (l) [mm]	Resistência a tração ( $F_{t,0}$ )	Diâmetro do espaçador (d) [mm]	Coeficiente de Segurança (CS)
Eixo-Came	714	20	39,6	10	11,1
Eixo-Haste	357	10	39,6	10	11,1

Os resultados mostram que há uma margem muito segura para este caso, reduzindo bastante a chance de uma falha no local.

#### 4.2.5. Dimensionamento da chapa metálica

Um dos componentes do conjunto braço basculante é a chapa metálica. Ela tem a função de ligar o braço e o amortecedor mola-gás à estrutura principal (teto-chão). Além dessa função primária, ela possui rasgos e furos que permitem o travamento do braço, para que seu manuseio seja facilitado e, conseqüentemente, mais seguro.

A chapa metálica se caracteriza por ter uma forma de perfil “U” e possui curvas características para ser esteticamente agradável, para transmitir uma harmonia visual ao cliente/usuário final, conforme mostra a Figura 89.



**Figura 89 - Perfil U da chapa metálica.**

O material escolhido foi o aço inoxidável AISI 304 com acabamento escovado, trata-se de um aço considerado “popular” e fácil de ser adquirido no mercado local. A escolha deste se dá também pela função estética, uma vez que, aços inoxidáveis tem uma aparência reconhecidamente agradável que transmite confiança ao usuário final.

O aço AISI 304 é um aço cromo-níquel, inoxidável austenítico, não-temperável, não-magnético, tipo 18-8. Apresenta boa conformabilidade a frio, embora exija maiores esforços de conformação do que os aços não ligados. A composição do material se encontra na Tabela 17 e suas propriedades na Tabela 18.

**Tabela 17 - Composição química do aço inoxidável AISI 304.**

C máx.	Mn máx.	P máx.	S máx.	Si máx.	Ni	Cr	N máx.
0,08	2,00	0,045	0,030	0,75	8,00 - 10,50	18,00 – 20,00	0,10

Fonte: Favorit.

**Tabela 18 - Propriedades mecânicas do aço inoxidável AISI 304.**

$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	E [GPa]	$\nu$	$\sigma_e$ [Mpa]	$\sigma_r$ [Mpa]	$\epsilon$ [%]
8000	193	0,29	215	505	0,7

Fonte: ASM.

A partir da seleção de material e dimensões definidas anteriormente, mostradas na Tabela 12, realizou-se uma simulação de solicitações estáticas com o auxílio do *software* Catia V5. Como objetivo da simulação, tem-se o resultado de deformação máxima e as tensões equivalentes de Von Mises, para dimensionamento da espessura da chapa. A Tabela 19 mostra os dados da malha utilizada para essa simulação.

**Tabela 19 - Propriedades da malha.**

Maior elemento	Menor elemento	Maior taxa de variação de tamanho
3 mm	0,5 mm	3

A tensão equivalente de Von Mises é definida como a tensão de tração uniaxial que criaria a mesma energia de distorção que é criada pela combinação atual das tensões aplicadas. Esse procedimento nos permite tratar casos de tensão multiaxial combinada a tensões de cisalhamento como se fossem devidos a um carregamento de tração pura (NORTON, 2013).

Utilizando a teoria de falha de Von Mises, é possível determinar as tensões envolvidas na estrutura. A partir da tensão equivalente de von Mises ( $\sigma'$ ) e da tensão



normal de escoamento ( $\sigma_e$ ) é possível calcular o Coeficiente de Segurança (CS) para o projeto, conforme mostra a equação (10) (NORTON, 2013).

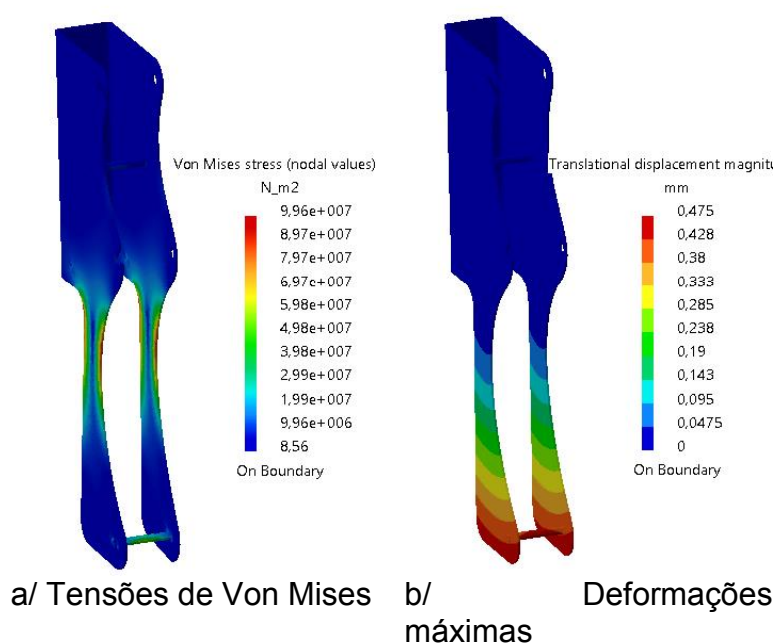
$$CS = \frac{\sigma_e}{\sigma'} \quad (10)$$

Como fatores de entrada para a simulação, considerou-se as solicitações decorrentes dos cálculos realizados do conjunto braço basculante, a partir das reações nos eixos que seguram o braço e o amortecedor mola-gás, como mostra a Tabela 20.

**Tabela 20 - Reações nos eixos do conjunto braço basculante.**

Ax [N]	Ay [N]	Bx [N]	By [N]
-138,5	213,7	12,6	-450,8

Para fins de comparação, optou por realizar 5 simulações, variando a espessura da chapa de 0,5 a 2,5 mm, em incrementos de 0,5 mm. Esse fato possibilita que a escolha da espessura seja mais precisa, tanto no que diz respeito à mecânica (tensões envolvidas) quanto na parte estética / visual (deformações). Os resultados para uma chapa de espessura de 2 mm são mostrados na Figura 90.



**Figura 90 - Resultado das simulações na chapa metálica.**

A Tabela 21 mostra os resultados obtidos das deformações e tensões equivalentes de Von Mises, além do coeficiente de segurança calculado com a equação(10).

**Tabela 21 - Resultado das simulações e cálculo do CS.**

Espessura [mm]	Deformações máx. [mm]	Tensão equivalente de Von Mises ( $\sigma'$ ) [Mpa]	Coeficiente de segurança (CS)
0,5	1,86	415,0	0,5
1,0	0,94	204,0	1,1
1,5	0,63	138,0	1,6
2,0	0,48	99,6	2,2
2,5	0,38	75,8	2,8

Assim, analisando os resultados obtidos pelas simulações, foi escolhida a espessura de 2 mm para o projeto, pois além de possuir um bom coeficiente de segurança para o projeto, essa espessura de chapa transmite uma qualidade percebida pelo cliente.

#### 4.2.6. Eixo do amortecedor mola-gás

O elemento de fixação utilizado para fixar o amortecedor mola-gás com a chapa metálica é um eixo de aço. O eixo é responsável por dar sustentação ao amortecedor e recebe grande parte do esforço envolvido no conjunto braço/amortecedor.

O diâmetro do eixo foi definido em 8 mm. Essa escolha de se deu pelo fato de o diâmetro da ponteira do amortecedor ser de 8,2 mm. Assim, evita-se que haja uma folga exagerada, que poderia dar um jogo indesejado ao sistema, e não haja a necessidade de se produzir um eixo especial, pois a medida de 8 mm é comercial.

O material escolhido para o parafuso é da classe 5.8. Este apresenta uma resistência a tração de 500 MPa e resistência ao escoamento de 400 MPa. A Tabela 22 apresenta os dados do problema.

**Tabela 22 - Dados para o cálculo de flexão no eixo.**

Força máx. (F) [N]	Comprimento do eixo (l) [mm]	Raio (r) [mm]	Maior distancia de aplicação da força (c) [mm]	Área (A) [mm <sup>2</sup> ]
444	52	4	c=r=4	50,3

Segundo Norton (2013), é possível com esses dados calcular a tensão máxima de flexão, conforme equação (11). A equação (12) descreve a forma de se encontrar a tensão de cisalhamento máxima, para uma viga maciça de seção circular.

$$\sigma_x = \frac{M \times c}{I} = \frac{444 \times 52 \times 4}{\pi \times 4^4} = 114,8 \text{ MPa} \quad (11)$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{4 \times F}{3 \times A} = \frac{4 \times 444}{3 \times 50,3} = 11,8 \text{ MPa} \quad (12)$$

Assim, é possível calcular a tensão equivalente de Von Mises.

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2} + \tau_{m\acute{a}x} = \frac{114,8 + 0}{2} + 11,8 = 69,2 \text{ MPa} \quad (13)$$

$$\sigma_2 = 0 \quad (14)$$

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2} - \tau_{m\acute{a}x} = \frac{114,8 + 0}{2} - 11,8 = 45,6 \text{ MPa} \quad (15)$$

Portanto, temos a tensão equivalente de Von Mises.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \times \sigma_3 + \sigma_3^2} = 60,9 \text{ MPa} \quad (16)$$

Finalizando, temos o CS.

$$CS = \frac{\sigma_e}{\sigma'} = \frac{400}{60,9} = 6,6 \quad (17)$$

O coeficiente de segurança atende aos requisitos de projeto com uma folga considerável.

### 4.3. Leiaute Final

Tendo todas as dimensões caracterizadas ao longo do capítulo pôde-se desenvolver o leiaute final do dispositivo com auxílio do *software* Catia v5. O desenho de conjunto, com a denominação de todos os componentes empregados e sua respectiva especificação, se encontra no Apêndice K, juntamente com o

desenho detalhado do componente Chapa Metálica. O sistema, com bicicletas posicionadas é ilustrado pela Figura 91 a Figura 94, em modelo computacional.



**Figura 91 - Modelo computacional.**



**Figura 92 - Modelo computacional com cenário.**



a/ Vista isométrica: posição superior.



b/ Vista isométrica: posição inferior.

Figura 93 - Vista isométrica do modelo.



a/ Vista lateral: posição superior.



b/ Vista lateral: posição inferior.

Figura 94 - Modelo em vista lateral.

#### **4.4. Súmula do Capítulo**

O Capítulo 4 do Projeto Preliminar foi iniciado com a definição dos Propagadores de Restrição, com o intuito de caracterizar os itens envolvidos do projeto e quais suas imposições sobre o dimensionamento. Em seguida estabeleceram-se algumas considerações prévias e foi desenvolvido o detalhamento do dimensionamento dos componentes. O resultado final do dimensionamento foi então transcrito para um modelo computacional, exposto como leiaute final.



## 5. PROTÓTIPO FINAL

### 5.1. Fabricação do Protótipo

Foi definido na etapa de Dimensionamentos que os componentes principais seriam fabricados a partir de chapa compósita de madeira compensada. Assim, uma chapa de dimensões 2200 x 1600 x 25mm foi empregada e ordenou-se os componentes planejados necessários para o protótipo, ilustrado pela Figura 95.

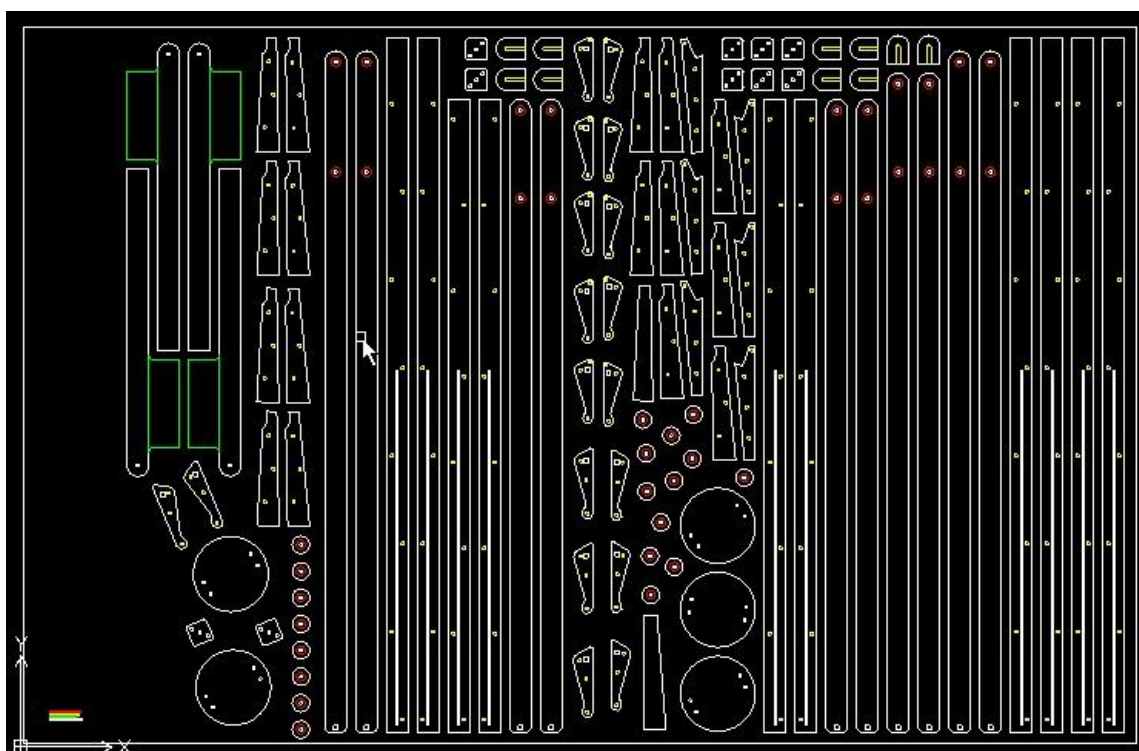


Figura 95 – Disposição em chapa de compensado naval (2,20x1,60m).

O arquivo gerado foi utilizado para a programação de corte máquina *router* CNC. O resultado das peças usinadas é ilustrado pela Figura 96.



**Figura 96 - Componentes usinados**

Devido ao fato de alguns componentes terem espessura de 50mm e a chapa ter somente 25mm, foi necessário realizar colagem destes itens usando cola adesivo PVA, mostrados na Figura 97.



**Figura 97 - Colagem de Componentes**

Todas as peças então passaram por procedimento de lixamento e arredondamento dos cantos, para dar o acabamento desejado. Foi realizado um rebaixo entalhe nas duas hastes laterais, para acomodar a banda de borracha anti-deslizamento, exposto na Figura 98.



a/ Rebaixo entalhado.



b/ Banda anti-deslizamento.

**Figura 98 - Detalhe do rebaixo e elastômero anti-deslizamento.**

Nos furos transversais às hastes laterais e came, foram inseridos anéis metálicos com diâmetro externo de 10mm e interno de 8mm. O objetivo é evitar desgaste dos componentes quando em contato com o eixo da base, mostrado na Figura 99.



**Figura 99 - Hastes Laterais e Came**

O conjunto da base foi montado com o emprego de dois parafusos em cada “orelha” lateral. O processo de montagem da base é apresentado na Figura 100.



**a/ Visão geral dos componentes.**



**b/ Posicionamento das partes.**



b/ Inserção do eixo principal.



d/ Montagem completa.

Figura 100 - Montagem da Base

O resultado da base montada junto às hastes laterais é exposto pela Figura 101.



a/ Vista isométrica



b/ Vista lateral.

Figura 101 - Base da estrutura vertical.

Para evitar o deslizamento da superfície inferior da base com o chão, foi inserido uma película de borracha, ilustrado pela Figura 102.



**Figura 102 - Película de borracha.**

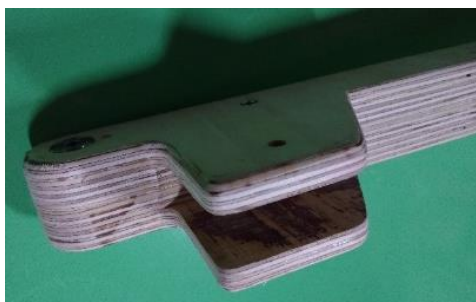
O braço basculante foi montado a partir de duas peças simétricas coladas, para atingir a espessura de 50mm. A Figura 103 expõe o componente, com detalhe para o posicionamento do rolamento e prolongador para manuseio do usuário.



**a/ Componente montado**



**b/ Detalhe do rolamento.**



**c/ Detalhe do canal para pistão mola-gás.**



**d/ Detalhe do furo para alça.**

**Figura 103 - Detalhes do Braço Basculante**

Foi implementado uma armação metálica, de diâmetro 6mm, para sustentar a bicicleta com rolamento e banda em couro para evitar deslizamento e danificar a bicicleta. O componente é ilustrado na Figura 104.



a/ Armação metálica com rolamentos.



b/ Banda em couro.

Figura 104 - Armação do braço.

Uma alça foi colocada no conjunto do braço, permitindo o usuário alcançar o sistema, mostrado na Figura 105.



Figura 105 - Alça para usuário.

Foi definido que para acomodar o braço basculante junto à estrutura vertical principal, seria empregado uma chapa metálica usinada e conformada. Para tanto, a partir de desenho computadorizado, uma chapa de aço 1020 com espessura 2mm foi usinada por CNC a laser, mantendo a distância entre abas laterais conforme dimensionamento do projeto preliminar. Cabe ressaltar que o material empregado difere daquele selecionado anteriormente (aço inox AISI 304), por questões financeiras, mas mantém todas as características dimensionais estabelecidas. O componente fabricado é ilustrado pela Figura 106.



**a/ Vista lateral A.**



**b/ Vista lateral B.**



**c/ Vista isométrica.**



**d/ Vista frontal.**

**Figura 106 - Chapa Usinada a Laser.**



O braço foi acoplado junto à chapa metálica e o pistão mola-gás previamente selecionado (fabricante NAKATA, 370N) foi inserido no conjunto. Na sequência o módulo foi acoplado à estrutura vertical principal, mostrado pela Figura 107.



a/ Vista lateral A.



b/ Vista lateral B.



c/ Detalhe do corte na chapa.



d/ Detalhe do encaixe do pistão.

**Figura 107 - Módulo Braço Basculante.**

O pino de segurança foi inserido no furo transversal ao braço e o detalhe de travamento superior e inferior, junto à chapa metálica, é ilustrado pela Figura 108.



a/ Pino de segurança.



b/ Detalhe do corte na chapa.

**Figura 108 - Pino de Segurança.**

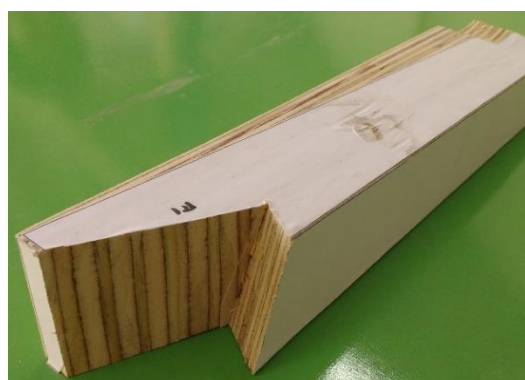
O componente para o posicionamento da bicicleta inferior foi construído manualmente após o corte inicial realizado em máquina CNC. A geometria de encaixe foi desenvolvida com auxílio de um serrote manual e é ilustrada pela Figura 109.



a/ Marcação de corte.



b/ Corte angulado do componente.



c/ Componente cortado.



d/ Conjunto pré-posicionado.

**Figura 109 - Armação para bicicleta inferior.**

O par foi então posicionado junto à estrutura vertical principal, empregando o sistema de blocagem de roda de bicicleta, ilustrado pela Figura 110.



a/ Vista lateral com detalhe do revestimento em cortiça.



b/ Vista lateral.



c/ Vista superior.



d/ Vista isométrica.

**Figura 110 - Armação para bicicleta inferior instalada.**

Foi estabelecido no Capítulo 4 a seleção do material elastômero no topo da haste central, com propriedades de dureza 40 SH-A e espessura de 20mm.

Entretanto, a equipe teve de adaptar tal material às opções do mercado local. Foi empregado então uma chapa com predominância de borracha natural e espessura 15mm, ilustrado na Figura 111.



**Figura 111 - Elastômero do topo da haste central.**

Em seguida o protótipo fabricado foi posicionado e instalado no interior de residência, mostrado pela Figura 112.



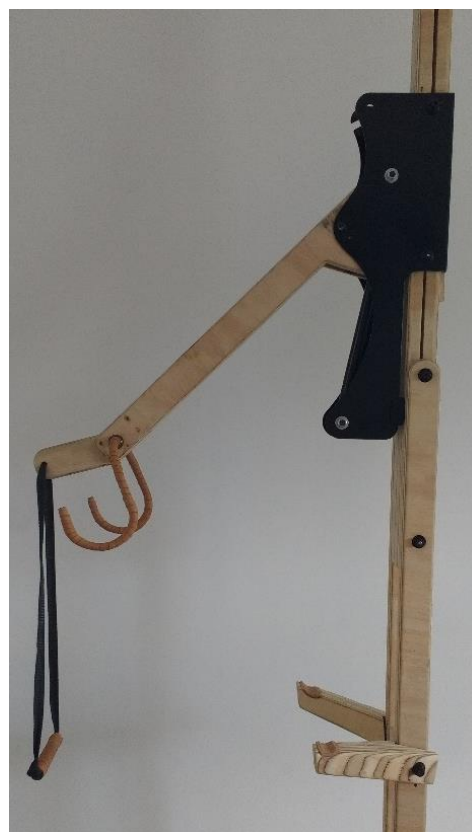
**a/ Braço no topo.**



**b/ Braço articulado.**



c/ Vista lateral com braço no topo.




d/ Vista lateral com braço articulado.


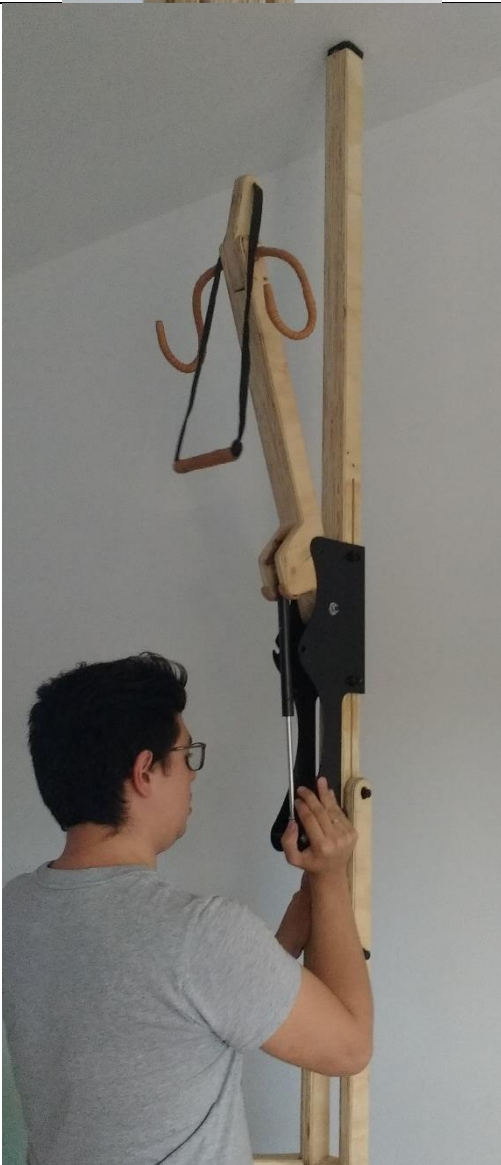
Figura 112 - Protótipo final instalado.

## 5.2. Procedimento de Instalação

O fluxo de tarefas necessárias para instalar o dispositivo na residência e posicionar as bicicletas, é exposto na Tabela 23.

Tabela 23 - Fluxo de instalação do dispositivo

Representação do Movimento	Descrição
	i/ Posicionamento do dispositivo próximo ao local de instalação;

Representação do Movimento	Descrição
	<p>ii/ Abertura do par de blocagem de bicicleta presente na haste lateral da estrutura;</p>
	<p>iii/ Ajuste Primário da haste central da estrutura até o encontro com o teto da residência;</p>

Representação do Movimento	Descrição
 A close-up photograph of a bicycle wheel lock mechanism. The mechanism is mounted on a wooden frame. It features a black plastic housing with a silver metal rod extending downwards. The rod is connected to a black plastic component that can be moved up and down. The mechanism is designed to lock a bicycle wheel by clamping onto the spokes.	<p>iv/ Fechamento do par de blocagem de roda de bicicleta, estabelecendo a altura do dispositivo concordante com o pé-direito;</p>
 A photograph showing a person's foot stepping on a wooden cam mechanism. The person is wearing blue jeans and a black sneaker. The cam mechanism is made of light-colored wood and is mounted on a wooden floor. The person's foot is pressing down on the cam, which is part of a larger mechanical system.	<p>v/ Pressionamento do came, estabelecendo o Ajuste Fino do sistema e fixando a estrutura do teto ao chão;</p>

Representação do Movimento	Descrição
	<p>vi/ Movimento descendente do braço basculante até a posição de auto travamento inferior;</p>
	<p>vii/ Posicionamento da bicicleta na armação do braço basculante;</p>



Representação do Movimento	Descrição
	<p>viii/ Movimento ascendente da bicicleta, auxiliado pelo pistão mola-gás;</p>
	<p>ix/ Posicionamento da bicicleta inferior no dispositivo.</p>

### 5.3. Validação e teste do protótipo

#### 5.3.1. Testes

Com o protótipo finalizado, foi feita a instalação no interior de uma residência para a realização dos testes finais. Os testes de utilização foram realizados com dois tipos de bicicletas, a fim de observar o desempenho no máximo de situações possíveis. Na Figura 113 pode-se ver os quatro tipos de combinações de bicicletas realizadas utilizando bicicletas *mountain bike* e *speed*.



a/ Duas MTBs.



b/ Duas speeds.



c/ Speed no topo e MTB inferior.



c/ MTB no topo e speed inferior.

Figura 113 - Disposição de bicicletas.

Observou-se nos testes com as combinações de bicicletas que, em ambas as situações que a *mountain bike* está alocada na posição de baixo, há uma interferência de posição entre o seu guidão e a roda da bicicleta superior no momento em que o braço está na posição inferior, como mostrado na Figura 114 a/. Tal fato ocorre devido ao comprimento de 680 mm do guidão da *mountain bike*. Em contrapartida, nos casos com a bicicleta *speed* alocada na posição inferior, com guidão de comprimento 420 mm, não há tal interferência de posição, como visualizado na Figura 114 b/.



a/ Com interferência do guidão.



b/ Sem interferência do guidão.

Figura 114 - Interferência no posicionamento.

Com o auxílio de uma balança digital, mostrada na Figura 115, foram realizados testes para a comparação de resultados obtidos via cálculo e resultados empíricos.



Figura 115 - Balança manual digital.

Testando a força crítica que o usuário teria de fazer para movimentar o braço sem a bicicleta posicionada ( $F_{usu\_Lp}$ , mostrada na Figura 116), com o ângulo do braço  $\beta$  crítico de  $117,5^\circ$ , obteve-se um valor de  $73,6\text{ N}$  ( $7,5\text{ kgf}$ ), em comparação ao calculado de  $73,1\text{ N}$ . Levando em consideração todas as variáveis do sistema e a dificuldade em realizar o teste com o ângulo exato de  $\beta$ , considera-se um valor satisfatório.

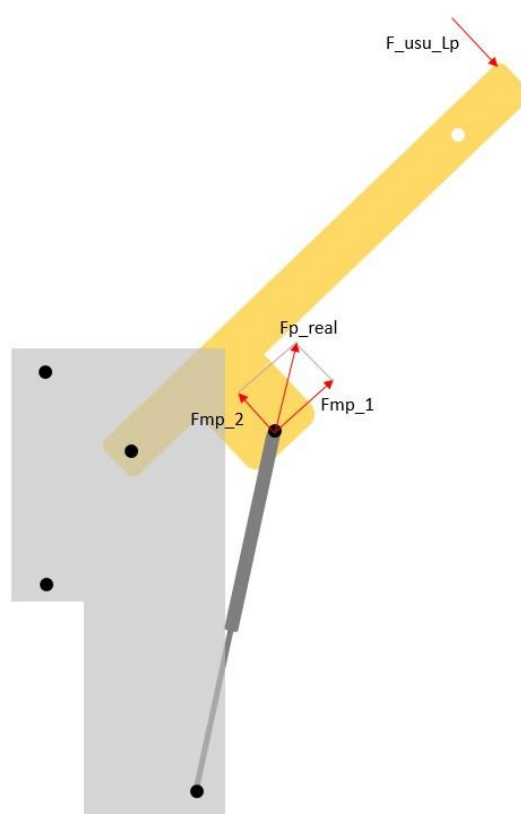


Figura 116 - Ação da força do usuário.

Como nos cálculos das forças resultantes necessárias realizados utilizou-se para o peso da bicicleta o valor de 150 N, para realizar os testes condizentes com os cálculos, foi adicionado um peso extra (lastro) na bicicleta de teste, obtendo um peso final de 145,2 N (14,8 kg), como visualizado na Figura 117.



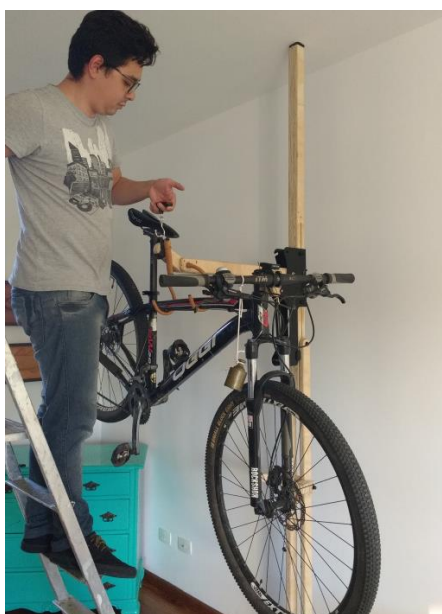
a/ Bicicleta com lastro.



b/ Massa indicada de 14,8kg.

**Figura 117 - Massa da bicicleta em teste.**

O teste realizado para obter a força que o usuário teria de fazer para movimentar o braço com a bicicleta alocada é mostrado na Figura 118.



**Figura 118 - Teste de força do usuário.**

Os resultados do teste da força do usuário estão dispostos da Tabela 24. Para uma melhor comparação, as forças mostradas foram calculadas para um peso de bicicleta igual ao peso da bicicleta de teste, ou seja, 145,2 N.

**Tabela 24 - Resultados do ensaio.**

Ângulo do braço $\beta$	Força calculada [N]	Força empírica [N]
45°	116,18	109,9
90°	87,04	70,6
110°	67,28	62,8
135°	35,41	36,3
160°	0	0

Observa-se uma diferença entre os resultados calculados e os obtidos em teste. Uma possível causa para tal diferença é aproximação feita na curva de força do pistão mola-gás para a realização dos cálculos, onde aproximou-se o resultado para uma curva teórica. Para melhores resultados, o ideal seria obter a curva de força real do pistão utilizado no protótipo. Porém, ainda assim, obteve-se um sistema autotravante no ângulo máximo do sistema ( $\beta = 160^\circ$ ).

Para testar a magnitude da força de compressão, foi posicionada uma balança na extremidade superior da haste instalada, como mostrado na Figura 119.



a/ Posicionamento da estrutura com balança.



b/ Esforço de 45kg indicado.

Figura 119 - Teste de compressão.

Os resultados calculados e os obtidos estão dispostos na Tabela 25.

**Tabela 25 - Resultados do ensaio de compressão.**

	Força normal	Coef. de Atrito	Força de Atrito [N]	CS
Calculado	714,03 N	0,65	464,12	4,2
Empírico	(44 kgf) 431,64 N	0,65	280,57	2,5

Notou-se uma diferença de 282,39 N entre a força calculada e a força empírica. Esta diferença nos resultados se deve ao fato, principalmente, de o elastômero da parte superior do suporte. Por ser um material comprado localmente em pequena escala, não tem as mesmas propriedades mecânicas do material especificado nos dimensionamentos. Outro fator importante para tal diferença existir, é o fato de que as propriedades mecânicas reais do compensado naval, possivelmente, sejam diferentes das especificadas nos dimensionamentos. Entretanto, constatou-se que o valor do coeficiente de segurança empírico, de 2,5, é bastante aceitável.

### 5.3.2. Validações

Por fim, para validar o modelo final, foram realizados testes com alguns possíveis usuários. Os testes abrangeram desde a instalação até o uso em si do produto.

Funcionalmente, as avaliações foram positivas. O dispositivo auxilia no manuseio e armazenagem e é de fácil funcionamento. Uma possível melhoria a se fazer, seria facilitar a sua instalação. Em alguns casos de usuários, a instalação pareceu levemente dificultosa devido ao peso do conjunto braço basculante.

No que se refere à qualidade percebida do produto pelo usuário, o protótipo pareceu bastante robusto, porém, os pontos negativos são a falta de rigidez do sistema completo e o fato de que, com uma bicicleta relativamente leve, o final do movimento de subida, se não controlado pelo usuário, se dá de forma rápida, ocasionando no balanço da bicicleta superior.

Na parte estética, o produto agradou. Por se tratar de um objeto constituído, em sua maioria, por madeira, o dispositivo se torna um objeto agradável para os usuários e moradores. Porém, alguns usuários sugeriram que, se o produto fosse de madeira maciça e não de compensado naval, seria mais agradável esteticamente.

O fato da possível modularização dos suportes agradou. Como sugestão, um dos usuários comentou que teria interesse em adquirir o conjunto braço basculante separadamente, caso este pudesse ser fixado diretamente na parede.

## 5.4. Súmula do Capítulo

A partir dos componentes do dispositivo, caracterizados no Capítulo 4, foi fabricado um protótipo com o auxílio de técnicas de fabricação digital (corte a laser e usinagem por fresa CNC). O protótipo concebido foi então avaliado por meio de testes, quantitativamente e qualitativamente, junto à equipe de projeto e usuários.



## 6. CONCLUSÕES

### 6.1. Conclusões

O uso da bicicleta no país é um cenário crescente. Associado a esta difusão, verifica-se o aumento do número de furtos, levando uma parcela de proprietários a preferirem armazenar suas bicicletas dentro da residência. Tal circunstância, acarreta em problemas de espaço e dificuldades de integrar a bicicleta em ambientes internos da residência. Para superar essas limitações, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver o projeto de um dispositivo para armazenamento de bicicletas, partindo da abordagem metodológica *Design Thinking*.

Para tanto, a primeira etapa de desenvolvimento foi o enquadramento do Desafio de Projeto, sequenciado pelo Levantamento de Campo. Este último constituiu-se de entrevistas, vivências e análise detalhada do contexto da bicicleta, bem como pesquisa de informações complementares sobre aspectos das famílias e moradias no Brasil. Em paralelo, foi realizado um estudo de *benchmarking* de soluções para armazenamento de bicicletas.

Dando continuidade, os aprendizados foram compilados e configuraram-se as perguntas-gatilho, junto aos Pilares de Projeto, norteadores da solução de projeto. Na sequência, a equipe desenvolveu algumas soluções iniciais e foram produzidos, de maneira iterativa, um conjunto de modelos de solução. A combinação de modelos resultou em um protótipo robusto e funcional, experimentado junto a usuários.

A etapa seguinte constituiu-se do Projeto Preliminar. Nela foram identificados os propagadores de restrição, que orientaram o dimensionamento dos componentes. Com o emprego de simulações computacionais, a equipe pôde avaliar detalhadamente o comportamento do sistema e estabelecer características dimensionais de alguns elementos.

O protótipo final foi construído, empregando técnicas de fabricação digital, como o corte a laser da chapa metálica e a usinagem CNC da chapa de madeira compensada. O conjunto fabricado apresenta atributos dimensionais e emprega materiais bastante similares àqueles definidos no Projeto Preliminar. O sistema foi testado pela equipe junto a usuários; avaliando, quantitativamente e

qualitativamente, o procedimento de instalação do conjunto, o esforço requerido para o posicionamento de bicicletas e as características estéticas do produto.

A abordagem *Design Thinking* (DT) traz perspectivas diferentes para o desenvolvimento de produtos na Engenharia Mecânica. A Estrutura de Trabalho proposta (Apêndice A) e as técnicas incorporadas neste trabalho se basearam no material Design Kit (2016), junto com as informações abordadas em Field Guide (2015).

O laço entre a equipe de projeto e clientes se mostrou mais estreito do que em outras abordagens clássicas e tornou o processo de desenvolvimento bastante dinâmico e interativo. Algumas das Constatações só foram obtidas devido a essa vinculação criada. O método Conjunto de Cartas teve papel importante na identificação das necessidades dos usuários, juntamente com a imersão da equipe no contexto e análise de situações análogas.

O maior benefício observado no emprego desta abordagem foi o processo iterativo de prototipagem. Mesmo com a fabricação de modelos de baixa resolução, o processo trouxe custos de desenvolvimento consideráveis para equipe, descritos no Apêndice L. Esta característica de produzir modelos já no início do desenvolvimento do produto, difere da metodologia clássica, onde a etapa de prototipagem física acontece somente depois de definido o Projeto Detalhado. No entanto, a equipe constatou que os modelos construídos permitiram *feedback* rápido dos usuários e orientaram o projeto para uma concepção final sólida e funcional.

Entende-se que um dispositivo para armazenamento de bicicletas em residência exige interação direta do usuário com o sistema, isto é, o cliente visualiza, manuseia o mecanismo e participa do posicionamento, justificando a aplicação da abordagem *Design Thinking*. Já em sistema indiretamente relacionado ao usuário, como por exemplo uma caixa de transmissão, acredita-se que a abordagem presente neste trabalho não seria adequada.

Outra contribuição deste trabalho foi a tentativa de explorar materiais diversos dos usuais na engenharia mecânica, como polímeros e metais. O emprego de madeira e o compósito de madeira laminada compensada, exigiu análise específica para seleção e dimensionamento dos componentes, bem como permitiu percorrer processos de fabricação particulares.

Com base nos argumentos anteriores, pode-se concluir que o objetivo deste trabalho foi atingido. O dispositivo proposto atende aos requisitos de economia de espaço no interior da residência, facilita o manuseio da bicicleta em seu armazenamento e integra-se à decoração da residência de forma harmoniosa.

## **6.2. Recomendações futuras**

A fabricação do protótipo final foi importante para consolidar o funcionamento do dispositivo junto aos usuários e identificar pontos de melhoria. Assim, algumas recomendações para trabalhos futuros podem ser enumeradas:

- a/ realizar estudo para minimizar o movimento torcional presente na estrutura vertical do sistema, de modo que a qualidade percebida pelo usuário seja incrementada;
- b/ desenvolver projeto de modularização dos componentes, com maior ênfase no conjunto do braço basculante, permitindo o acoplamento deste diretamente em paredes de residências;
- c/ realizar projeto de fabricação, otimizando a manufatura de componentes até então desenvolvidos manualmente;
- d/ realizar estudo aprofundado da combinação de cores, formas e texturas dos componentes, com o objetivo de deixar o conjunto mais agradável esteticamente;
- e/ avaliar viabilidade econômica e financeira do projeto.

## 7. REFERÊNCIAS

ABRACICLO. **Estudo Rosenberg - O uso de bicicletas no Brasil: qual o melhor modelo de incentivo?**. 2015. Disponível em: <<http://www.abraciclo.com.br/downloads>> Acesso em 05/11/2016.

ANTP, Associação Nacional de Transportes Públicos. **Sistema de informações de mobilidade urbana**. Relatório Comparativo 2003/2014. Disponível em: <[http://files.antp.org.br/2016/9/3/sistemasinformacao-mobilidade--comparativo-2003\\_2014.pdf](http://files.antp.org.br/2016/9/3/sistemasinformacao-mobilidade--comparativo-2003_2014.pdf)> Acesso em 01/11/2016.

ASM, Aerospace Specification Metals. **Propriedades mecânicas do aço inoxidável AISI 304**. 2016. Disponível em <<http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MQ304A>> Acesso em 05/06/2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL. **Números do segmento de Drywall no Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/index.php/6/numeros-do-segumento>> Acesso em 03/11/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Elastômero vulcanizado - Ensaio de deformação permanente à compressão - Método de ensaio – NBR 10025**. Rio de Janeiro: 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Projetos de estruturas de madeira – NBR 7190**. Rio de Janeiro: 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Chapas de madeira compensada: determinação da resistência à flexão estática – NBR 9533/86**. Rio de Janeiro: 1986.

BICICLETASROUBADAS. **Banco de dados de furtos e roubos de bicicleta.** 2016. Disponível em: < <http://www.bicicletasroubadas.com.br/roubos-stats.asp>> Acesso em 05/11/2016.

BICYCLETIMES. **Saris Bike Stand.** 2016. Disponível em: <<http://bicycletimesmag.com/this-just-in-saris-cycling-hottie-bike-stand/>> Acesso em 07/11/2016.

BIKEPOINT. **Exemplo de bicicleta estrada.** 2015. Disponível em: <<http://www.bikepointsc.com.br/produto/Bicicleta-Cannondale-Supersix-Evo-Hi-Mod-Team-12552>> Acesso em 06/11/2016.

BROWN, Tim. **Design Thinking:** Uma metodologia poderosa pra decretar o fim das velhas ideias. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

CAFOFO FINO. **Panelas penduradas.** 2010. Disponível em: < <http://cafofofino.blogspot.com.br/2010/02/panelas-penduradas.html>> Acesso em 02/11/2016.

CASASBAHIA. **Gancho Pendurar Bicicleta Parede Suporte De Bike Vertical.** 2016. Disponível em: <<http://www.casasbahia.com.br/EsporteLazer/Bicicletas/pecasparabicicleta/Gancho-Pendurar-Bicicleta-Parede-Suporte-De-Bike-Vertical-8313391.html>> Acesso em 07/11/2016

CEDE, Centro de Estudos e Debates Estratégicos. **Desafio da mobilidade urbana.** 2015. Disponível em:

<bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/.../desafio\_mobilidade\_conle.pdf?..1> Acesso em: 07/11/2016.

CELLBIKES. **Topeak Dual Touch Bike stand**. 2016. Disponível em: <<http://www.cellbikes.com.au/Topeak-Dual-Touch-Bike-Stand>> Acesso em 07/11/2016.

CICLORIABICICLETAS. **Suporte para bicicleta Thule Bike Straker**. 2016. Disponível em: <<http://www.cicloriobicicletas.com.br/suporte-para-bicicleta-thule-bike-stacker-5781-p4073033>> Acesso em 07/11/2016.

DESIGN KIT. In: **The course for Human Centered Design**. 2016. Disponível em: <<http://plusacumen.org/courses/hcd-for-social-innovation/>> Acesso em 04/11/2016.

DIAS DO BÊBÊ. **Móveis otimizados**. 2016. Disponível em: <<http://www.mildiasdobebe.com.br/tendencinhas/com-apartamentos-cada-vez-menores-os-moveis-precisam-ser-cada-vez-mais-otimizados>> Acesso em 02/11/2016.

ELO7. **Suporte parede para bicicleta**. 2016. Disponível em : <<http://www.elo7.com.br/suporte-parede-para-bicicleta-wcB>> Acesso em 07/11/2016.

ENGINEERING TOOLBOX. **Friction and friction coefficients**. Disponível em <[http://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d\\_778.html](http://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d_778.html)> Acesso em 09/05/2017

EXTRA. **Suporte de parede Altmeyer**. 2016. Disponível em: <<http://www.extra.com.br/EsporteLazer/Bicicletas/AcessoriosCiclismo/Suporte-02-Bicicleta-De-Parede---Altmeyer-5192136.html>> Acesso em 07/11/2016.

FAVORIT. **Propriedades químicas do aço inoxidável AISI 304**. 2016. Disponível em: <<http://www.favorit.com.br/produtos/acos-inoxidaveis/aco-aisi-304-aisi-304-l>> Acesso em 10/06/2017.

FIELD GUIDE. In: **Field Guide to Human-Centered Design**, 2015. Disponível em: <<http://www.designkit.org/resources/1>> Acesso em 03/11/2016.

GENT, N. **On the Relation between Indentation Hardness and Young's Modulus**. Rubber Chemistry and Technology: September 1958, Vol. 31, No. 4, pp. 896-906.

HICONSUMPTION. **Vadolibero bike stand**. 2016. Disponível em: <<http://hiconsumption.com/2015/08/vadolibero-bike-butler/>> Acesso em 07/11/2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Vamos conhecer o Brasil**. Censo 2010. Disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-povo/familias-e-domicilios.html>> Acesso em 02/11/2016.

INESPAR. **Análise do mercado de locação em Curitiba**. 2016. Disponível em: <[http://www.inespas.com.br/uploadAddress/2016\\_10\\_Curitiba\\_Locacao\\_Basico\[502\].pdf](http://www.inespas.com.br/uploadAddress/2016_10_Curitiba_Locacao_Basico[502].pdf)> Acesso em 06/11/016.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Propriedades mecânicas da Itaúba**. 2017. Disponível em <[http://www.ipt.br/informacoes\\_madeiras3.php?madeira=39](http://www.ipt.br/informacoes_madeiras3.php?madeira=39)> Acesso em 31/05/2017.

ISP. Instituto de Segurança Pública. **Furtos e roubos de bicicletas**. 2016. Disponível em: < <http://www.isp.rj.gov.br/Conteudo.asp?ident=134>> Acesso em 05/11/2016.

KOWALSKI, Rodolfo. **Roubos e furtos de bicicletas crescem e aparecem em Curitiba e no Paraná.** 2016. Disponível em: <<https://www.bemparana.com.br/noticia/361073/roubos-e-furtos-de-bicicletas-crescem-e-aparecem-em-curitiba-e-no-parana>> Acesso em 05/11/2016.

KELLEY, Tom; LITTMAN, Jonathan. **A arte da inovação: Lições de criatividade da IDEO, a maior empresa norte-americana de design.** São Paulo: Editora Futura, 2001.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada.** 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering Design: A Systematic Approach.** Berlim, Spring-Verlag, 1996.

PAPO DE HOMEM. **Guarda roupa funcional.** 2016. Disponível em <<https://papodehomem.com.br/o-guarda-roupas-mais-funcional-do-mundo-a-arara-nomade/>> Acesso em 02/11/2016.

PEDALANDO NA CIDADE. **Estudo de comportamento sobre o uso da bicicleta no Brasil.** 2015. Disponível em: < <http://www.pedalandonacidade.com.br/>> Acesso em 04/11/2016.

PUBLICBIKES. **Michelangelo Two Bike Gravity Stand.** 2016. Disponível em:<<http://www.publicbikes.com/Bike-Storage-Michelangelo-Two-Bike-Gravity-Stand>> Acesso em 07/11/2016.



RADONBIKES. **Exemplo de bicicleta de montanha**. 2016. Disponível em: <<http://www.radon-bikes.de/bikes-2016/mountainbike/marathontour/skeen-100/skeen-100-80/>> Acesso em 06/11/2016.

ROUSE, Willian B. **People and organizations: Explorations of Human-Centered Design**. Hoboken, A John Wiley & Sons, 2007.

SECOVI. **Pesquisa de mercado imobiliário**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.secovi.com.br/files/Arquivos/pmi-julho-2016.pdf>> Acesso em 03/11/2016.

SOUSA, Pablo Brilhante, **Análise de fatores que influem no uso da bicicleta para fins de planejamento ciclovitário**. 2012. Tese. Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SOARES, Rafael Della Gatta. **Bicicleta e mobilidade urbana**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Comunicação e Arte da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

STABILUS. **Gas springs and Dumpers**. Disponível em <[http://www.stabilus.com/fileadmin/download/Vehicle\\_GB\\_12\\_01.pdf](http://www.stabilus.com/fileadmin/download/Vehicle_GB_12_01.pdf)> Acesso em 08/05/2017

THEGSTAND. **OAK FTC**. 2016. Disponível em <<http://www.thegstand.com/inc/sdetail/89/381/>> Acesso em 07/11/2016.

VIANNA, Maurício et al. **Design Thinking: Inovação em negócios**. Rio de Janeiro; MJV Press, 2012.

VIGITEL. **Brasil 2014: Saúde Complementar.** Disponível em <[http://www.ans.gov.br/images/stories/Materiais\\_para\\_pesquisa/Materiais\\_por\\_assunto/2015\\_vigitel.pdf](http://www.ans.gov.br/images/stories/Materiais_para_pesquisa/Materiais_por_assunto/2015_vigitel.pdf)> Acesso em 05/11/2016.



## APÊNDICE B – MÉTODO DE ENTREVISTA

Este apêndice contém um modelo de perguntas, desenvolvido pela equipe, para o uso em entrevistas, como mostra a Tabela 26.

**Tabela 26 - Modelo de perguntas.**

<b>Abertura Geral:</b>	<b>Fase de aprofundamento:</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Há quanto tempo pedala?</li> <li>2. História do Felipe</li> <li>3. Como você trouxe a bicicleta? Veio pedalando?</li> <li>4. Pedala em família?</li> <li>5. Estou começando, o que você recomenda?</li> <li>6. Tua esposa acha tua bicicleta bonita?</li> <li>7. Usa a bicicleta durante a semana para locomoção?</li> <li>8. (identificar tipo de bicicleta da pessoa) Você tem outra bicicleta?</li> <li>9. Você ouviu falar sobre roubos em bicicletários?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tem algum suporte de bicicleta em casa? Como é?</li> <li>2. Aonde você costuma guardar a bicicleta?</li> <li>3. Se incomoda com o espaço ocupado?</li> <li>4. Acostumado a guardar a bicicleta dentro de casa?</li> <li>5. Tem problema com sujeira?</li> <li>6. Faz manutenção em casa? Tem algum suporte?</li> <li>7. Algum problema para levar a bicicleta para dentro de casa/apartamento? Tem elevador?</li> <li>8. Acha legal ter sua bicicleta exposta em casa?</li> <li>9. Gosta de mexer/montar na bicicleta?</li> <li>10. Você tem paredes em drywall? Teto em gesso? Guarda acessórios junto à bicicleta?</li> </ol>

## APÊNDICE C – FERRAMENTA CONJUNTO DE CARTAS

Este apêndice contém as ilustrações utilizadas nas entrevistas, seguindo o método do *Card Sort*. A Figura 121 mostra as fotos do contexto geral e a Figura 122 mostra as fotos do contexto específico.



Figura 121 - *Card sort*, contexto geral.



Figura 122 - *Card sort*, contexto específico.

## APÊNDICE D - BENCHMARKING

Este apêndice contém o *benchmarking* realizado, a fim de se conhecer o que o mercado já fornece aos usuários de bicicleta, como mostra a Tabela 27.

Tabela 27 - *Benchmarking*.

PRODUTO	TIPO DE FUNCIONAMENTO	NOME PAÍS ONDE É COMERCIALIZADO	PREÇO	ENCANTAMENTOS
 <p>Fonte: THEGSTAND</p>	TETO AO CHÃO	OAK FTC  EUA	R\$ 615,00	
 <p>Fonte: CELLBIKES</p>	TETO AO CHÃO	DUADUL-TOUCH™ BIKE STAND  EUA	R\$ 647,00	
 <p>Fonte: CICLORIABICICLETAS</p>	ESTANTE	THULE  BRASIL	R\$ 710,00	

PRODUTO	TIPO DE FUNCIONAMENTO	NOME PAÍS ONDE É COMERCIALIZADO	PREÇO	ENCANTAMENTOS
 <p>Fonte: BICYCLETIMES</p>	ESTANTE	SARIS EUA	R\$ 840,00	ESTETICAMENTE AGRADÁVEL  POSSIBILIDADE DE GUARDAR ACESSÓRIOS
 <p>Fonte: HICONSUMPTION</p>	ESTANTE	VADOLIBERO  ITÁLIA	RS 7928,00	CARREGADOR DE CELULAR SEM FIO INTEGRADO  CAIXA DE SOM INTEGRADA
 <p>Fonte: PUBLICBIKES</p>	APOIADO NA PAREDE	MICHELANGELO 2 BIKE GRAVITY STAND  EUA	R\$ 243,00	
 <p>Fonte: EXTRA</p>	PARAFUSADO NA PAREDE	Altmayer  Brasil	R\$102,99	

PRODUTO	TIPO DE FUNCIONAMENTO	NOME PAÍS ONDE É COMERCIALIZADO	PREÇO	ENCANTAMENTOS
 <p>Fonte: CASASBAHIA</p>	PARAFUSADO NA PAREDE	SUPORTE DE BICICLETA VERTICAL  Brasil	R\$ 89,00	
 <p>Fonte: ELO7</p>	PARAFUSADO NA PAREDE	SUPORTE PAREDE BICICLETA DE MADEIRA  BRASIL	R\$ 205,00	POSSIBILIDADE DE GUARDAR ACESSÓRIOS

## COTAÇÕES UTILIZADAS:

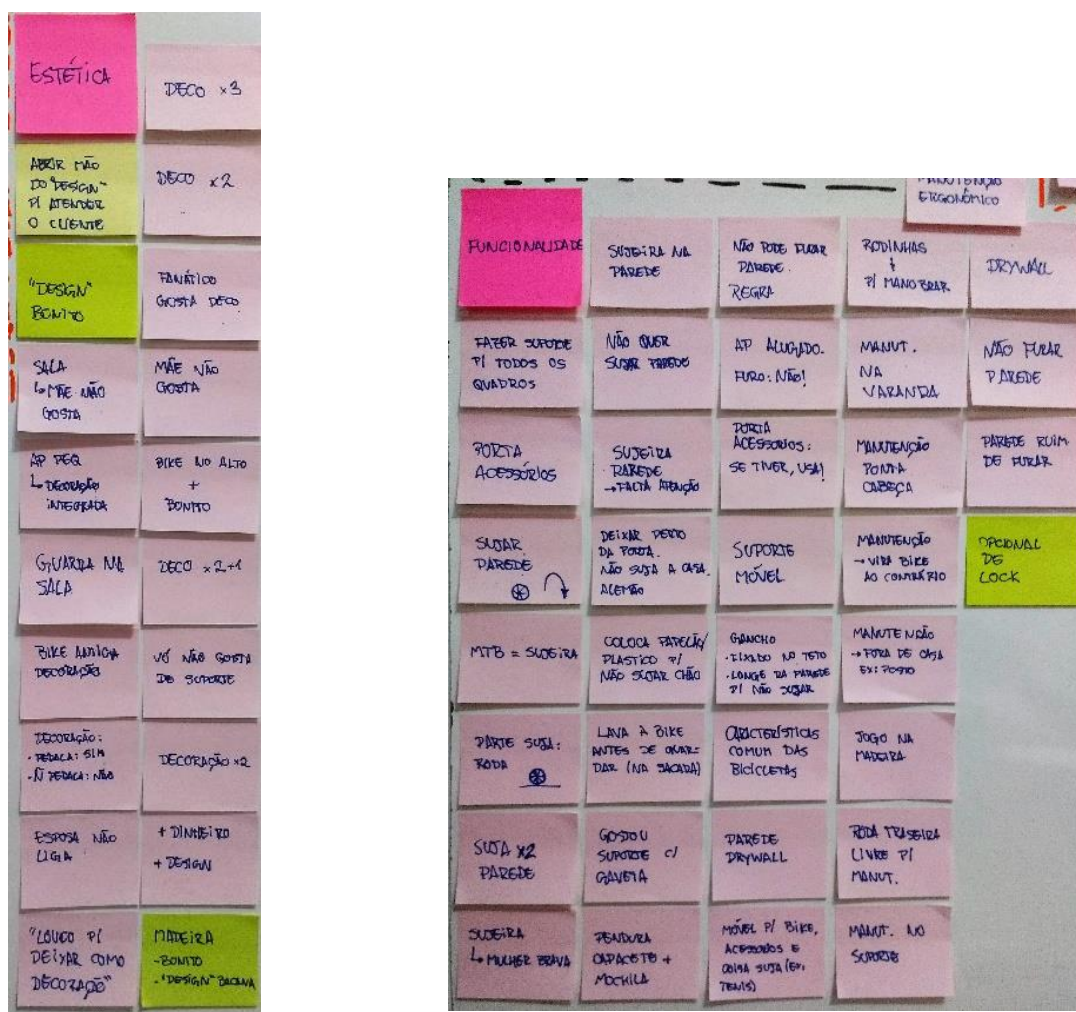
1 US\$ = 3,223 R\$

1 € = 3,805 R\$



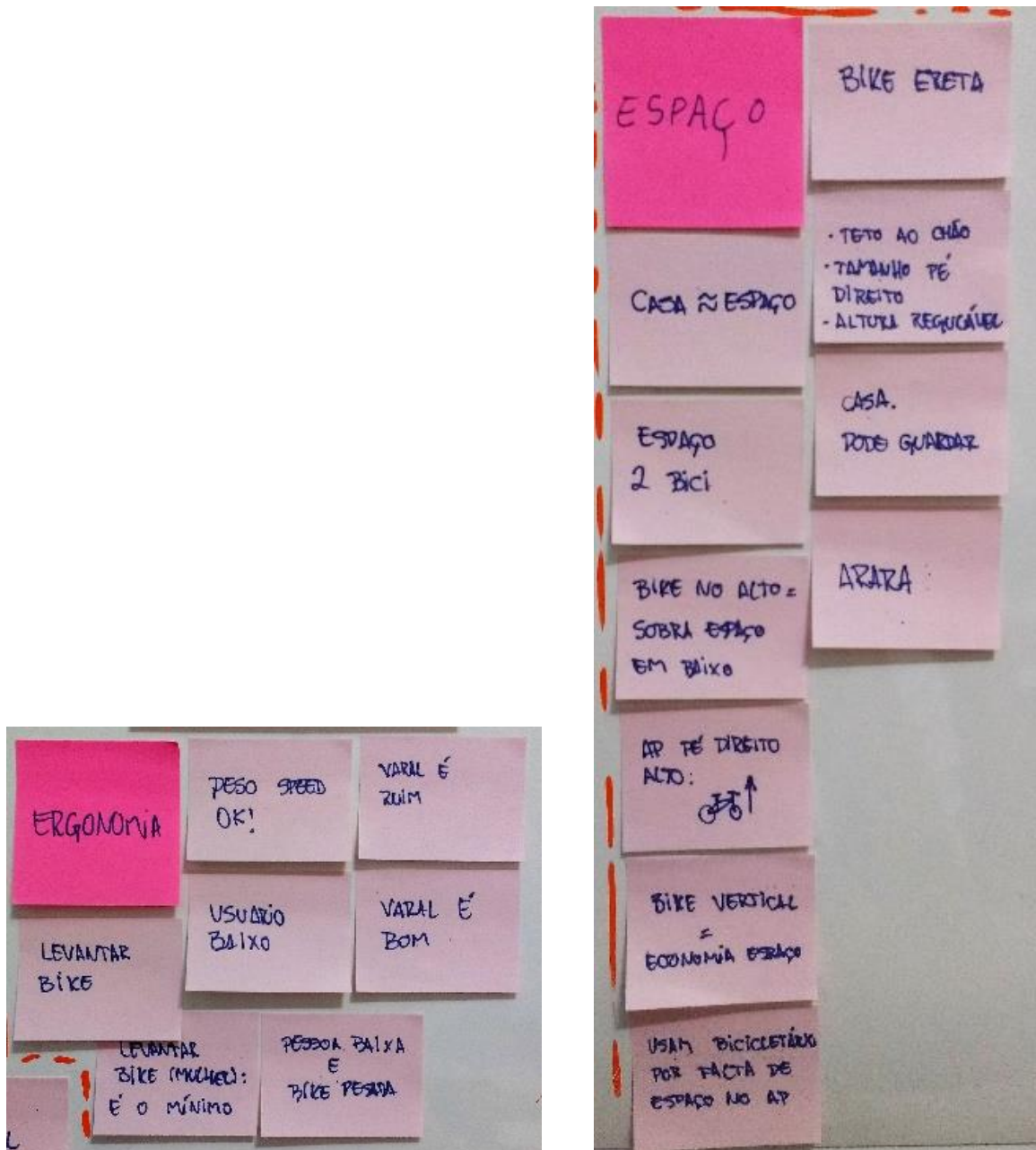
## APÊNDICE E – CATEGORIZAÇÃO E PALAVRAS-CHAVE

Este apêndice contém a categorização das ideias para a formação das palavras-chave, como mostra a Figura 123.



a/ Estética.

b/ Funcionalidades.



c/ Ergonomia.

d/ Espaço.

Figura 123 - Categorização das ideias.

## APÊNDICE F- CONSTATAÇÕES

Este apêndice contém as constatações realizadas pela equipe durante as pesquisas de campo e pesquisa secundária, como mostra a Figura 124.

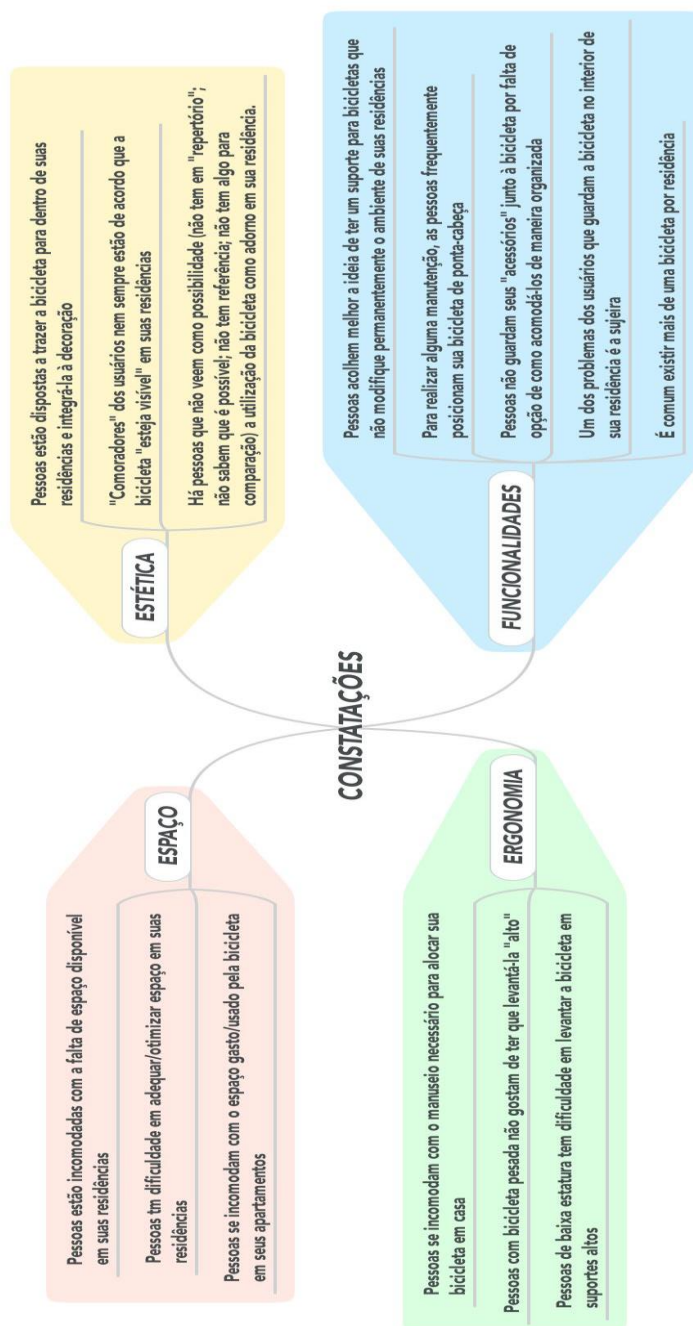
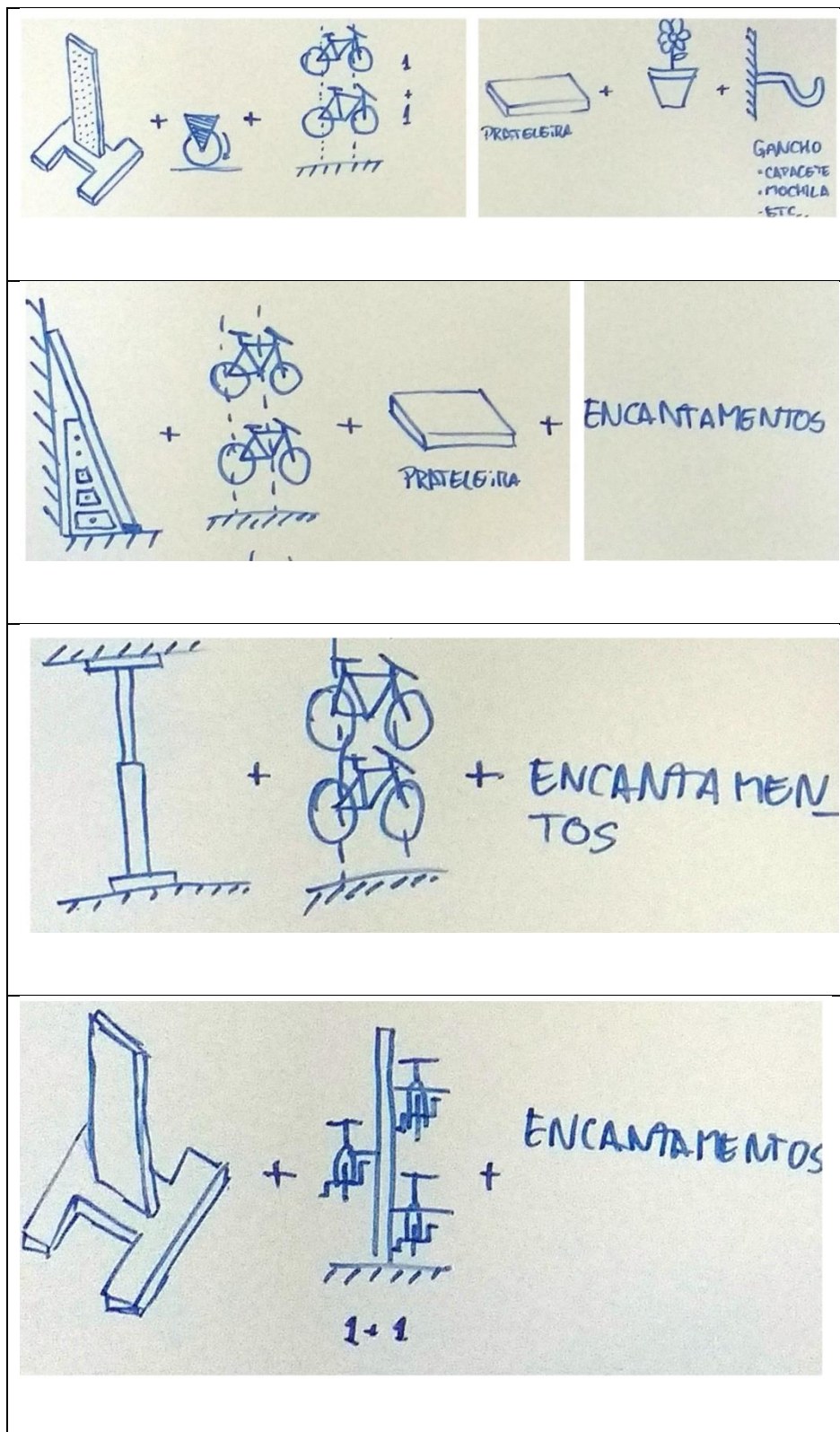


Figura 124 – Constatações.

## APÊNDICE G – SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

Croquis de soluções desenvolvidas, são mostrados na Tabela 28.

Tabela 28 - Soluções alternativas.



## APÊNDICE H – DESENVOLVIMENTO DA TRAVA

No presente apêndice, mostra-se as diferentes soluções encontradas para o travamento do conjunto braço basculante, tanto na posição superior, quanto na inferior.

O primeiro travamento idealizado foi um travamento mecânico, mostrado da Figura 125, onde o usuário necessitaria fazer o destravamento manualmente.

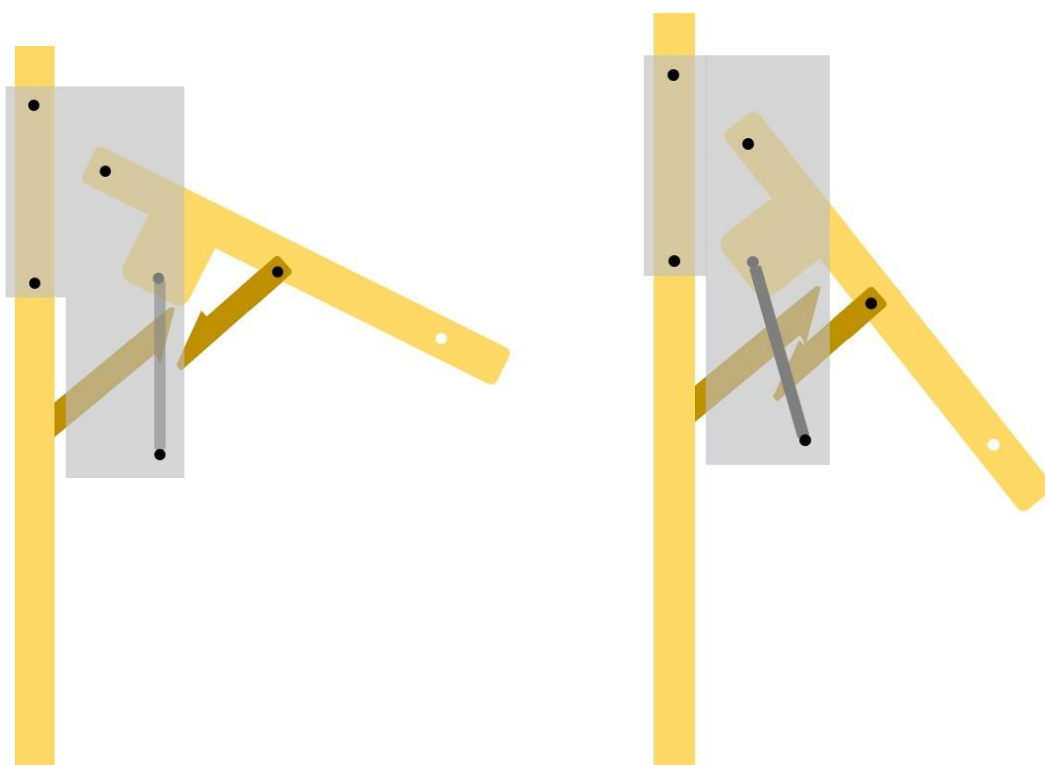
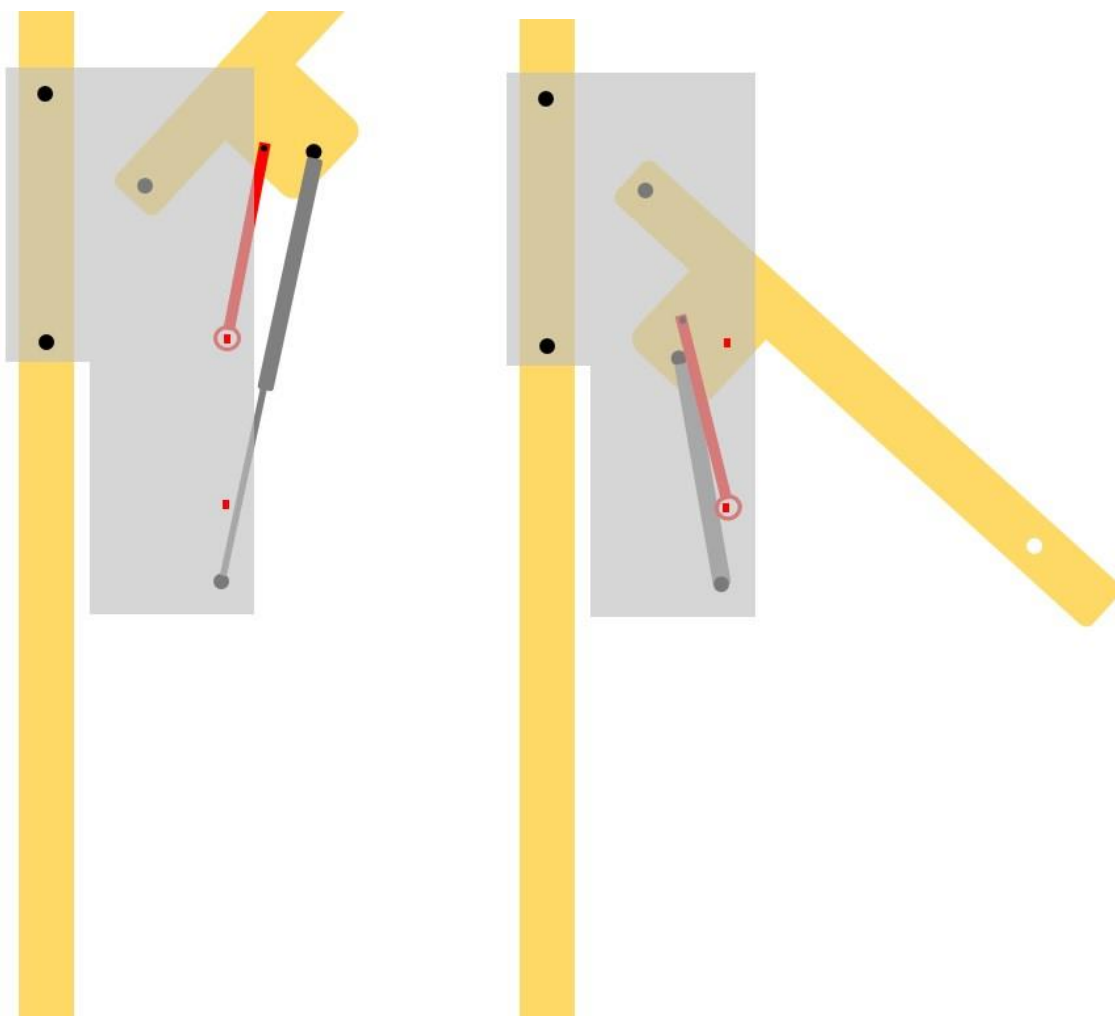


Figura 125 – Esquema de travamento mecânico.

Posteriormente, para atender tanto o travamento inferior quanto o superior, idealizou-se o sistema mostrado na Figura 126, onde, acoplada ao braço, existe uma barra com um olhal em sua ponta que, ao estar posicionada nas extremidades, é travada por um pino.



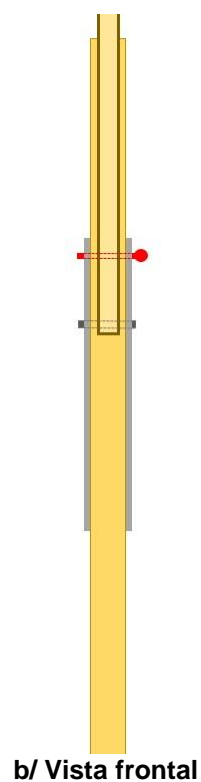
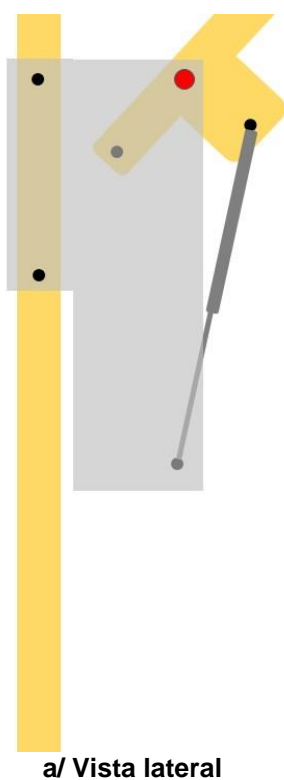
**Figura 126 – Travamento com trava tipo papagaio.**

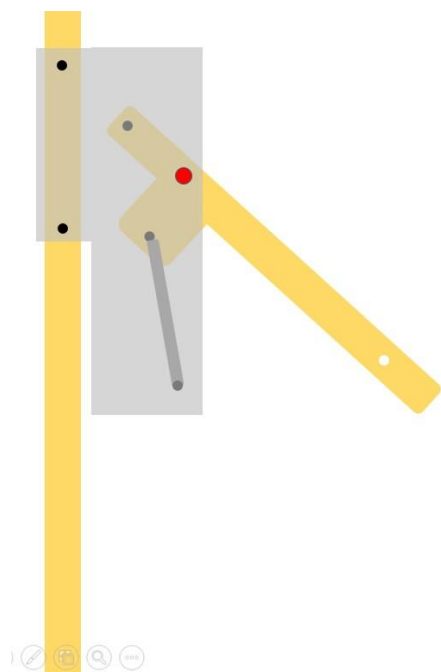
Uma terceira alternativa seria acoplar no braço um fecho toque, dispositivo mostrado na Figura 127. Este usado para fechar portas de armário, onde, ao ser pressionado, trava e destrava ao ser pressionado novamente. Tal sistema tem a vantagem de ser de fácil operação para o usuário. Porém tais fechos comerciais não são robustos o suficiente para o sistema braço basculante.



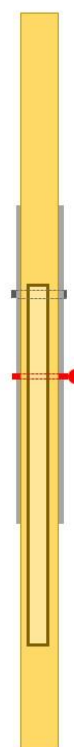
**Figura 127 – Travamento fecho toque.**

A alternativa utilizada no projeto final é a mostrada na Figura 128, onde existe um pino travante que assegura que o braço não irá se movimentar, juntamente com o sistema mostrado na Figura 130, onde a disposição do pistão faz com que o momento resultante do pistão no eixo de giro do braço se inverta ao chegar em um determinado ângulo de braço mínimo. Para fins de testes, fabricou-se o sistema, mostrado na Figura 129.





c/ Vista lateral



d/ Vista frontal

Figura 128 – Esquema de travamento com pino.



a/ Chapa fabricada



b/ Pino travante

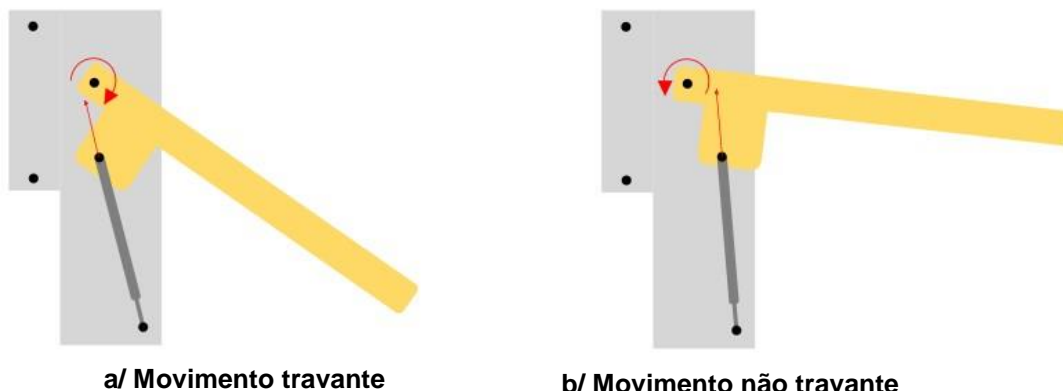




c/ Sistema montado

Figura 129 – Protótipo fabricado.

Portanto, o sistema final resultante é autotravante, ou seja, não se movimenta sem o auxílio do usuário, porém com uma trava de segurança (Figura 128), para evitar qualquer movimento indesejável.

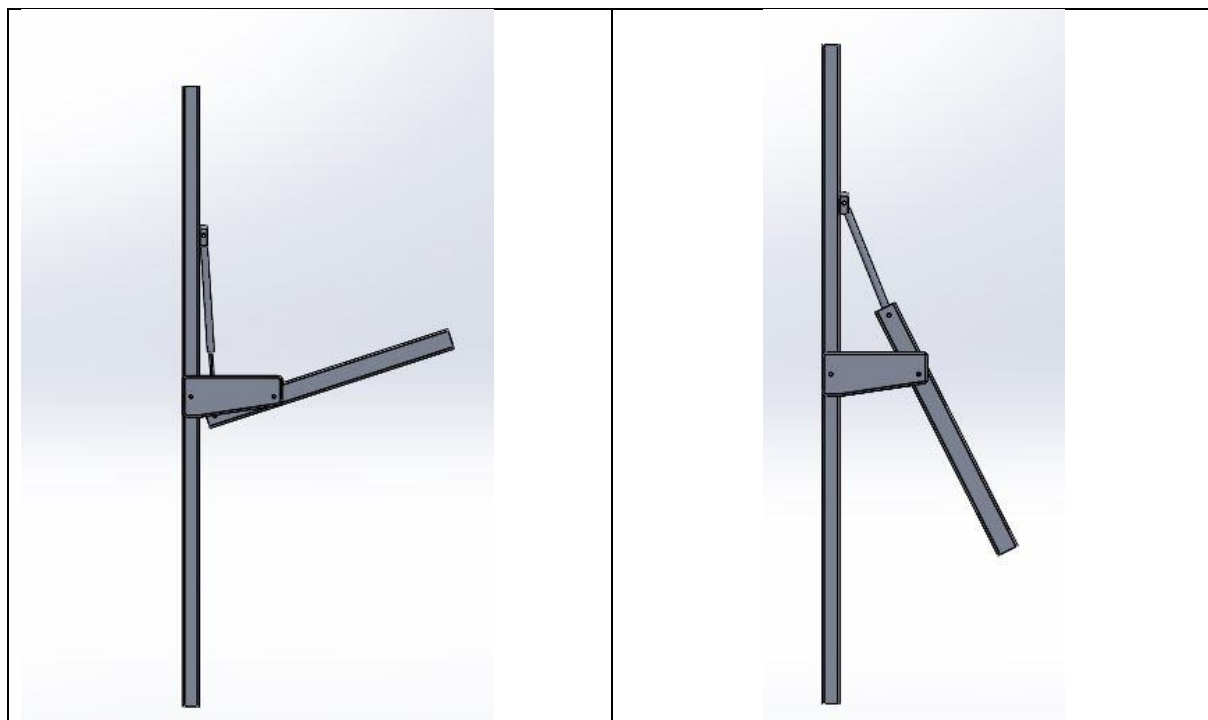


a/ Movimento travante

b/ Movimento não travante

Figura 130 - Movimento autotravante via pistão 1.

Uma alternativa para o sistema da Figura 130 seria o conjunto mostrado na Figura 131, onde o momento gerado pelo pistão mudaria de sentido em um determinado ângulo do braço. Porém, tanto esteticamente quanto funcionalmente, a equipe decidiu por optar pelo sistema da Figura 128.



**Figura 131 - Movimento autotravante com pistão 2.**

## APÊNDICE I – CONJUNTO BRAÇO BASCULANTE

Este apêndice contém os dimensionamentos do conjunto braço basculante.

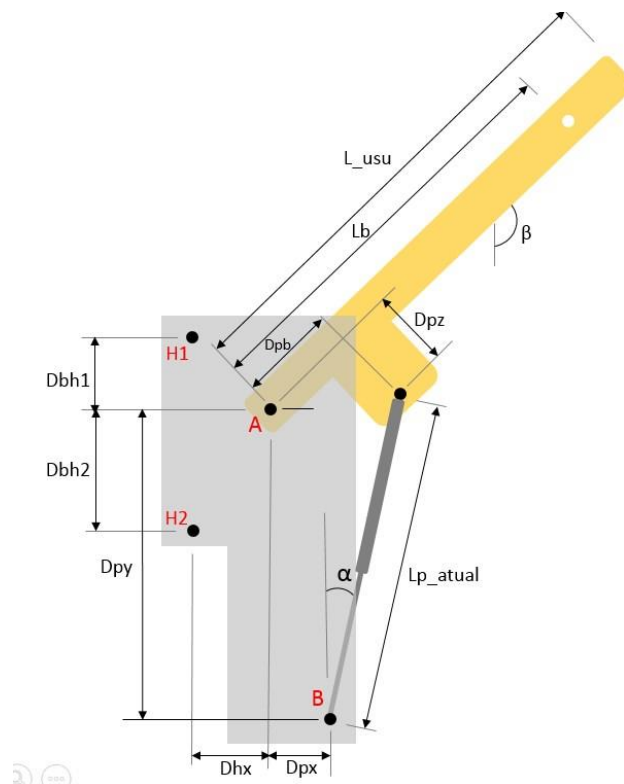


Figura 132 – Variáveis no conjunto braço basculante.

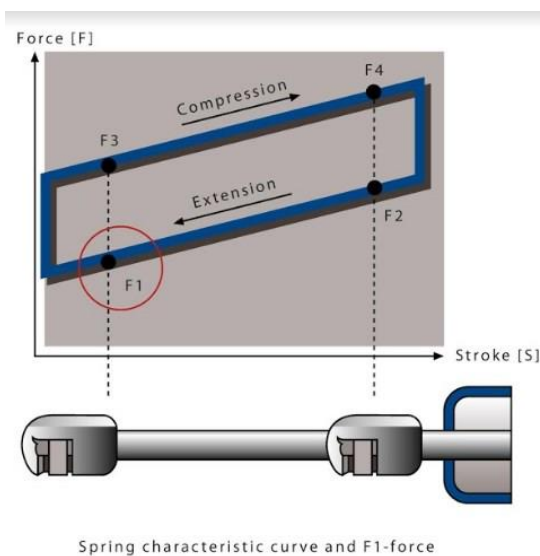
Primeiramente, calculou-se as variáveis dimensionais dependentes das dimensões de entrada e de suma importância para os cálculos posteriores. O Cálculo do ângulo do pistão ( $\alpha$ ), mostrado na Figura 132, se dá pela equação (18).

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{(D_{pb} \times \sin \beta) - D_{px} - (D_{pz} \times \sin(90 - \beta))}{D_{py} - (D_{pb} \times \cos \beta) - (D_{pz} \times \cos(90 - \beta))} \right) \quad (18)$$

Para definir qual o comprimento do pistão ( $L_{p\_atual}$ ), em função do ângulo do braço ( $\beta$ ) e das dimensões, utilizou-se a equação (19):

$$L_{p\_atual} = \frac{\sqrt{(D_{py} - D_{pb} \times \cos \beta - D_{pz} \times \cos(90 - \beta))^2 + (D_{pb} \times \sin \beta - D_{px} - D_{pz} \times \sin(90 - \beta))^2}}{\sin \alpha} \quad (19)$$

A força do pistão é variável de acordo com o comprimento do curso, como mostra a Figura 133.



**Figura 133 – Gráfico de força de um amortecedor mola-gás.**

**Fonte: Fabricante de pistões Enea Rossi Sa.**

Segundo o fabricante Stabilus, a relação entre a força máxima (F4) e a força nominal (F1), chamada de Razão de força (RF) é 1,2. A curva de força do pistão corresponde a uma curva de histerese, pois nela estão sendo consideradas as perdas internas do sistema. Portanto, na extensão, a força resultante que o pistão realiza é a força real menos a força perdida internamente e na compressão, a força necessária para realizar o movimento é a soma da força real mais a força que compensa as perdas internas. Para fins de cálculo, foi feita uma aproximação do gráfico da Figura 133 para uma reta e em todo movimento que o pistão realiza, é perdido 10% da força, ora realizada pelo pistão, ora realizada sobre o pistão. Portanto, para obtermos a força real atuante pelo pistão, visto na Figura 134, foram utilizadas as equações (20) e (21).

$$F_{m\acute{a}x} = F_n \times RF \quad (20)$$

Onde:

$F_{m\acute{a}x}$  = Força máxima do pistão mola-gás;

$F_n$  = Força nominal do pistão;

$RF$  = Razão e força.

$$F_{p_{real}} = F_n + \frac{(F_{m\acute{a}x} - F_n) \times (Lp_{m\acute{a}x} - Lp_{atual})}{(Lp_{m\acute{a}x} - Lp_{min})} \quad (21)$$

Onde:

$Fp_{real}$  = Força real atuante no pistão;

$Lp_{máx}$  = comprimento máximo do pistão;

$Lp_{min}$  = comprimento mínimo o pistão.

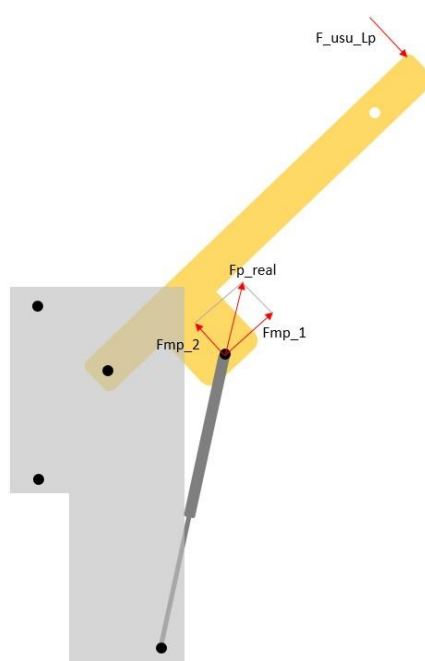


Figura 134 – Forças envolvidas no amortecedor mola-gás.

Para a análise do movimento do braço, calcula-se o momento causado pela bicicleta e o momento causado pelo pistão na extremidade. Para o cálculo do momento causado pelo pistão, utilizou-se as equações (22), (23) e (24).

$$Fmp_1 = Fp_{real} \times \text{sen}(180 - \alpha - \beta) \quad (22)$$

$$Fmp_2 = Fp_{real} \times \text{cos}(180 - \alpha - \beta) \quad (23)$$

$$M_{A_{pistão}} = Fmp_1 \times Dpz + Fmp_2 \times Dpb \quad (24)$$

Onde:

$Fmp_1$  = componente perpendicular ao braço de  $Fp_{real}$ ;

$Fmp_2$  = componente paralela ao braço de  $Fp_{real}$ ;

$M_{Apistão}$  = momento causado pelo pistão no ponto A.

O cálculo do momento causado pela bicicleta no ponto A se dá pela equação (25).

$$M_{Abici} = P_{bici} \times \text{sen}(\beta) \times Lb \quad (25)$$

Onde:

$M_{Abici}$  = momento causado pela bicicleta no ponto A;

$P_{bici}$  = Peso da bicicleta.

Para o cálculo o ângulo  $\beta$  em que se dá a condição de autotravamento do braço na posição inferior, o momento causado pelo pistão no ponto A deve obedecer a inequação (26).

$$M_{Apitão} < 0 \quad (26)$$

No cálculo do ângulo  $\beta$  em que se dá a condição de autotravamento do braço na posição superior, o momento causado pelo pistão deve ser maior que o momento causado pela bicicleta no ponto A, como mostra a inequação (27).

$$M_{Apitão} > M_{Abici} \quad (27)$$

Para calcular a força que o usuário deve realizar para movimentar a bicicleta (figura FORÇA REAL PISTAO), utilizou-se a equação (28).

$$F_{usuLp} = \frac{M_{Abici} + M_{Apitão}}{L_{usu}} \quad (28)$$

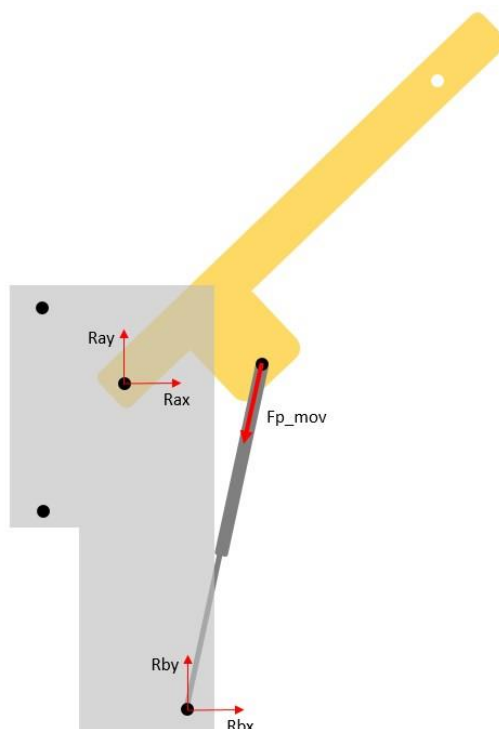


Figura 135 – Reações nos apoios.

A equação (29) mostra a obtenção da força para movimentar o braço. O cálculo das reações nos pontos A e B da Figura 135 se deu pela solução do sistema das equações (13), (14), (15) e (16).

$$Fp_{mov} = -Fp_{real} \quad (29)$$

Onde:

$Fp_{mov}$  = força exercida sobre o pistão para movimentar o braço.

$$Ra_x + Rb_x = -Fp_{mov} \times \text{sen } \alpha \quad (30)$$

$$Ra_y + Rb_y = -Fp_{mov} \times \text{cos } \alpha \quad (31)$$

$$\begin{aligned} Rb_x \times Dpy + Rb_y \times Dpx &= Fp_{mov} \times \text{sen } \alpha \\ &\times \left( Dpb \times \text{sen} \left( \beta - \frac{\pi}{2} \right) - Dbz \times \text{cos} \left( \frac{\pi}{2} - \beta \right) \right) - Fp_{mov} \\ &\times \text{cos } \alpha \times \left( Dpb \times \text{cos} \left( \beta - \frac{\pi}{2} \right) + Dbz \times \text{sen} \left( \frac{\pi}{2} - \beta \right) \right) \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned}
& -Ra_x \times Dpy + Ra_y \times Dpx \\
& = -Fp_{mov} \times \cos \alpha \\
& \times \left( Dpb \times \cos \left( \beta - \frac{\pi}{2} \right) - Dpx - Dbz \times \sin \left( \frac{\pi}{2} - \beta \right) \right) \\
& + Fp_{mov} \times \sin \alpha \times \left( Dpy + Dpb \times \sin \left( \beta - \frac{\pi}{2} \right) - Dbz \right. \\
& \left. \times \cos \left( \frac{\pi}{2} - \beta \right) \right)
\end{aligned} \tag{33}$$

Onde:

$Ra_x$  = reação em x no ponto A

$Ra_y$  = reação em y no ponto A

$Rb_x$  = reação em x no ponto B

$Rb_y$  = reação em Y no ponto B

Com as reações calculadas, obtemos as forças nos pontos A e B através das equações (34), (35), (36) e (37)

$$A_x = -Ra_x \tag{34}$$

$$A_y = -Ra_y \tag{35}$$

$$B_x = -Rb_x \tag{36}$$

$$B_y = -Rb_y \tag{37}$$

As reações em X nos pontos H1 e H2, mostradas na Figura 136, são calculadas através das equações (40) e (41).

$$RH_{2x} = \frac{-A_y \times DBH_1 - B_y(Dp_x + DH_x) - B_x \times (Dp_y + DBH_1)}{DBH_1 + DBH_2} \tag{38}$$

$$RH_{1x} = \frac{-A_x \times DBH_2 + A_y \times DH_x + B_y(Dp_x + DH_x) + B_x \times (Dp_y + DBH_2)}{DBH_1 + DBH_2} \tag{39}$$

As reações em Y são calculadas através com sistema composto pelas equações (40) e (41).



$$A_y + B_y + RH1_y + RH2_y = 0 \quad (40)$$

$$RH1_y = RH2_y \quad (41)$$

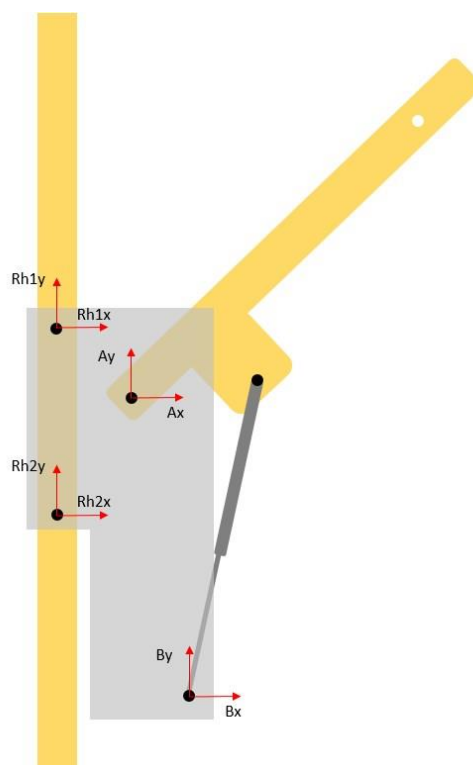


Figura 136 – Reações no sistema de fixação do teto ao chão.

Com as reações nos pontos H1 e H2, obtemos as forças atuantes nos respectivos pontos Figura 137 através das equações (42) e (43).

$$H1_x = -RH1_x \quad (42)$$

$$H2_x = -RH2_x \quad (43)$$

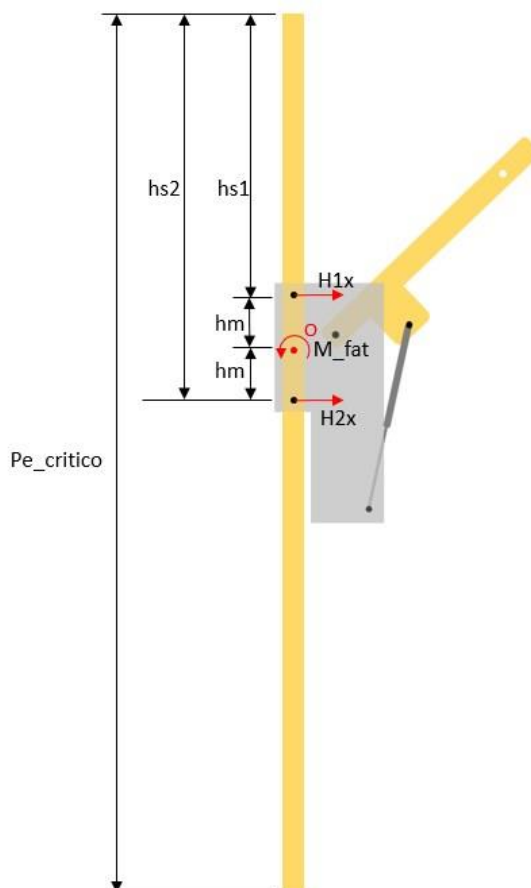


Figura 137 – Sistema de fixação do teto ao chão.

Para calcularmos as forças de atrito superior e inferior, mostradas na Figura 138, primeiramente calcula-se o momento no ponto O necessário para manter o sistema estático ( $M_{fat}$ ) pela equação (44).

$$M_{fat} = (H1_x - H2_x) \times h_m \quad (44)$$

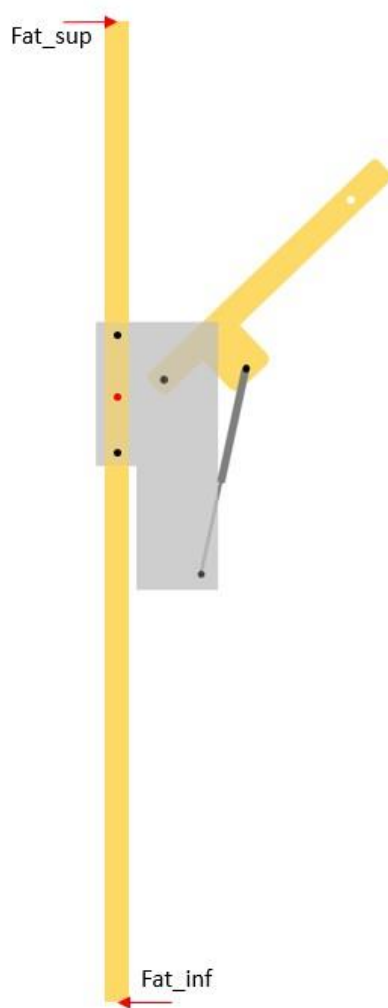


Figura 138 – Forças de atrito envolvidas na estrutura.

As forças de atrito superior ( $Fat_s$ ) e inferior ( $Fat_i$ ) são calculadas através das equações (45) e (46).

$$Fat_s = \frac{M_{fat}}{2 \times (hs_1 + h_m)} \quad (45)$$

$$Fat_i = \frac{Fat_s \times (hs_1 + h_m)}{Pe_{critico} - hs_2} \quad (46)$$

## APÊNDICE J - SIMULAÇÕES DO CONJUNTO TETO-CHÃO

Este apêndice contém os resultados das simulações realizadas para a determinação da flambagem e da deformação do elastômero, expostos na Tabela 29.

Tabela 29 – Resultados das simulações de flambagem.

Espessura elastômero [mm]	Dureza do elastômero [SHOR-A]	Ganho do came [mm]	Flambagem máx. [mm]	Deformação do elastômero [mm]
10	20	2	7,9	1,6
10	20	4	15,8	3,2
10	20	6	23,7	4,8
10	20	8	31,7	6,3
10	30	2	10,1	1,0
10	30	4	20,2	2,0
10	30	6	30,4	3,0
10	30	8	40,5	4,1
10	40	2	12,1	0,6
10	40	4	24,2	1,2
10	40	6	36,3	1,8
10	40	8	48,4	2,4
10	50	2	13,8	0,3
10	50	4	27,6	0,7
10	50	6	41,4	1,0
10	50	8	55,1	1,4
15	20	2	3,3	1,7
15	20	4	6,7	3,3
15	20	6	9,0	5,0
15	20	8	13,4	6,7
15	30	2	4,4	1,8
15	30	4	8,8	3,5
15	30	6	13,2	5,3
15	30	8	17,6	7,0
15	40	2	5,7	1,7
15	40	4	11,4	3,4
15	40	6	17,2	5,2
15	40	8	22,9	6,9
15	50	2	7,3	1,5
15	50	4	14,6	2,9
15	50	6	21,9	4,4
15	50	8	29,2	5,8
20	20	2	2,7	1,1

<b>Espessura elastômero [mm]</b>	<b>Dureza do elastômero [SHOR-A]</b>	<b>Ganho do came [mm]</b>	<b>Flambagem máx. [mm]</b>	<b>Deformação do elastômero [mm]</b>
20	20	4	5,4	2,1
20	20	6	8,0	3,2
20	20	8	10,7	4,3
20	30	2	3,3	1,3
20	30	4	6,6	2,7
20	30	6	10,0	4,0
20	30	8	13,3	5,3
20	40	2	4,2	1,7
20	40	4	8,5	3,4
20	40	6	12,7	5,1
20	40	8	16,9	6,8
20	50	2	5,4	1,4
20	50	4	10,8	2,7
20	50	6	16,3	4,1
20	50	8	21,7	5,4

## **APÊNDICE H – DESENHO DE CONJUNTO E DETALHADO**

Neste apêndice encontra-se:

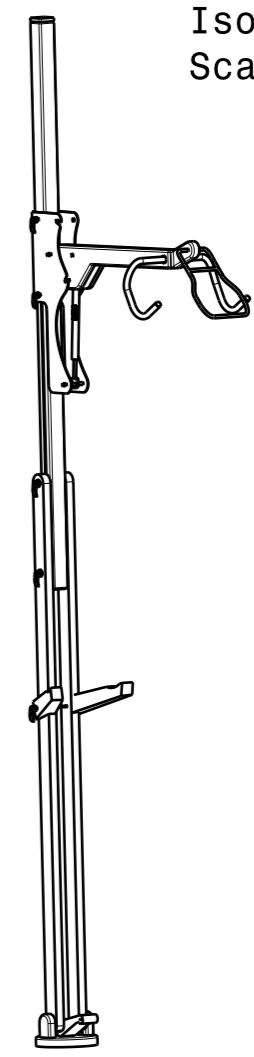
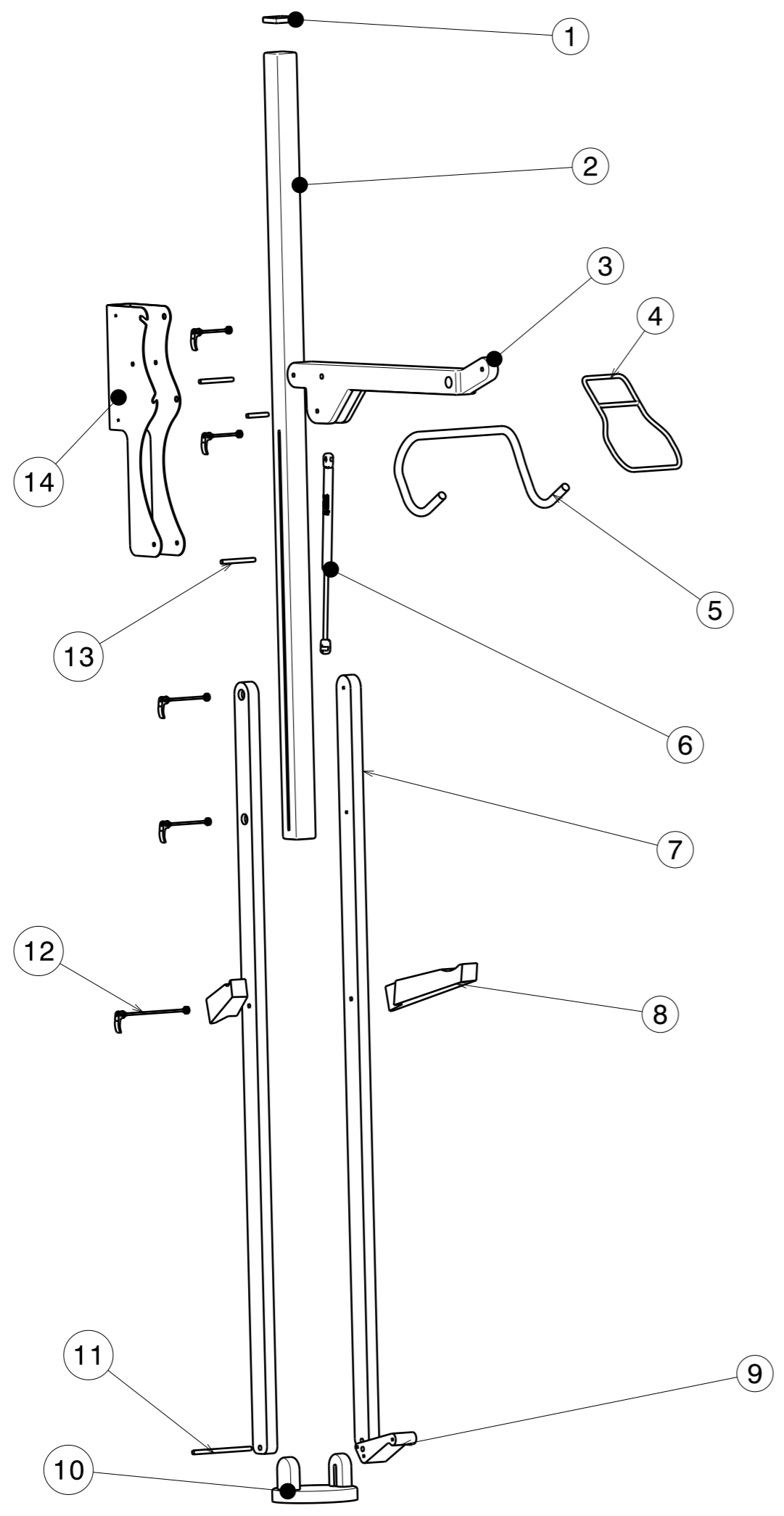
i/ Desenho do conjunto com a denominação de todos os componentes empregados e sua respectiva especificação;

ii/ Desenho de engenharia detalhado do componente Chapa Metálica;

iii/ Desenho do produto acabado do componente Chapa Metálica.

Por questões de sigilo, a equipe não detalhou todos os componentes projetados.

H G F E D C B A



Isometric view  
Scale: 1:21

4

4

3

3

2

2

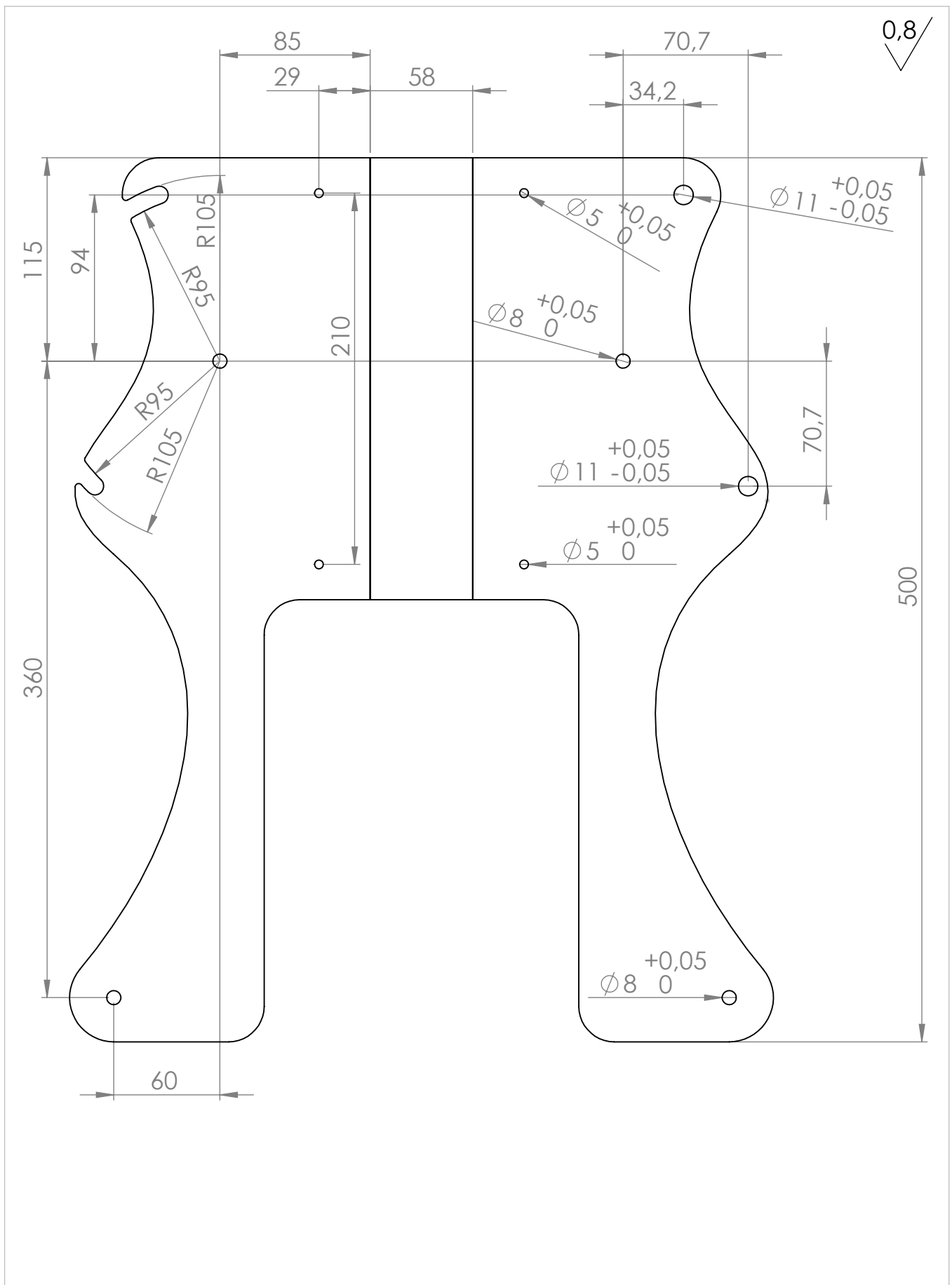
1

1

H G F E D C B A

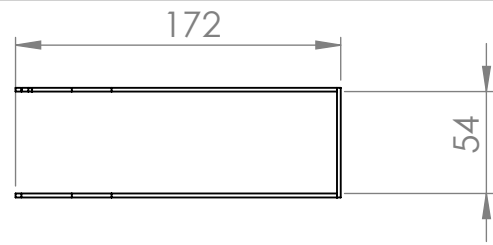
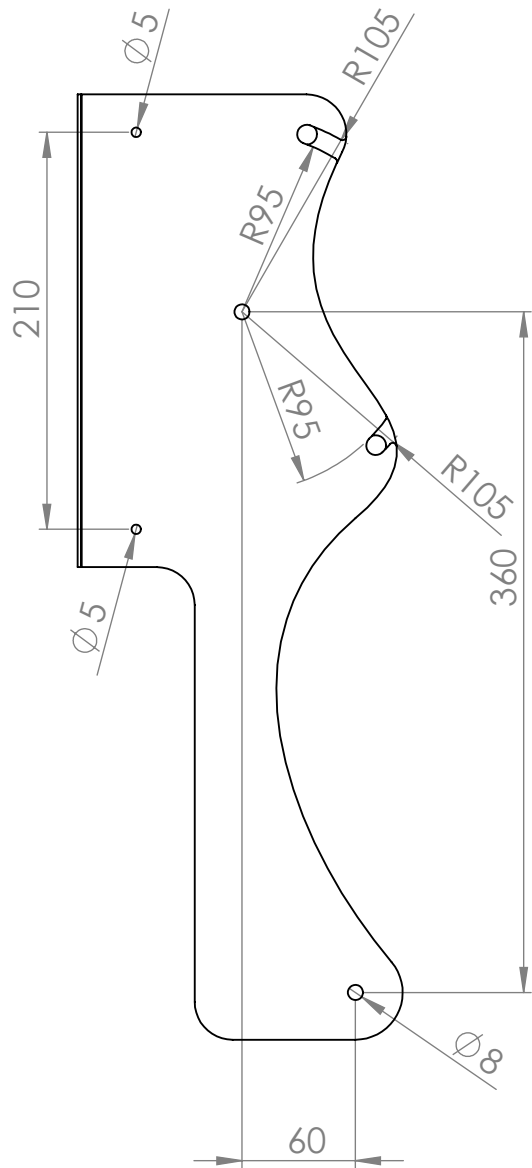
01	Elastômero	01	ORION NR-0644	
02	Haste central	01	Vide desenho	Compensado naval
03	Braço	01	Vide desenho	Compensado naval
04	Alça	01	Vide desenho	
05	Gancho	01	Vide desenho	Aço 1020
06	Amortecedor mola-gás	01	NAKATA - MG 16516	
07	HASTE LATERAL	02	Vide desenho	Compensado naval
08	Suporte bicicleta	02	Vide Desenho	Compensado naval
09	Came	01	Vide desenho	Compensado naval
10	Base suporte	01	Vide desenho	Compensado Naval
11	Eixo da base	01	Vide desenho	Aço 1020
12	Blocagem	05	QR 71 FIR	
13	Eixo do amortecedor	03	Parafuso classe 5.8	
14	Chapa metálica	01	Vide desenho	Aço AISI 304
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL

DESIGNED BY: Felipe F Freitas		<h1>Suporte Teto ao Chão</h1>		I	-
DATE: 19/06/2017				H	-
CHECKED BY:				G	-
DATE:		<h2>UTFPR</h2>		F	-
SIZE: <b>A3</b>				E	-
SCALE: 1:11	WEIGHT (kg):	DRAWING NUMBER: <b>01</b>	SHEET: <b>1 / 1</b>	D	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.				C	-
				B	-
				A	-

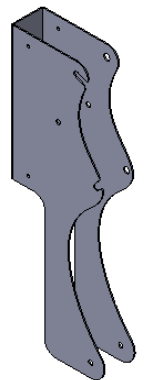
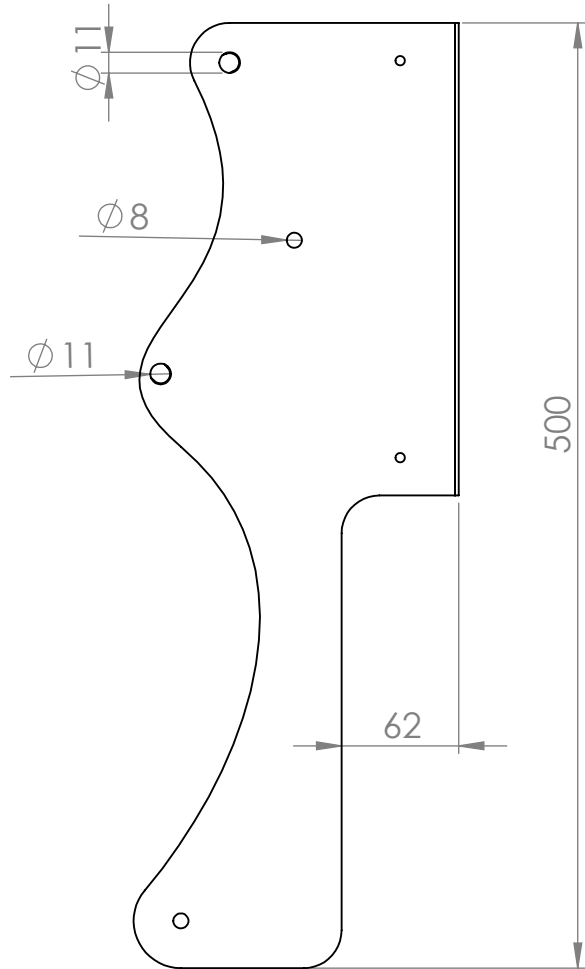


01	Chapa Metálica	01		AISI 304
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº 01	REVISÃO Nº
			UNIDADE	DATA 19/06/2017
			SETOR	NOME
			SOLICITANTE	VISTO
			ESCALA 1:3	APROVADO





0.8



01	Chapa Metálica	01		AISI 304
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	01
			UNIDADE	REVISÃO Nº
			SETOR	DATA
			SOLICITANTE	NOME
			ESCALA	VISTO
			1:4	APROVADO



Chapa Metálica

## APENDICE L – DESPESAS FINANCEIRAS DA EQUIPE

A Figura 1 descreve as despesas financeiras que a equipe teve ao longo do projeto.

Data	Descrição	Local	Valor
13/set	Fotos - Conjunto de Cartas	Visorama	R\$ 27,50
04/out	Bicicleta Miniatura	ML	R\$ 58,40
17/out	Pistões à Gás - Móveis	Leo Madeira	R\$ 16,11
22/out	Parafusos e Fixações	Pioneira dos Parafusos	R\$ 19,00
23/out	Pinos de Encaixe	Ferro-Velho	R\$ 25,00
08/nov	Impressão TCC - pré-entrega	JZ Impressões	R\$ 26,00
11/nov	Impressão TCC Final	JZ Impressões	R\$ 198,60
11/jan	Madeiras Diversas - 10m	Aroeira	R\$ 33,00
11/jan	Blocagem Selim x 2	Portella	R\$ 12,00
11/jan	Blocagem Rodas Par	Portella	R\$ 12,00
18/jan	Nível Bolha	Mercado Livre	R\$ 36,89
23/jan	Blocagem Selim x 2	Portella	R\$ 12,00
23/jan	Blocagem Rodas Par	Portella	R\$ 12,00
23/jan	Ripa Itaúba 1 X 2" - 12m	Gralha Azul	R\$ 60,36
24/jan	Ripa Itaúba 1 X 2" - 6m	Colnaghi Skill	R\$ 31,50
24/jan	Ripa Itaúba 1 X 3" - 2m	Colnaghi Skill	R\$ 13,00
24/jan	Tábua Itaúba 1 x " - 1m	Colnaghi Skill	R\$ 10,00
25/jan	Viga Itaúba 2 X 2" - 4m	Colnaghi Skill	R\$ 40,00
25/jan	Viga Pinus 2 X 2" - 2,5m	Colnaghi Skill	R\$ 22,00
07/fev	Fresa Tupia + Fecho Toque	Casa do Marceneiro	R\$ 41,60
11/fev	Parafusos Madeira + Duplo	Pioneira dos Parafusos	R\$ 27,80
11/fev	Blocagem Roda	Jamur Bikes	R\$ 12,00
13/fev	Fresa Tupia Raio Canto	MercadoLivre	R\$ 39,80
23/fev	Pistão Mola-Gás	Alvorada Auto Peças	R\$ 61,20
23/fev	Parafusos + Barra Roscada	Pioneira dos Parafusos	R\$ 22,50
23/fev	Parafusos + Barra	Mundo dos Parafusos	R\$ 11,80
02/mar	Parafusos div + Madeira (nota parcial)	Pioneira dos Parafusos	R\$ 22,10
17/mar	Broca Bosch Madeira 22mm	Casa das Furadeiras	R\$ 9,35
31/mar	4 x Eixo Bicicleta	Mercado Livre	R\$ 32,90
08/abr	Porca Olhal, Barra, Fixador porta	Pioneira dos Parafusos	R\$ 27,40
10/abr	Fecho Papagaio	Fermatti Comercio	R\$ 52,00
26/mai	Corta e Dobra chapa 3mm	Startubos	R\$ 68,00
26/mai	Balança Analogica	Casa China	R\$ 39,99
27/mai	Brocas, ferragens, disco, trava,...	Pioneira dos Parafusos	R\$ 74,00
27/mai	Broca 5mm	Pioneira dos Parafusos	R\$ 8,00
06/jun	Espaçadores 8mm	Skate Shop	R\$ 40,00
06/jun	Pistão Nakata	Alvorada	R\$ 46,30
08/jun	Chapa 220x160x2,5 + Corte	Golden Compensados	R\$ 807,00
08/jun	Chapa Metálica 2mm + corte/dobra	Perfilados Belem	R\$ 150,00
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 2.259,10</b>

Figura 1 - Despesas financeiras do projeto.

## ANEXO 1 – COMO ENQUADRAR O DESAFIO DE PROJETO

Este anexo contém o exercício proposto pela metodologia para definir o desafio de projeto que se deseja desenvolver.

Frame Your Own  
Design Challenge

### 01 Frame Your Design Challenge

What is the **problem** you're trying to solve?

---



---



---

1) Take a stab at framing it as a design question.

---

2) Now state the **ultimate impact** you're trying to have.

---

3) What are some **possible solutions** to your problem?

Think broadly. It's fine to start a project with a hunch or two, but make sure you allow for surprising outcomes.

---



---

4) **Finally, write down some of the context and constraints** that you're facing.

They could be geographic, technological, time-based, or have to do with the population you're trying to reach.

---



---

5) Does your **original question** need a tweak? Try it again.

---



---

## ANEXO 2 – SELEÇÃO DO ELASTÔMERO

### Características Técnicas e Aplicações

COMPOSTO	POLÍMERO BASE	DÍGITOS DE IDENTIFICAÇÃO	COR	PESO ESPECÍFICO (g/cm <sup>3</sup> ) tol. ±0,03	DUREZA SHORE A, ±5 pts.	CLASSIFICAÇÃO ASTM D 2000	CARACTERÍSTICAS / APLICAÇÕES
NB-5317	NITRÍLICA	62	PRETA	1,29	70	M2BG 710 B14 EA14 EF11 EF21 E014 E034 F17 Z1 Z2	Excelente resistência a derivados de Petróleo (Gasolina, Querosene, Óleos, Solventes, GLP). Utilizado na confecção de juntas, diafragmas, guarnições, reguladores de gás, etc.
NB-5347		64	BRANCA	1,43	70	M2BG 710 EA14 EF11 EF21 E014 E034 Z1 Z2 Z3	Atóxico. Boa resistência à ruptura, ao rasgo e ao desgaste. Boa resistência a fluidos apolares. Utilizado em embalagens, revestimentos e outras aplicações que exijam alto grau de pureza.
NB-5896		66	PRETA	1,22	60	M2BG 614 B14 EA14 EF11 EF21 E014 E034 F17 Z1 Z2 Z3	Excelente resistência a derivados de Petróleo (Gasolina, Querosene, Óleos, Solventes, GLP). Utilizado na confecção de juntas, diafragmas, guarnições, reguladores de gás, etc.
NB-5997		29	CINZA	1,42	70	M5BG 707 A14 E014 E034 Z1 Z2	Média resistência a derivados de petróleo (Gasolina, Querosene, Óleos) e regular resistência a solventes e GLP. Utilizado na confecção de juntas, diafragmas, guarnições, etc.
NR-0414	NATURAL	19	VINHO	1,25	40	M4AA 407 A13 B13 EA14 Z1 Z2	Alta flexibilidade, boa resistência ao desgaste por granalha de aço, grão de areia, etc. Utilizado em revestimento de cabines de jateamento de areia ou granalha de aço.
NR-0466		51	PRETA	1,15	60	M4AA 617 A13 B33 EA14 G21 Z1 Z2 Z3	Excelente resistência à ruptura e ao alongamento. Boa resistência ao desgaste. Utilizado como juntas, vedações, diafragma e amortecedores diversos.
NR-0524		18	VERMELHO (TELHA)	1,25	40	M4AA 407 A13 B13 EA14 Z1 Z2	Alta flexibilidade, boa resistência ao desgaste por granalha de aço, grão de areia, etc. Utilizado em revestimento de cabines de jateamento de areia ou granalha de aço.
NR-0567		90	PRETA	1,39	70	M2AA 707 A13 C12 EA14 F17 Z1 Z2 Z3 Z4 Z5 Z6 Z7	Boa resistência ao desgaste e à propagação de chamas. Utilizado como pisos e passareiras em estações e carros de metrô e trens, etc.
NR-0577		10	PRETA	1,37	70	M2AA 707 A13 EA14 Z1 Z2 Z3 Z4	Média resistência à deformação e ao desgaste. Utilizado como pisos e passareiras, revestimento, etc.
NR-0644		01	VERMELHO	1,07	40	M4AA 414 A13 B13 EA14 Z1 Z2	Excelentes propriedades mecânicas. Alta resistência ao impacto e à cortes. Alta flexibilidade e elasticidade. Aplicado em revestimento de tanques, tubos, calhas, betoneiras, cabines de jateamento, etc.
NR-0696		43	ROXO	1,54	60	M2AA 603 A13 EA14 Z1 Z2 Z3	Boa flexibilidade, moderada resistência ao desgaste por granalha de aço, grão de areia, etc. Utilizado em revestimento de cabines de jateamento.
NR-0754	05	AMARELA	1,12	40	M2AA 405 A13 EA14 Z1 Z2 Z3 Z4 Z5	Boa resistência ao desgaste e boas propriedades mecânicas. Utilizados para confecção de correias e esteiras transportadoras.	
NR-0764	06	LARANJA	1,12	40	M2AA 405 A13 EA14 Z1 Z2 Z3 Z4 Z5		
NR-0774	28	BEGE	1,06	40	M2AA 405 A13 EA14 Z1 Z2 Z3 Z4 Z5		



# Propriedades/Resistência x Compostos

PROPRIEDADE OU RESISTÊNCIA A:	CLOROPRENO CR						EPDM EP			BUTÍLICA II	BUTADIENO ACRILO-NITRILA NBR						NATURAL NR														
	C40	C41	C42	C44	C45	C46	E67	E68	E69		N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23	N24	N25	N26	N27	N28	N29	N30
OZÔNIO	B/E	B	E	B	B	B/E	B	E	E	E	P	P	P	P	P	P	P	P	P	R	R	P	P	P	P	P	P	P	R	P	P
INTEMPÉRIES	E	R/B	E	B	B	E	E	E	E	E	R	P	P	R	R	R	R	P	P	P	R	R	P	P	P	P	P	P	R	P	P
CALOR	B	B	B	B	B	B	B	B	E	B	B	B	B	B	B	B	R	R	R	B	R	R	R	R	R	R	R	R	B	R	R
BAIXAS TEMPERATURAS	R/B	R	R/B	R/B	R/B	R/B	R/B	B/E	B/E	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	R	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
RASGO	B	R	E	R/B	R/B	B	R/B	B	B	R/B	B	R/B	B	B	B	R/B	B	E	B	E	R	B	B	B	B	B	B	B	E	B	B
ABRASÃO	B/E	R	E	B	B	B/E	B	R	R	R	R	R	R	B	B/E	R	R	B/E	B/E	B/E	B	E	R/B	B	B	B	B	B	B/E	R	R
TRAÇÃO	B	R	E	B	B	B	B	R	R	E	B	P	B	B	B	R	B	E	B	B	B	B	E	P	R/B	R/B	R/B	B	B	B	B
DEFORMAÇÃO PERMANENTE	B	R	E	B	B	B	B	E	B	B	E	B/E	B/E	B/E	B/E	B	B	B	B	B	B	E	B	B	B	B	B	B	B	B	B
FLEXÃO	B/E	R	E	B	B	B/E	B	B	B	E	B/E	B	B	B	B	B	E	E	E	B/E	R	E	B	B	B	B	B	B/E	B/E	B	B/E
ISOLAMENTO ELÉTRICO	R	R	B	R	R	R	R	E	E	B	R	R	R	R	R	R	B	B	B	R/B	R/E	B	R	R/B	R/B	R/B	R/B	R/B	R/B	R/B	B
ÓLEOS MINERAIS, GRAXAS E LUBRIFICANTES	R	R/B	B	R	R	R/B	R/B	P	P	P	E	B	B	E	E	E	B	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
ÓLEOS ANIMAIS E VEGETAIS	R/B	R/B	B	R/B	R/B	B	B	P	P	B	E	E	E	E	E	E	P	P	P	R	R	P	P	P	P	P	P	R	R	P	
COMBUSTÍVEIS (GASOLINA E QUEROSENE)	P	R	P	P	P	P	P	P	P	E	B	B	E	E	E	B	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
ÁCIDOS DILUÍDOS	R/B	R/B	R/B	R/B	R/B	R/B	R/B	B	B	P	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
ÁCIDOS CONCENTRADOS	R/B	R	P	R	R	R/B	R/B	R/B	R/B	P	R	R	R	R	R	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
ABSORÇÃO DE ÁGUA	B	R	B	R	R	B	R	B/E	E	B	R/B	R/B	B	B	B	R/B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
PROPAGAÇÃO DE CHAMAS	B	R/B	E	R/B	R/B	B	R	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	E	P	P	P	P	P	P	P	E	P	P

**E** EXCELENTE      **B** BOA      **R** REGULAR      **P** POBRE

**OBSERVAÇÕES:**

Ao especificar um lençol para um projeto, deve-se conhecer melhor alguns parâmetros como: temperatura de trabalho (contínua ou intermitente), concentração (no caso de ácidos), tempo de exposição, imersão total ou parcial, etc. **CONSULTE-NOS!**

## Observações Importantes

### SISTEMA ASTM D 2000 DE CLASSIFICAÇÃO

Este sistema de classificação é uma norma internacional que descreve as características da borracha vulcanizada, baseado na premissa de que as propriedades de todos os produtos de borracha podem ser organizadas dentro das designações de características dos materiais.

ASTM D 2000 TIPO E CLASSE	POLÍMEROS FREQUENTEMENTE USADOS
<b>AA</b>	BORRACHA NATURAL, BORRACHA REGENERADA, SBR, BUTIL, EPDM, POLIBUTADIENO, POLISOPRENO
<b>AK</b>	POLISULFIDO (TYKOL)
<b>BA</b>	EPDM, SBR PARA ALTA TEMPERATURA, BUTIL
<b>BC</b>	POLICLOROPRENO (NEOPRENE)
<b>BE</b>	POLICLOROPRENO (NEOPRENE)
<b>BF</b>	BUTADIENO-ACRILÓ-NITRILA
<b>BG</b>	BUTADIENO-ACRILÓ-NITRILA, POLIURETANO
<b>BK</b>	POLISULFIDO (TYKOL), BUTADIENO-ACRILÓ-NITRILA
<b>CA</b>	EPDM

ASTM D 2000 TIPO E CLASSE	POLÍMEROS FREQUENTEMENTE USADOS
<b>CE</b>	POLIETILENOCLOROSULFONADO (HYPALON)
<b>CH</b>	BUTADIENO-ACRILÓ-NITRILA, EPICLORIDRIN
<b>DA</b>	EPDM
<b>DF</b>	POLIACRÍLICO (TIPO BUTIL-ACRILATO)
<b>DH</b>	POLIACRÍLICO
<b>FC</b>	SILICONE (ALTA TENSÃO DE RUPTURA)
<b>FE</b>	SILICONE
<b>FK</b>	SILICONE FLUORADO
<b>GE</b>	SILICONE
<b>HK</b>	FLUORCARBONO (VITON, FLUOREL)

### “Line Call Out” ASTM D 2000 - Interpretação

A S T M D 2 0 0 0 M 2 B C 5 0 7 A 1 4 E O 3 4

M 2 B C 5 0 7 A 1 4 E O 3 4  
REQUISITOS BÁSICOS REQUISITOS ADICIONAIS

**M** 2 B C 5 0 7 A 1 4 E O 3 4  
Indica que os valores estão no sistema “SI” (métrico). A ausência da letra “M” indica uma versão antiga da norma, quando os valores eram expressos no sistema americano.

M **2** B C 5 0 7 A 1 4 E O 3 4  
Grau - Quando o grau é 1, indica que somente os quesitos básicos são exigidos. Outros números de grau indicam quais condições adicionais são exigidas, assim como métodos e duração de ensaios.

M 2 **B** C 5 0 7 A 1 4 E O 3 4  
Tipo - Indica resistência à temperatura.

A	B	C	D	E	F	G	H	J
70°C	100°C	125°C	150°C	175°C	200°C	225°C	250°C	275°C

M 2 B **C** 5 0 7 A 1 4 E O 3 4  
Classe - Indica resistência ao inchamento em óleo ASTM nº 3.

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
não especificado	140%	120%	100%	80%	60%	40%	30%	20%	10%

M 2 B C **5** 0 7 A 1 4 E O 3 4

Dureza	5	50 ± 5 pontos SHORE A
	4	40 ± 5 pontos SHORE A
	7	70 ± 5 pontos SHORE A

M 2 B C 5 0 7 A 1 4 E O 3 4

Carga de ruptura	07	7MPa	70 kg/cm <sup>2</sup>
	10	10MPa	100 kg/cm <sup>2</sup>
	15	15MPa	150 kg/cm <sup>2</sup>

M 2 B C 5 0 7 **A** 1 4 **E** O 3 4

Letras de Sufixo - Indicam as características de resistência exigidas.

A Resistência ao calor	H Resistência à flexão
B Deformação permanente à compressão	J Resistência à abrasão
C Resistência ao ozônio e à intempéries	K Adesão
D Resistência à compressão/deformação	M Resistência à inflamabilidade
EA Resistência a fluidos aquosos	N Resistência ao impacto
EF Resistência a combustíveis	P Resistência ao manchamento
EO Resistência a óleos e lubrificantes	R Resiliência
F Resistência à baixas temperaturas	Z Características especiais a serem especificadas
G Resistência ao rasgo	

M 2 B C 5 0 7 A **1** 4 E O **3** 4

Primeiro Número de Sufixo - Indica o método de ensaio e duração do teste. É associado à letra do sufixo.

M 2 B C 5 0 7 A 1 **4** E O 3 **4**

Segundo Número de Sufixo - Indica a temperatura de teste aplicável aos sufixos: A, B, C, EA, EF, EO, G, K.

11	275	Aplicável ao Sufixo F	00	Temperatura ambiente
10	250		01	23
09	225		02	0
08	200		03	-10
07	175		04	-18
06	150		05	-25
05	125		06	-35
04	100		07	-40
03	70		08	-50
02	38		09	-55
01	23		10	-75
00	Temperatura ambiente		11	-80