



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO E DESIGN
GRADUAÇÃO EM DESIGN

SARA MARIA MARQUES BASTOS

BRINQUEDO ÓPTICO: UM MEIO PARA A COMPREENSÃO DA ANIMAÇÃO
QUADRO A QUADRO

FORTALEZA
2019

SARA MARIA MARQUES BASTOS

BRINQUEDO ÓPTICO: UM MEIO PARA A COMPREENSÃO DA ANIMAÇÃO
QUADRO A QUADRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Design do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Design da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Design.

Orientador(a): Prof^a. Ma. Lia Alcântara Rodrigues.

FORTALEZA

2019

SARA MARIA MARQUES BASTOS

BRINQUEDO ÓPTICO: UM MEIO PARA A COMPREENSÃO DA ANIMAÇÃO
QUADRO A QUADRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Design do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Design da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Design.

Orientador(a): Prof^a. Ma. Lia Alcântara Rodrigues.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Ma. Lia Alcântara Rodrigues (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Roberto Cesar Cavalcante Vieira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Emilio Augusto Gomes de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcos Buccini Pio Ribeiro
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Às mulheres da minha vida, minha mãe e minhas três irmãs, por serem minha inspiração e minha base em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo amor, apoio e esforço durante toda minha criação. Por me ensinarem que a educação é a maior riqueza de um ser humano e a melhor arma para combater a ignorância. **Às minhas irmãs Rebeca e Camila**, pela paciência, dedicação, por serem quase mães para mim. Sou extremamente agradecida por ter minhas melhores amigas como família. **À minha irmã Helena**, por me inspirar a ser e fazer o melhor, para que sua geração tenha um futuro melhor.

À minha orientadora Lia Alcântara, pela dedicação durante o período da orientação e pela disposição tanto de tempo quanto de recursos para fazer com que esse projeto fosse realizado. No momento da definição de orientadores para o TCC, não tive dúvidas de quem iria escolher, pois sabia que poderia contar com suas capacidades teóricas e técnicas, e com sua sensibilidade e sua paciência durante esse longo processo. Agradeço por ter introduzido o design de brinquedos na disciplina de Projeto de Produto 2, ajudando a mostrar o potencial a ser explorado em relação a técnica, didática e inclusão, o que inspirou a realização deste projeto.

Ao professor Roberto Vieira, pelas inúmeras oportunidades a mim dadas durante a graduação e pela orientação durante a bolsa arte, projeto do qual surgiu a pesquisa deste TCC. Em especial, por ser um grande mentor e amigo, que acolhe seus alunos como filhos. Agradeço também por trazer para universidade projetos multidisciplinares, envolvendo assuntos importantes como a utilização das ferramentas digitais a serviço da inovação para arte e acessibilidade, e por fazer o possível e o impossível pela melhoria da Universidade pensando na formação de qualidade dos alunos.

Aos professores Emílio Augusto e Marcos Buccini, pela disponibilidade para participar da banca avaliadora deste Trabalho de Conclusão de Curso.

À professora Claudia Marinho, por lutar por espaço para as diversas vertentes do design ligadas a arte ainda a serem abordadas dentro do curso de Design da UFC. Obrigada pela mentoria no primeiro projeto que participei como bolsista *O patrimônio cultural e artístico de Fortaleza na cultura digital*, do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica. Foi a partir deste projeto que tive a certeza de que animação e design andam juntos, ao contrário do que dizem muitos conservadores. Obrigada por lutar para quebrar padrões por meio de sua visão crítica, servindo de grande exemplo para mim.

Aos demais professores do curso de Design da Universidade Federal do Ceará, por todos ensinamentos teóricos e práticos, pela dedicação, pelo comprometimento com a Universidade e por proporcionar aos alunos do curso de Design um processo de aprendizagem horizontal.

Aos meus amigos, por serem também família e me apoiarem durante toda minha trajetória.

A todos que me ajudaram durante essa jornada, o meu muito obrigada!

RESUMO

A animação como produto visual é bastante conhecida por todos, porém os fenômenos e as técnicas responsáveis por sua existência não são de conhecimento geral, por fatores como a passividade dos espectadores e por explicações errôneas sobre o assunto. Observando as práticas do passado para buscar entender como proporcionar uma experiência de compreensão dos fenômenos intrínsecos à animação quadro a quadro e das suas técnicas, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um brinquedo óptico como ferramenta lúdica de ensino. Aplicando a metodologia de projeto de produto de Löbach (2001) e as ferramentas de análise de Pazmino (2015), a fim de alcançar seus objetivos, a pesquisa buscou entender os conhecimentos de arte e ciência que a animação nos brinquedos ópticos oferece, além de analisar as funções e a estrutura de produtos similares, para, por fim, gerar o Roboscópio, um kit com peças de papel pré-cortadas para que usuários a partir de 11 anos montem sua própria máquina de gerar animação e produzam quadros de imagens a partir do conteúdo ensinado em seu manual.

Palavras-chave: Brinquedos ópticos. Animação quadro a quadro. Design de produto.

ABSTRACT

Animation as a visual product is well known by everyone, but the phenomenon and the techniques responsible for its existence are not, because of factors such as the passivity of the spectators and by erroneous explanations about the subject. Observing the practices of the past to seek the knowledge on how to propose a experience of comprehension of the phenomenons related to frame by frame animation and it's techniques, this academic work proposes the development of a optical toy as a ludic teaching tool. Applying Löbach's product design methodology and Pazmino's analysis tools in order to achieve its objectives, the research sought to understand the knowledge that animation in optical toys offers on art and science, besides analyzing the functions and structure of similar products, to create the "Roboscope", a kit of pre-cut paper pieces for 11 year old users and above to set up their own animation machine and create frames with the knowlege acquired by the content in the manual.

Keywords: Optical Toys. Frame by frame animation. Product design.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Imagens sequenciais para animação	15
Figura 2 - Metodologia de processo de design de produto de Löbach (2001).....	18
Figura 3 - Detalhamento das fases da metodologia de Löbach (2001).....	19
Figura 4 - Cronograma de Atividades de Trabalho de Conclusão de Design	20
Figura 5 - Desenho de animal com várias pernas, representando movimento, na parede da Caverna de Chauvet	21
Figura 6 - Ilustração representando as mudanças de pose da deusa Isis marcadas nas colunas de um templo no Egito	22
Figura 7 - Ilustração do princípio “comprimir e esticar”	25
Figura 8 - Exemplo de Thomas e Johnston (1995) do princípio “comprimir e esticar”.....	26
Figura 9 - Ilustração do princípio “antecipação”	26
Figura 10 - Ilustração do princípio “encenação”	27
Figura 11 - Ilustração do princípio “animação direta e pose a pose” especificando a animação direta	28
Figura 12 - Ilustração do princípio “animação direta e pose a pose” especificando a animação pose a pose	28
Figura 13 - Ilustração do princípio “sobreposição da ação e continuidade”	29
Figura 14 - Ilustração do princípio “aceleração e desaceleração”	29
Figura 15 - Ilustração do princípio arcos”	30
Figura 16 - Ilustração do princípio “ações secundárias”	30
Figura 17 - Ilustração do princípio “temporização”	31
Figura 18 - Ilustração do princípio “exagero”	31
Figura 19 - Ilustração do princípio “desenho volumétrico”	32
Figura 20 - Ilustração do princípio “apelo”	32
Figura 21 - Fenômeno que ocorre quando a roda está em movimento	35
Figura 22 - Usuário utilizando o Fenacistoscópio	37
Figura 23 - Ilustração representando um Zootrópio	37
Figura 24 - Exemplo de Praxinoscópio	38
Figura 25 - Ilustração representando um Flipbook	38

Figura 26 - Ilustração representando o mecanismo de um Mutoscópio	39
Figura 27 - Ilustração representando o mecanismo de um Filoscópio.....	40
Figura 28 - Ilustração representando o Retroscópio	41
Figura 29 - Exemplo de Zootrópio	45
Figura 30 - Zootrópio em uso	46
Figura 31 - Análise Funcional do Zootrópio	46
Figura 32 - Análise Estrutural do Zootrópio	47
Figura 33 - Materiais (Tinta tipográfica, rolo e placa de acrílico)	48
Figura 34 - Materiais (papel para impressão, colher de pau para fixação da impressão, “carimbos” de impressão de xilogravura)	49
Figura 35 - Imagem de referência de um envelope vazado	49
Figura 36 - Zootrópio desenvolvido	50
Figura 37 - Detalhamento do encaixe dos quadros nos envelopes do Zootrópio	50
Figura 38 - Zootrópio desenvolvido em funcionamento	51
Figura 39 - Utilização do Zootrópio desenvolvido	51
Figura 40 - Detalhamentos do projeto do Zootrópio	52
Figura 41 - Materiais utilizados para a produção do Zootrópio	52
Figura 42 - Exemplo de Flipbook	55
Figura 43 - Flipbook em funcionamento	55
Figura 44 - Análise Funcional do Flipbook	56
Figura 45 - Análise Estrutural do Flipbook	56
Figura 46 - Exemplo de Filoscópio	57
Figura 47 - Funcionamento do Filoscópio	58
Figura 48 - Análise Funcional do Filoscópio	58
Figura 49 - Análise Estrutural do Filoscópio	59
Figura 50 - Exemplo de Retroscópio	60
Figura 51 - Análise Funcional do Retroscópio	60
Figura 52 - Análise Estrutural do Retroscópio	61
Figura 53 - <i>Retroscope Spin-Reel Movie</i>	64
Figura 54 - Análise Estrutural do <i>Retroscope Spin-Reel Movies</i>	65
Figura 55 - Análise dos quadros do <i>Retroscope Spin-Reel Movies</i>	65
Figura 56 - Análise da manivela e do eixo do <i>Retroscope Spin-Reel Movies</i>	66
Figura 57 - Análise dos aros do <i>Retroscope Spin-Reel Movies</i>	66
Figura 58 - Análise da caixa e da barreira do <i>Retroscope Spin-Reel Movies</i>	67

Figura 59 - <i>Desktop Mutoscope</i>	68
Figura 60 - Análise Estrutural do <i>Desktop Mutoscope</i>	68
Figura 61 - Análise dos quadros do <i>Desktop Mutoscope</i>	69
Figura 62 - Análise da manivela e do eixo do <i>Desktop Mutoscope</i>	69
Figura 63 - Análise dos aros do <i>Desktop Mutoscope</i>	70
Figura 64 - Análise da caixa do <i>Desktop Mutoscope</i>	70
Figura 65 - Análise da barreira do <i>Desktop Mutoscope</i>	71
Figura 66 - <i>Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine</i>	72
Figura 67 - Análise Estrutural do <i>Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine</i> ...	73
Figura 68 - Análise dos quadros do <i>Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine</i>	73
Figura 69 - Análise da manivela do <i>Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine</i>	74
Figura 70 - Análise do eixo do <i>Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine</i>	74
Figura 71 - Análise dos aros do <i>Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine</i> ...	75
Figura 72 - Análise da caixa do <i>Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine</i> ...	75
Figura 73 - Análise da barreira do <i>Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine</i>	76
Figura 74 - <i>Clickety Flix Retroscope</i>	77
Figura 75 - Peças do <i>Clickety Flix Retroscope</i>	78
Figura 76 – Análise Estrutural do <i>Clickety Flix Retroscope</i>	79
Figura 77 - Parte principal 1 do sistema do <i>Clickety Flix Retroscope</i>	80
Figura 78 - Parte principal 2 do sistema do <i>Clickety Flix Retroscope</i>	81
Figura 79 - Parte principal 3 do sistema do <i>Clickety Flix Retroscope</i>	82
Figura 80 - <i>Nintendo Labo™ House</i>	84
Figura 81 - Peças do <i>Nintendo Labo™ House</i> planificadas no papelão	84
Figura 82 - Instruções do <i>Nintendo Labo™</i>	85
Figura 83 - Peças do <i>Nintendo Labo™</i> montadas	85
Figura 84 - Parte do sistema do <i>Nintendo Labo™</i> que contém a manivela e o eixo ...	86
Figura 85 - Análise das peças do sistema que contém a manivela e o eixo	86
Figura 86 - Parte 1 do passo a passo de montagem do sistema que contém a manivela e o eixo	87
Figura 87 - Parte 2 do passo a passo de montagem do sistema que contém a manivela e o eixo	88

Figura 88 - Parte 3 do passo a passo de montagem do sistema que contém a manivela e o eixo	89
Figura 89 - Teste do sistema do <i>Nintendo Labo</i> TM que contém a manivela e o eixo.....	90
Figura 90 - Análise dos encaixes da caixa do <i>Nintendo Labo</i> TM	90
Figura 91 - Representação do encaixe 1 do <i>Nintendo Labo</i> TM	91
Figura 92 – Desenho do encaixe 2 das peças do <i>Nintendo Labo</i> TM	92
Figura 93 - Representação do encaixe 2 do <i>Nintendo Labo</i> TM	92
Figura 94 – Demonstração do encaixe 2 das peças do <i>Nintendo Labo</i> TM	93
Figura 95 - Teste dos encaixes da caixa em forma de casa do <i>Nintendo Labo</i> TM <i>House</i>	93
Figura 96 - Quadro de funções, subfunções e peças correspondentes do Retroscópio.....	97
Figura 97 - Esboços de formas gerais da caixa	97
Figura 98 - Ferramentas para corte manual	98
Figura 99 - Máquina <i>Silhouette Cameo</i>	99
Figura 100 - Máquina <i>Silhouette Curio</i>	99
Figura 101 - Máquina de corte a laser	100
Figura 102 - Máquina de corte a laser em funcionamento	100
Figura 103 - Tipos de encaixe dos envelopes no aro	102
Figura 104 - 3,75x5,85cm: área visível dos quadros de animação	103
Figura 105 - 7x6cm: área visível dos quadros de animação	103
Figura 106 - 6x6cm: área visível dos quadros de animação	103
Figura 107 - 8x8cm: área visível dos quadros de animação	104
Figura 108 - 6x7cm: área visível dos quadros de animação	104
Figura 109 - Tipos de acabamento dos envelopes	105
Figura 110 - Tipos de aba de encaixe dos envelopes	106
Figura 111 - Alternativas de envelopes	107
Figura 112 - Alternativa 1 de aro	108
Figura 113 - Alternativas 2 e 3 de aro	109
Figura 114 - Alternativas 4 e 5 de aro	110
Figura 115 - Alternativas 6 e 7 de aro	110
Figura 116 - Tipo 1 de formato de eixo	111
Figura 117 - Tipo 2 de formato de eixo	111
Figura 118 - Tipo 3 de formato de eixo	112

Figura 119 - Alternativas de eixo	113
Figura 120 - Alternativas de Parafuso	114
Figura 121 - Alternativas 1, 2 e 3 de trava	115
Figura 122 - Alternativa 4 de trava	116
Figura 123 - Tipos de forma da manivela	116
Figura 124 - Alternativas de manivela	117
Figura 125 - Alternativas de desenho da estrutura da caixa	118
Figura 126 - Alternativa 1 de caixa	119
Figura 127 - Alternativa 2 de caixa	120
Figura 128 - Alternativa 3 de caixa	120
Figura 129 - Alternativa 4 de caixa	121
Figura 130 - Alternativa 5 de caixa	121
Figura 131 - Teste do Sistema A	122
Figura 132 - Teste do Sistema B	123
Figura 133 - Teste do Sistema C	123
Figura 134 - Teste do Sistema D	124
Figura 135 - Teste do Sistema E	125
Figura 136 – Módulos e estampa 1	127
Figura 137 – Módulos e estampa 2	127
Figura 138 – Aplicação da estampa 2 na caixa	128
Figura 139 – Compilação de referências 1	129
Figura 140 – Compilação de referências 2	130
Figura 141 – Esboços do desenvolvimento do personagem	131
Figura 142 – Design de personagem	131
Figura 143 – Vistas planificadas das faces da caixa do brinquedo projetado	132
Figura 144 – Mapeamento do desenho do personagem na caixa planificada	132
Figura 145 – Forma de utilização do Roboscópio	133
Figura 146 – Kit completo do Roboscópio	134
Figura 147 – Característica do Roboscópio de possuir estrutura de papel com envelopes para conter quadros	134
Figura 148 – Roboscópio sem quadros de animação	136
Figura 149 – Roboscópio com quadros de animação	137
Figura 150 – Laterais do Roboscópio	138
Figura 151 – Parte frontal do Roboscópio	139

Figura 152 – Parte traseira do Roboscópio	140
Figura 153 – Envelope	141
Figura 154 – Aro	141
Figura 155 – Eixo	142
Figura 156 – Manivela	142
Figura 157 – Trava	142
Figura 158 – Caixa	143
Figura 159 – Páginas 1 e 2 do Manual	144
Figura 160 – Páginas 3 e 4 do Manual	144
Figura 161 – Páginas 5 e 6 do Manual	145
Figura 162 – Páginas 7 e 8 do Manual	145
Figura 163 – Páginas 9 e 10 do Manual	146
Figura 164 – Páginas 11 e 12 do Manual	146
Figura 165 – Páginas 13 e 14 do Manual	147
Figura 166 – Páginas 15 e 16 do Manual	147
Figura 167 – Páginas 17 e 18 do Manual	148
Figura 168 – Páginas 19 e 20 do Manual	148
Figura 169 – Páginas 21 e 22 do Manual	149
Figura 170 – Páginas 23 e 24 do Manual	149
Figura 171 – Gabarito	150
Figura 172 – Desenhos do gabarito de quadros de animação sem cotas e com cotas.....	150
Figura 173 - Envelope grande	151
Figura 174 – Desenhos da embalagem do kit sem cotas e com cotas	152
Figura 175 - Envelope médio	152
Figura 176 – Desenhos da embalagem dos envelopes sem cotas e com cotas	153
Figura 177 – Envelope pequeno	153
Figura 178 – Desenhos da embalagem das peças sem cotas e com cotas	154
Figura 179 – Embalagens do kit do Roboscópio	154
Figura 180 – Área total que o conjunto das peças produzidas em papel Duplex 400g/m ² necessárias para a produção de uma unidade do brinquedo ocupa	156
Figura 181 – Área total de uma folha de Papel Duplex 400g/m ² preenchida com peças para o aproveitamento máximo do material	157

Figura 182 – Área total de uma folha de Papel Triplex 250g/m ² preenchida com envelopes para o aproveitamento máximo do material	158
Figura 183 – Sobra de material	159

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Justificativa	17
1.2 Metodologia	18
1.3 Cronograma	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 Animação	21
2.1.1 Panorama Histórico	21
2.1.2 Animação como técnica	23
2.2 Fenômenos e Dispositivos	33
2.2.1 Fenômenos relacionados à percepção visual da animação quadro a quadro nos brinquedos ópticos	34
2.2.2 De aparelhos ópticos a brinquedos ópticos	36
2.3 Brinquedos como ferramenta de ensino através do Design Emocional	41
3 ANÁLISE DE SIMILARES	44
3.1 Análises de brinquedos ópticos em geral	45
3.1.1 Zootrópio	45
3.1.1.1 Experiência com Zootrópio na Bolsa Arte	48
3.1.2 Flipbook	54
3.1.3 Filoscópio	57
3.1.4 Retroscópio	59
3.1.5 Considerações das análises de brinquedos ópticos em geral	62
3.2 Análises Específicas	63
3.2.1 Retroscope Spin-Reel Movies	63
3.2.2 Desktop Mutoscope	67
3.2.3 Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine	72
3.2.4 Clickety Flix Retroscope	77
3.2.5 Nintendo Labo™ House	83
4 DIRETRIZES PROJETAIS	95
5 GERAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS	96
5.1 Envelopes	101
5.1.1 Tamanho da área visível dos quadros de animação	102
5.1.2 Tipo de acabamento para produção dos envelopes	105

5.1.3 Tipo de aba de encaixe dos envelopes	106
5.1.4 Material utilizado para produzir os envelopes	106
5.1.5 Outros detalhes	107
5.2 Aros	108
5.3 Eixo	111
5.3.1 Parafuso	113
5.3.2 Trava	114
5.4 Manivela	116
5.5 Caixa	117
5.6 Sistemas Testados	122
5.7 Custos dos testes	126
5.8 Estética	126
6 REALIZAÇÃO DA SOLUÇÃO	133
6.1 Roboscópio	133
6.1.1 O Kit	141
6.1.1.1 Peças	141
6.1.1.2 Manual	143
6.1.1.3 Gabarito de quadros de animação	150
6.1.1.4 Embalagem	151
6.2 Detalhamento	155
6.3 Produção em escala e aproveitamento de material	155
6.4 Custo	159
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	160
REFERÊNCIAS	162
APÊNDICES	165

1 INTRODUÇÃO

É antiga a vontade dos humanos de reproduzir os movimentos das coisas que os cercam, criando ilusão. A animação surgiu como resposta a esse desejo (WILLIAMS, 2009).

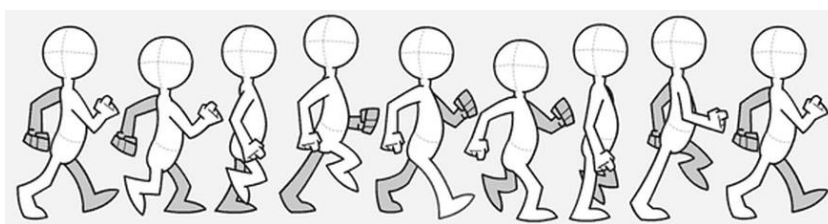
Desde sua criação, ela tem evoluído como arte e técnica e ganhado importância social, principalmente, após o desenvolvimento do cinema e a criação da categoria Cinema de Animação (BUCCINI, 2017).

Essa evolução decorrente do desenvolvimento tecnológico, por um lado, levou à ascensão dos produtos resultantes da animação, mas, por outro, fez com que a compreensão do acontecimento de fenômenos e técnicas, responsáveis por sua existência, fosse inexplorada pelos espectadores e, por consequência, desconhecida por muitos. Essa falta de compreensão, explicam Anderson e Anderson (1993), também se deve a explicações errôneas propagadas por décadas, até mesmo por estudiosos, sobre os fenômenos responsáveis pela formação da animação.

Tendo conhecimento das práticas do passado, é possível reconhecer os brinquedos ópticos como ferramentas utilizadas para disseminar conhecimentos científicos relacionados à animação quadro a quadro de forma lúdica, proporcionada pela ilusão de movimento gerada por eles (WADE, 2004).

Esses aparelhos têm como características a geração de animações a partir de imagens estáticas sequenciais e a visibilidade do seu funcionamento a partir da exposição da sua estrutura e de seus mecanismos, levando à compreensão de que há a ocorrência de um fenômeno para gerar animação (FIGURA 1), conforme Cray (1994 *apud* MIRANDA, 2003).

Figura 1 - Imagens sequenciais para animação



Fonte: Myleson¹

¹ Disponível em: <<http://www.myleson.com.au/media-arts/walk-cycle/>>. Acesso em jun. 2018.

Apesar da importância desses dispositivos pelas características citadas, o discurso determinista de grande parte dos estudos da história do cinema, que cita os brinquedos ópticos como apenas parte do processo de evolução que originou o cinema, levou-os a serem considerados ultrapassados (CRARY, 2012).

Tendo-se a necessidade de disseminar os conhecimentos de arte e ciência intrínsecos à animação quadro a quadro e sabendo-se do potencial de ensino proporcionado pelos brinquedos, surge a **Pergunta de Pesquisa**: Como proporcionar uma experiência de compreensão dos fenômenos intrínsecos à animação quadro a quadro e das suas técnicas por meio de um brinquedo óptico?

Para garantir que a Pergunta de Pesquisa seja respondida por meio deste projeto, faz-se necessário delimitar **Objetivos**. Deste modo, este trabalho tem como **Objetivo Geral** projetar um brinquedo óptico que proporcione a experiência de compreensão dos fenômenos intrínsecos à animação quadro a quadro e das suas técnicas. Para que o objetivo geral seja atingido, faz-se necessário definir os **Objetivos Específicos** a seguir:

- conhecer a história da animação e suas técnicas;
- compreender os fenômenos responsáveis pela ilusão de movimento a partir de imagens nos aparelhos ópticos;
- conhecer a história dos brinquedos ópticos e como funcionam seus mecanismos;
- compreender como os brinquedos ópticos podem ensinar os conceitos de arte e de ciência intrínsecos à animação quadro a quadro;
- buscar as ferramentas projetuais na metodologia de projeto de design, a fim de aplicá-las para conceber um brinquedo óptico.

O projeto divide-se em dois momentos. O primeiro trata da pesquisa qualitativa, na qual é feita a pesquisa bibliográfica, para entender sobre os assuntos que envolvem a pergunta de pesquisa. O segundo trata do projeto de produto, no qual são utilizadas a metodologia de Löbach (2001), que divide o projeto de produto em quatro fases (análise do problema, geração de alternativas, avaliação das alternativas e realização da solução), e as ferramentas de Pazmino (2015) durante estas fases para ajudar nas análises de similares e na geração de ideias.

1.1 Justificativa

A vontade de estudar sobre os fenômenos da animação surgiu da autora que, apaixonada por animação desde sua infância, sentia que sua vocação para este tipo de técnica poderia ter sido mais estimulada nesta fase da vida. Pensando em como desenvolver esse aprendizado dos fenômenos e mecanismos da animação desde cedo, a autora viu nos brinquedos ópticos uma maneira de promover o ensinamento da ciência e técnica da animação por meio da proposta lúdica destes de, como descreve Crary (1994 *apud* MIRANDA, 2003), gerar ilusão de movimento ao mesmo tempo que dá ao espectador visibilidade dos fenômenos que ocorrem por meio da forma como a estrutura e os mecanismos são expostos aos olhos do usuário.

A pesquisa da autora sobre brinquedos ópticos iniciou-se a partir da sua participação no projeto da Bolsa Arte intitulado *Releitura das Técnicas de Xilogravura através de novas tecnologias de fabricação*. Neste, houve o questionamento sobre como tornar os fenômenos da animação quadro a quadro com xilogravura mais evidentes. Como resposta, evidenciou-se a importância da reprodução analógica para compreensão desses fenômenos.

A importância acadêmica deste trabalho dá-se pela abordagem exploratória de como transmitir conceitos de arte e ciência intrínsecos à animação quadro a quadro para o público mais jovem a partir da experiência proporcionada pelos brinquedos ópticos. Na era atual, a evolução digital na área da animação proporciona facilidades, como novas técnicas e tecnologias, criando experiências inéditas. Por outro lado, estas facilidades, muitas vezes, privam os espectadores do conhecimento dos fenômenos e técnicas essenciais que deram origem a essas experiências, por gerar desinteresse ou por faltar acesso à informação. Por esse motivo, esta pesquisa busca entender os fenômenos e técnicas da animação quadro a quadro, para que, por meio da experiência das relações entre usuário e brinquedo, seja possível proporcionar estes conhecimentos de maneira lúdica.

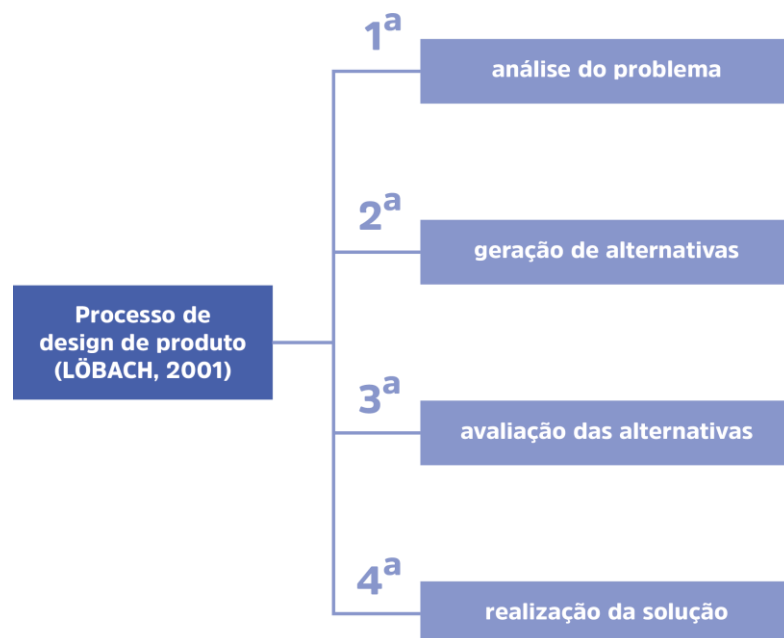
1.2 Metodologia

O projeto divide-se em dois momentos, o primeiro para pesquisa bibliográfica e o segundo para prática projetual de produto, a partir da pesquisa feita no momento anterior.

O primeiro momento constitui-se de uma pesquisa qualitativa, buscando entender, por meio da pesquisa bibliográfica, o panorama histórico da animação, que levou à animação quadro a quadro, e as técnicas para sua produção; os fenômenos relacionados a ilusão de movimento nos aparelhos ópticos; a resignificação dos aparelhos ópticos para brinquedos ópticos; e como os brinquedos ópticos podem servir de ferramenta de ensino através do 'design emocional'.

O segundo momento constitui-se da pesquisa baseada na experiência, a partir da manipulação e interpretação dos dispositivos e fenômenos, analisando funções e estruturas de produtos similares, e do desenvolvimento de um brinquedo óptico a partir da metodologia de projeto para design de produto industrial proposta por Löbach (2001), que consiste em quatro fases representadas na Figura 2.

Figura 2 - Metodologia de processo de design de produto de Löbach (2001)



Fonte: Elaborada pela autora, adaptada de Löbach (2001, p.140)

Löbach (2001) descreve que o processo começa a partir da **análise do problema** (1ª fase), que é a etapa na qual são coletadas todas as informações possíveis sobre o problema apontado, a partir de análises (históricas, sociais, de soluções para problemas similares, entre outros), de modo a melhor compreendê-lo e defini-lo para começar a etapa seguinte da metodologia. Após a fase 1, inicia-se a fase de **geração de alternativas** (2ª fase), em que são escolhidos os métodos de criação e, a partir deles, são geradas ideias sem julgamentos. Estas ideias são amadurecidas para serem levadas à próxima fase, a **avaliação das alternativas** (3ª fase). Nesta fase, levando em consideração os critérios elaborados na fase 1, analisam-se e julgam-se as ideias para que a mais plausível seja executada. Após a escolha, finaliza-se o processo com a etapa de **realização da solução** (4ª fase), na qual ocorre a materialização da opção selecionada, podendo haver melhorias da alternativa escolhida. Nesta etapa, também é feito o detalhamento do produto, indicando as especificações técnicas, como medidas, materiais e acabamentos. Os tópicos a serem executados em cada fase estão detalhados na Figura 3.

Figura 3 - Detalhamento das fases da metodologia de Löbach (2001)

<i>Processo Criativo</i>	<i>Processo de solução do problema</i>	<i>Processo de design (desenvolvimento do produto)</i>
1. Fase de preparação	Análise do problema Conhecimento do problema Coleta de informações Análise das informações Definição do problema, clarificação do problema, definição de objetivos	Análise do problema de design Análise da necessidade Análise da relação social (homem-produto) Análise da relação com ambiente (produto-ambiente) Desenvolvimento histórico Análise do mercado Análise da função (funções práticas) Análise estrutural (estrutura de construção) Análise da configuração (funções estéticas) Análise de materiais e processos de fabricação Patentes, legislação e normas Análise de sistema de produtos (produto-produto) Distribuição, montagem, serviço a clientes, manutenção Descrição das características do novo produto Exigências para com o novo produto
2. Fase da geração	Alternativas do problema Escolha dos métodos de solucionar problemas, Produção de idéias, geração de alternativas	Alternativas de design Conceitos do design Alternativas de solução Esboços de idéias Modelos
3. Fase da avaliação	Avaliação das alternativas do problema Exame das alternativas, processo de seleção, Processo de avaliação	Avaliação das alternativas de design Escolha da melhor solução Incorporação das características ao novo produto
4. Fase de realização	Realização da solução do problema Realização da solução do problema, Nova avaliação da solução	Solução de design Projeto mecânico Projeto estrutural Configuração dos detalhes (raios, elementos de manejo etc.) Desenvolvimento de modelos Desenhos técnicos, desenhos de representação Documentação do projeto, relatórios

Fonte: Heller de Paula²

² Disponível em: <<http://www.hellerdepaula.com.br/design-industrial-bernd-lobach/>>. Acesso em: jun. 2018.

O primeiro momento, a pesquisa bibliográfica, encaixa-se na análise do problema, primeira fase da metodologia de projeto de produto de Löbach (2001).

O autor faz uma divisão do processo nessas quatro fases, porém adenda que esta tem fins didáticos, já que, no processo real de design, as fases descritas cruzam-se por meio dos avanços e retrocessos ao decorrer do desenvolvimento.

No decorrer do processo de projeto de produto, algumas **ferramentas** descritas por Pazmino (2015) são utilizadas para auxiliar na compreensão do problema e no desenvolvimento de soluções, sendo elas a Análise Funcional e a Análise Estrutural.

As metodologias de pesquisa e projeto servem de base para a elaboração do cronograma de trabalho, que será detalhado na seção 1.3, de modo a definir os passos tomados em cada mês de trabalho, organizando o tempo total de projeto.

1.3 Cronograma

O cronograma de trabalho a seguir (FIGURA 4) foi elaborado de acordo com as metodologias de pesquisa e projeto citadas na seção 1.2, levando em consideração os meses disponíveis para o desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Design.

Figura 4 - Cronograma de Atividades de Trabalho de Conclusão de Design

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE DESIGN		março.18	abril.18	maio.18	jun.18	agos.18	set.18	out.18	nov.18	jan.19	fev.19	março.19	abril.19	maio.19	jun.19
FASE PROJETUAL	ATIVIDADES	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5	MÊS 6	MÊS 7	MÊS 8	MÊS 9	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12	MÊS 13	MÊS 14
1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	X	X	X						X	X	X	X		
1	LEITURA E FICHAMENTO		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1, 2, 3 e 4	ESCREVER E FORMATAR			X	X							X	X	X	X
1	ANÁLISES				X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1	QUALIFICAÇÃO				X										
2	GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS									X	X	X	X		
3	AValiação DAS ALTERNATIVAS											X	X	X	
4	REALIZAÇÃO DA SOLUÇÃO												X	X	X
4	DEFESA														X

Fonte: Elaborada pela autora

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Animação

2.1.1 Panorama Histórico

É perceptível que, desde o tempo das cavernas, os humanos têm a vontade de reproduzir, por meio de imagens, o movimento das coisas ao seu redor, seja com pinturas de animais com várias pernas a fim de tentar representá-los andando (FIGURA 5), seja com imagens sequenciais encontradas nas colunas dos templos egípcios (FIGURA 6), como afirma Williams (2009).

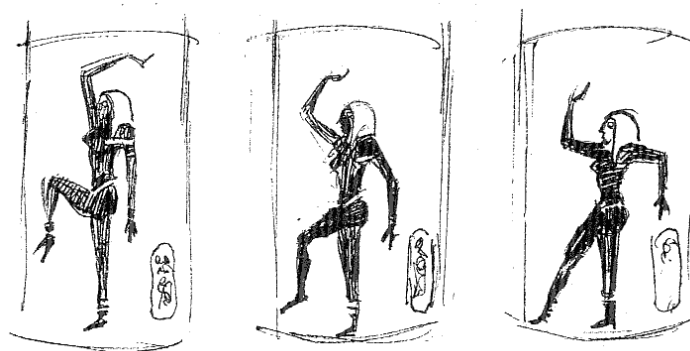
Figura 5 - Desenho de animal com várias pernas, representando movimento, na parede da Caverna de Chauvet



Fonte: Caverne du pont d'Arc³

³ Disponível em: <<http://en.cavernedupontdarc.fr/discover-the-pont-darc-cavern/>>. Acesso em jun. 2018.

Figura 6 - Ilustração representando as mudanças de pose da deusa Isis marcadas nas colunas de um templo no Egito



Fonte: Williams (2009, p.12)

Foi apenas no século XIX, a partir dos estudos sobre a visão humana, que surgiram os chamados aparelhos ópticos (CRARY, 2012). Esses dispositivos permitiam aos espectadores visualizarem um movimento ilusório a partir de imagens sequenciais, segundo Miranda (2003), fazendo nascer a animação.

Esses aparelhos tornaram-se bastante populares pela característica de gerar ilusão de movimento, o que atraiu o público. Assim, muitos deles são reconfigurados socialmente como brinquedos (CRARY, 2012). Esta reconfiguração levou ao seu desenvolvimento que, conforme Chaves Júnior (2009), contribuiu para os avanços no campo da animação.

Williams (2009), descrevendo alguns desses dispositivos inventados, menciona o que ele denomina de *flipper book*, um bloco de papel com desenhos em sequência quadro a quadro, que, segurando-o de um lado, quando passam-se suas páginas do outro, visualiza-se o movimento da animação. O autor afirma que este invento deu origem a técnica usada na “animação clássica” do cinema de animação, na qual os quadros desenhados são testados como um *flipper book* para averiguar a sequência da ação da animação.

No final do século XIX, a invenção do dispositivo que deu início ao cinema, o cinematógrafo, foi suporte para a evolução da animação como técnica e expressão artística, surgindo, assim, o cinema de animação (BUCCINI, 2017).

No começo do século XX, as produções de animação iniciais eram feitas por artistas, não cineastas. Deste modo, elas eram suporte para a divulgação dos trabalhos desses profissionais e para a exploração de técnicas e estilos visuais. Isto

pode ser percebido pelo fato de as primeiras produções serem testes para conceber movimento às charges, entre outras artes estáticas (BUCCINI, 2017).

Em 1937, o estúdio Disney lançou *Branca de Neve e os Sete Anões*, sendo o primeiro filme de longa metragem totalmente animado da história. Esta produção levou as animações ao patamar de arte, guiando o estúdio à denominada “Era de Ouro” da animação, conforme Williams (2009).

Buccini (2017) ressalta a importância de Walt Disney com seu estúdio que revolucionou o desenvolvimento artístico, técnico e industrial da animação e evidenciou esta arte no meio cinematográfico. Pelo grande sucesso do estúdio Disney, seu estilo e princípios influenciaram a produção mundial de animação (WELLS, 2002 *apud* BUCCINI, 2017).

No fim do século XX, porém, o estúdio Pixar ganhou atenção no mercado pela utilização da animação 3D computadorizada, o que abalou o estúdio de animação tradicional da Disney. Atualmente, esta é a técnica dominante no mercado de cinema de animação, segundo Buccini (2017), porém não será detalhada por não fazer parte do escopo deste projeto.

Buccini (2017) diz que é importante ter o entendimento da amplitude da animação como campo de atuação, não estando relacionada apenas ao cinema, mas podendo ser empregada em várias mídias e também ser associada a diversas áreas profissionais, tais qual a engenharia de ponta. “A animação está em todo lugar” (BUCCINI, 2017, p.21).

Tendo conhecimento do panorama histórico da animação, a seção a seguir tratá-la-á como técnica, fator essencial para a sua produção, apresentando seus conceitos, seus princípios e os métodos utilizados.

2.1.2 Animação como técnica

Wells (1998) aprimora o conceito de animação abordado primeiramente no capítulo *Animation: Forms and Meanings* da obra *Introduction to Film Studies* de Nelmes, datada de 1996, definindo-a como:

Animar e as palavras relacionadas, animação, animado e animador, todas derivam do verbo em latim *animare*, que significa 'dar vida a', e dentro do contexto do filme animado, isso, em grande parte, significa a criação artificial

de ilusão de movimento em linhas e formas inanimadas (WELLS, 1998, p.10, tradução nossa).⁴

Em uma definição do termo mais específico '**animação quadro a quadro**', Nóbrega (2007) conceitua ser um método de animação convencional, no qual o animador, em cada quadro (imagem), muda a posição do elemento utilizado, dando a ilusão de movimento, quando estes são exibidos em sequência.

Profissionais do ramo da animação, como os animadores da Zagreb School, salientam em suas abordagens a importância da animação como técnica, atribuindo valor ao processo da criação do movimento, segundo Holloway (1972 apud WELLS, 1998).

Enquanto, nos quadrinhos, a narrativa acontece pela justaposição espacial de imagens sequenciais gerando um produto estático, na animação, a narrativa é regida pelo tempo a partir da sobreposição espacial de imagens sequenciais gerando movimento, conforme busca diferenciar McCloud (1995).

Thomas e Johnston (1995) discorrem que a animação é criada a partir da soma de vários fatores, como temporização, espaçamento e elementos bem desenhados, ressaltando a importância do conjunto deles para se atingir o resultado. Segundo esses autores, o animador Vladimir (Bill) Tytla mencionava que as possibilidades que esta técnica proporciona são infinitas, desde que haja o cuidado com a composição.

O animador surrealista tcheco Jan Svankmajer também caracteriza o poder da animação de subverter as noções da realidade, gerando resultados que desafiam a gravidade e dão dinâmica a coisas inanimadas, entre outros inusitados (WELLS, 1998).

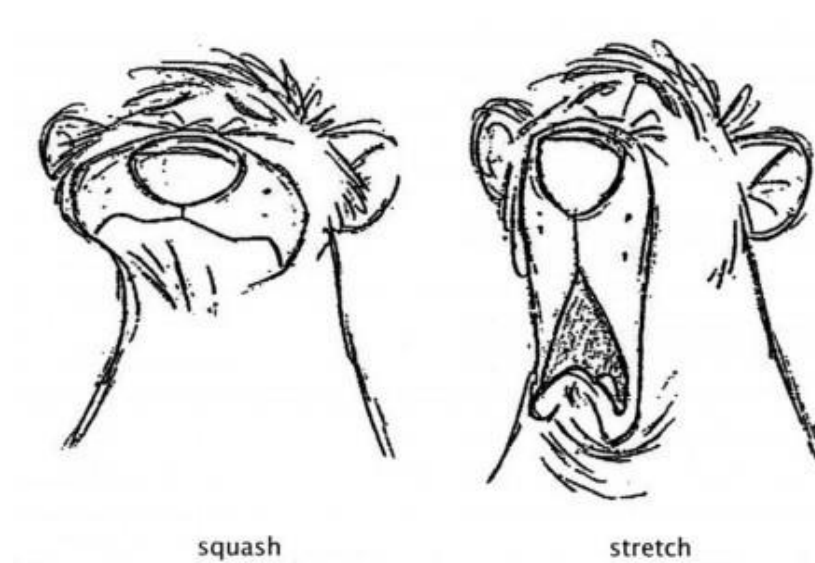
Em relação à aplicação da técnica para gerar a ilusão de movimento, o livro *The Illusion of Life: Disney Animation* de Frank Thomas e Ollie Johnston³ (1995, tradução nossa) apresenta 12 princípios fundamentais utilizados pelo estúdio Disney em suas animações, que viraram referência para a animação mundial. São eles: comprimir e esticar, antecipação, encenação, animação direta e pose a pose, sobreposição da ação e continuidade, aceleração e desaceleração, arcos, ações

⁴ "To animate, and the related words, animation, animated and animator all derive from the latin verb, animare, which means 'to give life to', and within the context of the animated film, this largely means the artificial creation of the illusion of movement in inanimate lines and forms" (WELLS, 1998, p.10).

secundárias, temporização, exagero, desenho volumétrico, e apelo, os quais são explicados a seguir.⁵

O princípio "comprimir e esticar" é um dos mais importantes, pois está relacionado a como a plasticidade do objeto pode melhor representar uma ação ou um sentimento. Partindo do conhecimento de que apenas os objetos rígidos não apresentam deformidade aparente ao movimentar-se, este princípio consiste em observar o comportamento do objeto real e exagerar suas proporções de acordo com sua ação, mantendo seu volume (FIGURA 7). Os autores dão como exemplo o desenho de um saco de farinha meio cheio, ilustrado na Figura 8, que pode representar emoções a partir de como o seu volume é comprimido e esticado (THOMAS; JOHNSTON, 1995).

Figura 7 - Ilustração do princípio "comprimir e esticar"

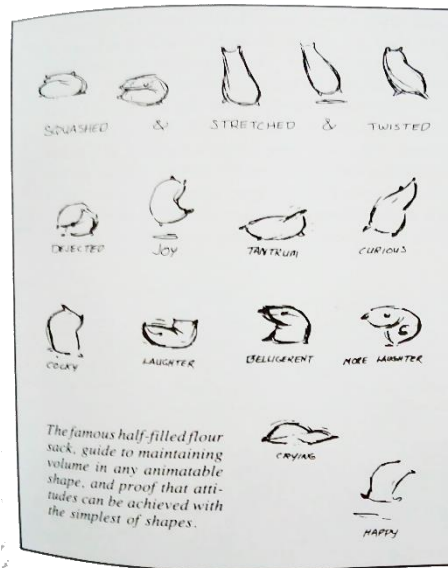


Fonte: Choco la Design – Medium⁶

⁵ Thomas e Johnston (1995) nomeiam os 12 princípios da seguinte maneira: *Squash and Stretch*, *Anticipation*, *Staging*, *Straight Ahead Action and Pose to Pose*, *Overlapping Action and Follow Through*, *Slow In and Slow Out*, *Arcs*, *Secondary Actions*, *Timing*, *Exaggeration*, *Solid Drawing*, *Appeal*.

⁶ Disponível em: <<https://medium.com/chocoladesign/os-12-princ%C3%ADpios-fundamentais-da-anima%C3%A7%C3%A3o-ca94b4f04e34>>. Acesso em jun. 2018.

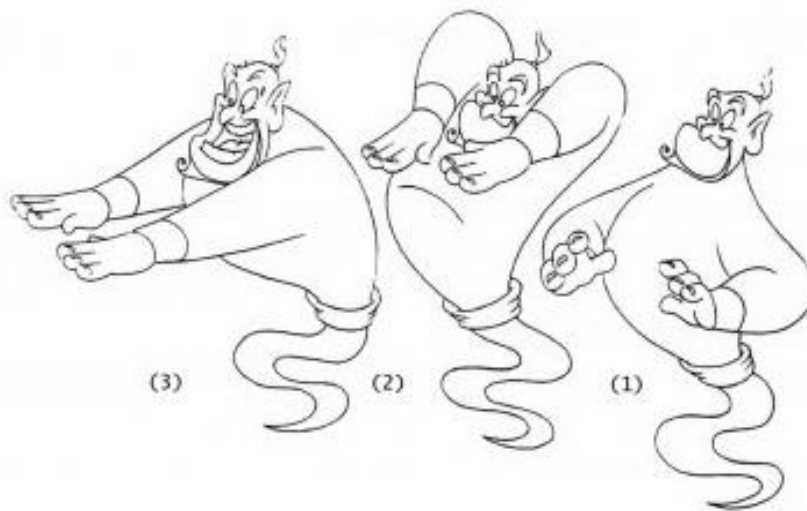
Figura 8 – Exemplo de Thomas e Johnston (1995) do princípio “comprimir e esticar”



Fonte: THOMAS E JOHNSTON, 1995, p.49

O princípio "antecipação" diz que há sempre um movimento que antecipa a ação principal. Este movimento faz o espectador ficar ciente da ação principal antes de ela de fato acontecer. Na Figura 9, está a representação do movimento de antecipação ao movimento principal (THOMAS; JOHNSTON, 1995).

Figura 9 - Ilustração do princípio “antecipação”



Fonte: Choco la Design – Medium⁷

⁷ Disponível em: <<https://medium.com/chocoladesign/os-12-princ%C3%ADpios-fundamentais-da-anima%C3%A7%C3%A3o-ca94b4f04e34>>. Acesso em jun. 2018.

O princípio "encenação" está relacionado a clareza da representação em uma cena. Ele pode englobar vários aspectos da animação, como a ação, a personalidade do personagem, as expressões e o clima de um cenário. A encenação guia o espectador ao entendimento total do que se quer transmitir na cena e, para isso, podem ser utilizados recursos como a movimentação de câmera e o teste de ação do personagem a partir de sua silhueta, como ilustra a Figura 10 (THOMAS; JOHNSTON, 1995).

Figura 10 - Ilustração do princípio "encenação"



Fonte: Choco la Design - Medium⁸

O princípio "animação direta e pose a pose" consiste em duas abordagens, a primeira é a animação direta (FIGURA 11), na qual os quadros de uma cena são feitos em sequência, sem um planejamento prévio detalhado do que irá acontecer, apenas com a ideia da ação geral, sendo uma maneira mais espontânea de criação; e a segunda é a animação pose a pose (FIGURA 12), na qual há um planejamento anterior das ações principais da cena, de modo que são criados quadros chave para depois serem desdobrados os quadros intermediários, sendo mais precisa e planejada. As duas abordagens podem ser usadas de forma separada ou em conjunto, dependendo do que o projeto demanda (THOMAS; JOHNSTON, 1995).

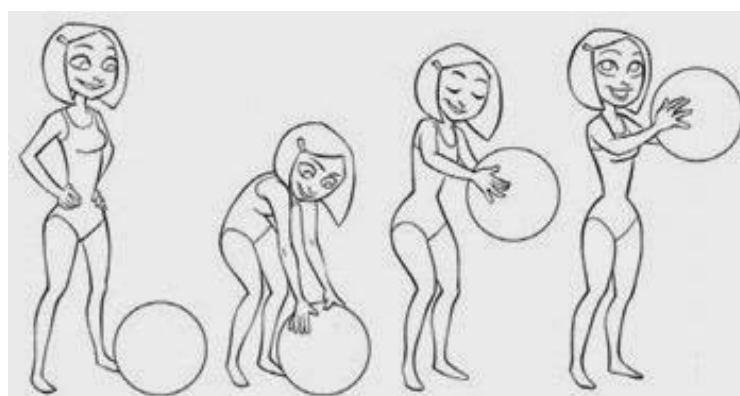
⁸ Disponível em: <<https://medium.com/chocoladesign/os-12-princ%C3%ADpios-fundamentais-da-anima%C3%A7%C3%A3o-ca94b4f04e34>>. Acesso em jun. 2018.

Figura 11 - Ilustração do princípio “animação direta e pose a pose” especificando a animação direta



Fonte: Choco la Design - Medium⁹

Figura 12 - Ilustração do princípio “animação direta e pose a pose” especificando a animação pose a pose



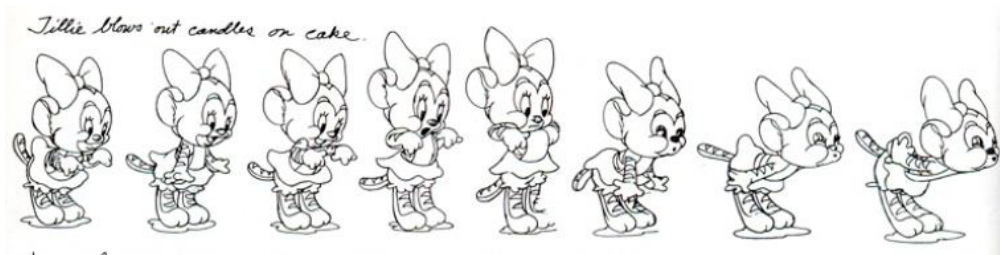
Fonte: Choco la Design – Medium¹⁰

O princípio "sobreposição da ação e continuidade" diz que, se o personagem tiver elementos agregados a ele (rabo, roupa ou até mesmo as partes do corpo), cada parte tem seu movimento específico, já que todas tem um peso específico (FIGURA 13). Quando o personagem está andando na cena e, de repente, para, suas partes não param ao mesmo tempo, pois não é real e nem atrativo. Desse modo, há, em um só personagem, a sobreposição de várias ações, cada uma tendo sua continuidade independente da outra (THOMAS; JOHNSTON, 1995).

⁹ Disponível em: <<https://medium.com/chocoladesign/os-12-princ%C3%ADpios-fundamentais-da-anima%C3%A7%C3%A3o-ca94b4f04e34>>. Acesso em jun. 2018.

¹⁰ *Idem*

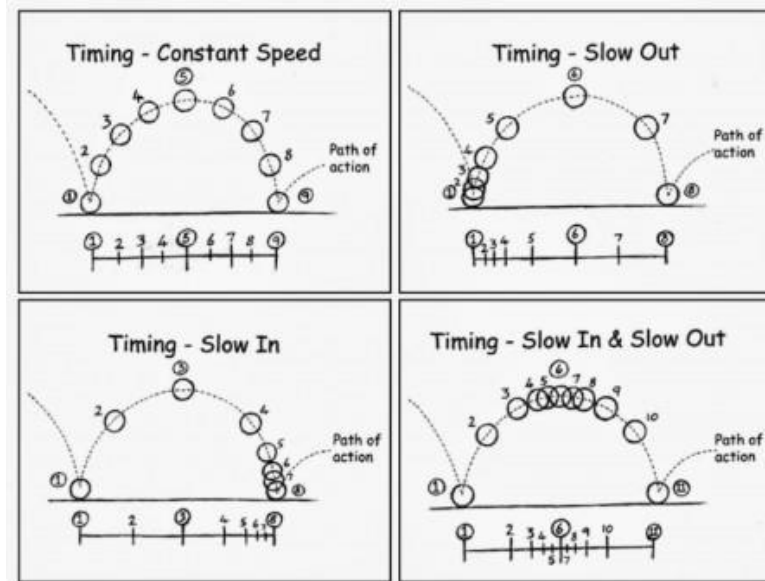
Figura 13 - Ilustração do princípio “sobreposição da ação e continuidade”



Fonte: THOMAS E JOHNSTON, 1995, p.60

O princípio "aceleração e desaceleração" é referente a noção de velocidade (aceleração e desaceleração), gerada a partir da inserção de quadros intermediários mais próximos ou mais distantes, na relação de tempo, dos quadros chave (FIGURA 14). A depender das distâncias inseridas, há um resultado específico (THOMAS; JOHNSTON, 1995).

Figura 14 - Ilustração do princípio “aceleração e desaceleração”

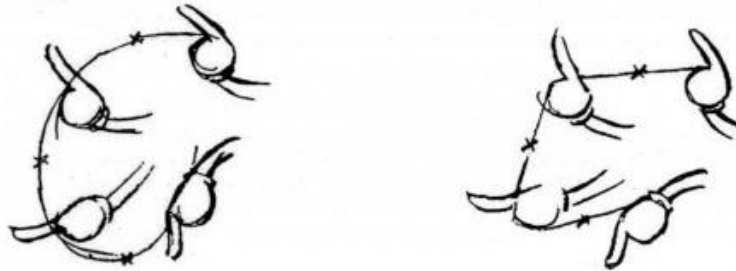


Fonte: Choco la Design - Medium¹¹

O princípio "arcos" parte do conhecimento de que a maioria dos seres vivos apresentam movimentos orgânicos e em arcos. Então, com o planejamento dos arcos presentes nas ações dos personagens, a animação se torna mais fluida e não robótica/mecânica, como ilustra a Figura 15 (THOMAS; JOHNSTON, 1995).

¹¹ Disponível em: <<https://medium.com/chocoladesign/os-12-princ%C3%ADpios-fundamentais-da-anima%C3%A7%C3%A3o-ca94b4f04e34>>. Acesso em jun. 2018.

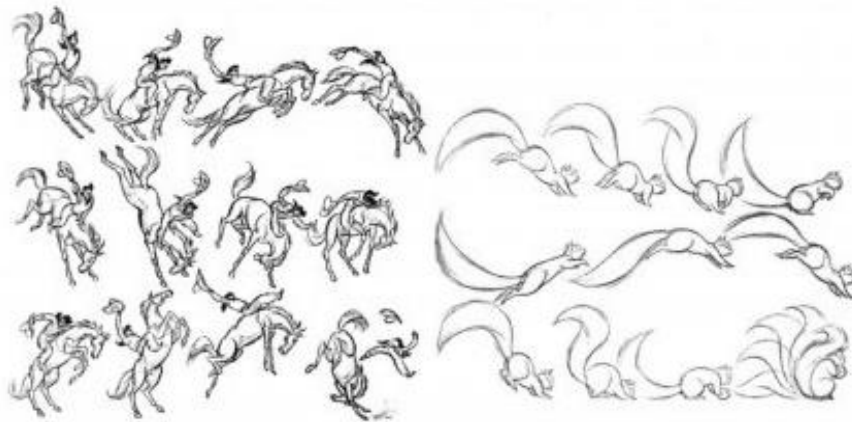
Figura 15 - Ilustração do princípio “arcos”



Fonte: Choco la Design - Medium¹²

O princípio "ações secundárias" caracteriza-se por adicionar ações secundárias que deem forças à ação principal, sem tirar seu foco, dando mais naturalidade ao personagem e complexidade à cena, como é ilustrado nos exemplos da Figura 16 (THOMAS; JOHNSTON, 1995).

Figura 16 - Ilustração do princípio “ações secundárias”



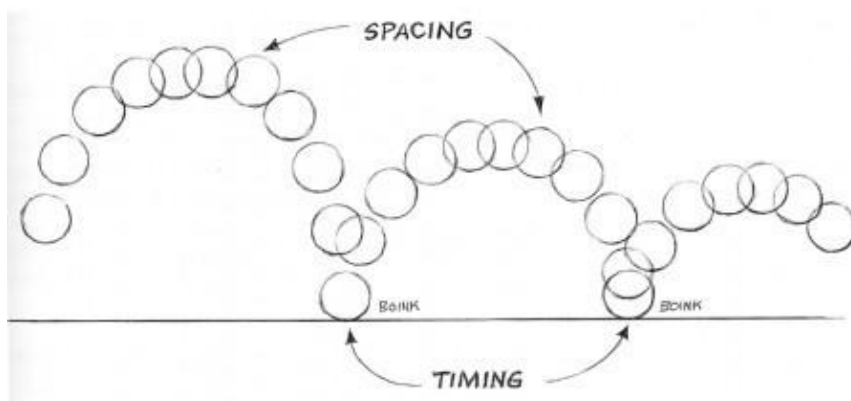
Fonte: Choco la Design - Medium¹³

O princípio "temporização" diz respeito ao tempo na animação, que é responsável por dar personalidade a um movimento (FIGURA 17). Dependendo da quantidade de tempo dada entre dois quadros chave e também dos quadros intermediários adicionados, vários temperamentos podem ser representados. A quantidade de quadros em uma cena dita a quantidade de tempo dela (THOMAS; JOHNSTON, 1995).

¹² Disponível em: <<https://medium.com/chocoladesign/os-12-princ%C3%ADpios-fundamentais-da-anima%C3%A7%C3%A3o-ca94b4f04e34>>. Acesso em jun. 2018.

¹³ *Idem*

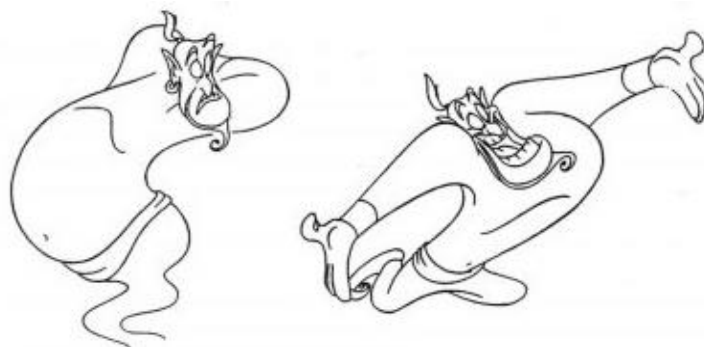
Figura 17 - Ilustração do princípio “temporização”



Fonte: Choco la Design - Medium¹⁴

O princípio "exagero" representa de forma caricata o que é real (FIGURA 18). Há o exagero das expressões, pois assim dá-se ênfase ao sentimento que se deseja representar, o que chama mais atenção do espectador (THOMAS; JOHNSTON, 1995).

Figura 18 - Ilustração do princípio “exagero”



Fonte: Choco la Design - Medium¹⁵

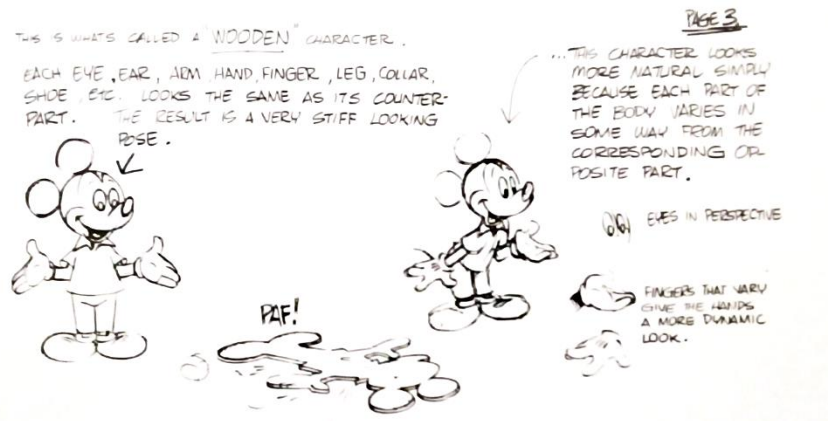
O princípio "desenho volumétrico" demanda que os elementos da cena tenham volume, estabilidade e plasticidade para que pareçam mais reais quando em movimento, fazendo que se tenha a ilusão de tridimensionalidade no quadro bidimensional. Com esse princípio, os elementos ganham forma e peso, não

¹⁴ Disponível em: <<https://medium.com/chocoladesign/os-12-princ%C3%ADpios-fundamentais-da-anima%C3%A7%C3%A3o-ca94b4f04e34>>. Acesso em jun. 2018.

¹⁵ *Idem*

parecendo com folhas de papel, planas e leves (FIGURA 19). O animador deve saber desenhar os elementos em qualquer ângulo para que a movimentação destes pelo quadro pareça mais real e atraente aos olhos, já que bem representada (THOMAS; JOHNSTON, 1995).

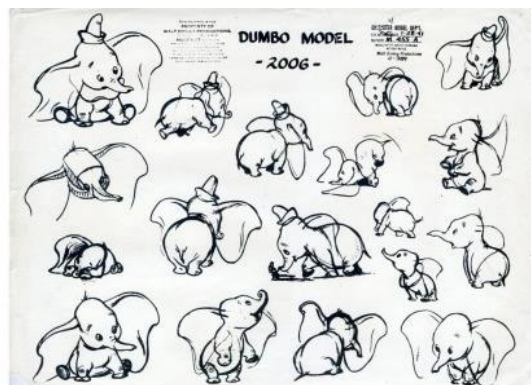
Figura 19 - Ilustração do princípio “desenho volumétrico”



Fonte: THOMAS E JOHNSTON, 1995, p.67

O princípio "apelo" não está necessariamente ligado ao traço refinado, mas ao poder de atrair a atenção do espectador e fazê-lo identificar-se com o personagem o bastante para acompanhá-lo por toda a história. As melhores representações desse princípio são de elementos simples, mas que conseguem comunicar a mensagem da história e as expressões do personagem claramente, como exemplificado na Figura 20 (THOMAS; JOHNSTON, 1995).

Figura 20 - Ilustração do princípio “apelo”



Fonte: Choco la Design - Medium¹⁶

¹⁶ Disponível em: <<https://medium.com/chocoladesign/os-12-princ%C3%ADpios-fundamentais-da-anima%C3%A7%C3%A3o-ca94b4f04e34>>. Acesso em jun. 2018.

Além da técnica do movimento, a animação também se utiliza do estilo visual. Este pode ser criado a partir de diversos materiais. Cruz (2006) enumera algumas possibilidades, como a utilização de desenhos, bonecos, esculturas, figuras digitais, entre outras opções. A partir desses materiais, podem ser empregadas técnicas de produção variadas, tais quais a animação tradicional, a animação digital, a rotoscopia, a animação de recorte, o *stop motion* e diversas outras que, no entanto, não serão detalhadas na presente pesquisa, tendo em vista que o seu foco está nas técnicas de criação de movimento, abordadas anteriormente.

Barbosa Júnior (2005) utiliza uma abordagem relevante sobre arte e técnica, na qual ele descreve a arte como a expressão, sendo uma capacidade do ser humano de empoderar-se e de criar símbolos de comunicação; e a técnica como a operação, o ato de manipular para transformar, de modo que a técnica utiliza-se da linguagem (matéria-prima) para tornar possível a materialização da arte. Para o autor, no caso da animação, a linguagem seria os elementos visuais (linha, cor, volume, superfície e luz), os princípios e as regras; e a técnica seria as ferramentas utilizadas para a manipulação da linguagem, como a computação gráfica e animação tradicional. No presente trabalho, porém, pela necessidade de tornar a pesquisa concisa em relação a terminologias, o termo “técnica” segue a definição de Holloway (1972 apud WELLS, 1998), citada anteriormente nesta seção, que abrange tanto o significado dado por Barbosa Júnior (2005), de operação, como também o que este denomina “linguagem”, entendendo “técnica” como o processo de criação como um todo, envolvendo princípios, narrativa, composição, enquadramento, ferramentas, estilos, entre outros itens.

A técnica é um fator muito importante para a existência da animação, porém, esta só é notada graças aos fenômenos da percepção visual. A seção a seguir discorre sobre a explicação desses fenômenos relacionados à animação quadro a quadro e sobre os dispositivos que possibilitaram a descoberta e geraram a compreensão desses fenômenos por meio da reprodução do movimento.

2.2 Fenômenos e Dispositivos

Foi no século XIX, segundo Aumont (1993), que começaram os estudos mais aprofundados sobre a percepção visual.

Em meio às mudanças nas perspectivas da sociedade resultantes de marcos, como a Revolução Industrial, o período Moderno apresentou um contexto inédito de experiência visual por meio da transformação da noção do observador, fazendo surgir o observador moderno, aquele que possui a percepção dos fenômenos que ocorrem em seu próprio corpo. Em consequência desse observador moderno e de estudos e experiências científicas, vários aparelhos ópticos surgiram no século XIX, como tentativa de entender os fenômenos que ocorrem na visão humana (CRARY, 2012).

A seção a seguir tem como foco explicar os fenômenos que possibilitam a animação quadro a quadro nos brinquedos ópticos. A ilusão de movimento no cinema de animação e no cinema *live action* não serão explicados nesta pesquisa, pois não se aplicam ao recorte temático.

2.2.1 Fenômenos relacionados à percepção visual da animação quadro a quadro nos brinquedos ópticos

A percepção de movimento pode acontecer como uma resposta ao movimento real dos objetos em nosso campo de visão, mas também pode acontecer sem que haja movimento real, que é o que Amount (1993) chama de movimento aparente, cujos fenômenos que lhe explicam serão adiante abordados.

Por décadas, esta ilusão de movimento, quando gerada a partir de quadros de imagens sequenciais reproduzidas por aparelhos ópticos, foi justificada pelo fenômeno da *persistência da visão*, descoberto pelo físico Peter Mark Roget (ANDERSON; ANDERSON, 1993).

Amount (1993, p.34) nomeia esse mesmo fenômeno como *persistência retiniana* e explica que “[...] consiste no prolongamento da atividade dos receptores (de luz) algum tempo após o fim do estímulo. Essa duração de persistência é tanto maior quanto mais adaptado estiver o olho ao escuro [...]”.

Assim, este fenômeno tem como característica que cada imagem exibida permanece sendo percebida por um mínimo tempo após sua visualização, fazendo com que a primeira imagem exibida funda-se com a seguinte, e assim sucessivamente. Defendia-se que a fusão de imagens acontecia durante a reprodução nos dispositivos ópticos, de modo a causar tal sensação aparente. Esse fenômeno,

entretanto, não explica o movimento aparente gerado nos dispositivos ópticos, como contestam Anderson e Anderson (1993).

Na verdade, segundo os autores acima mencionados, a sobreposição de imagens causadas pela *persistência retiniana* não gera a sensação de movimento, e sim a ilusão de estática. A definição do fenômeno aplica-se melhor para justificar a ilusão de que uma roda com aros em movimento giratório parece estar parada, pois as imagens dos aros persistem na visão formando um preenchimento do espaço interior do objeto (FIGURA 21).

Figura 21 - Fenômeno que ocorre quando a roda está em movimento



Fonte:VideoBlocks¹⁷

Os fenômenos que efetivamente justificam o movimento aparente das imagens nos dispositivos ópticos são explicados por Amount (1993), a partir das experiências relatadas na publicação de Wertheimer, em 1912, *Experimental Studies on the Seeing of Motion*, que originaram o termo *efeito phi*.

A experiência fundamental aqui é a mesma que evidenciou a noção (Wertheimer,1912): mostram-se a um sujeito dois pontos luminosos pouco afastados no espaço, fazendo variar a distância temporal entre eles. Enquanto o intervalo de tempo entre os dois *flashes* for muito pequeno, eles serão percebidos como simultâneos. Se, ao contrário, for muito elevado, os dois *flashes* serão percebidos como dois acontecimentos distintos e sucessivos. É na zona intermediária - de 30 a 200 milissegundos entre cada

¹⁷ Disponível em: <https://d2v9y0dukr6mq2.cloudfront.net/video/thumbnail/B-wmtY8xinaijlp5/traveling-slow-motion-shot-of-mountain-bike-wheels-moving-a-long-a-paved-road_sh8r461u_F0000.png>. Acesso em jun. 2018.

flash - que surge o movimento aparente. Foram-lhe relacionadas diversas formas, rotuladas com letras do alfabeto grego: o movimento alfa é um movimento de expansão ou de contração (com dois *flashes* situados no mesmo lugar, mas com tamanhos diferentes), o movimento beta corresponde à experiência descrita acima (movimento de um ponto a outro) etc; o conjunto desses fenômenos, muito diferentes uns dos outros mas aparentados, costuma ser chamado hoje “efeito phi” (WERTHEIMER, 1912 *apud* AMOUNT, 1993, p.49-50, grifo do autor).

A partir dessa explicação, a hipótese formulada por Wertheimer defende que, na verdade, a ilusão de movimento é causada por fenômenos pós-retinianos, situa Amount (1993).

Dessa maneira, a formação de movimento a partir de imagens estáticas trata-se de um fenômeno psíquico e não fisiológico ou óptico, como é o caso da *persistência retiniana*, destaca Chaves Júnior (2009).

A partir do entendimento, nesta seção, dos fenômenos relacionados à percepção visual da animação quadro a quadro nos brinquedos ópticos; na seguinte, o objetivo será apresentar os aparelhos responsáveis por explorar a compreensão destes fenômenos que foram ressignificados como brinquedos e tornados acessíveis à sociedade.

2.2.2 De aparelhos ópticos a brinquedos ópticos

Os aparelhos ópticos surgiram como objeto de estudo para o entendimento dos fenômenos relacionados à visão humana. Porém, estes acabaram por ganhar um novo significado na sociedade, tornando-se brinquedos (CRARY, 2012). De acordo com Miranda (2003), isto ocorreu na tentativa de atender às necessidades do capitalismo e da nova significação dada à infância, que aconteceu após a proibição do trabalho infantil, dando início à compreensão da necessidade dos estímulos de aprendizado. Segundo Bento (2009), nesse momento, a ciência torna-se mais acessível à sociedade.

O **Fenacistoscópio**, primeiro brinquedo a gerar ilusão de movimento, surgiu a partir do melhoramento de um aparelho chamado Roda de Faraday (FIGURA 22). Plateau colocou imagens sequenciais no eixo central de um disco que possuía fendas igualmente separadas nas bordas, que, quando girado na frente de um espelho, revelava o movimento ilusório a partir das figuras (MANNONI, 2003 *apud* BENTO, 2009).

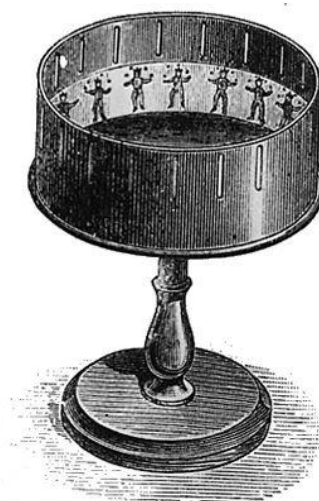
Figura 22 - Usuário utilizando o Fenacistoscópio



Fonte: Artefake¹⁸

Já o **Zootrópio** foi criado por William George, em 1843, com o nome de Daedaleum (FIGURA 23). A mudança de nome ocorreu para sua comercialização como brinquedo, em 1867. Este aparelho possuía um cilindro com aberturas espaçadas igualmente e dentro dele era posta uma tira com imagens sequenciais. A ilusão de movimento acontecia quando se olhava entre as fendas ao girar o cilindro (MANNONI, 2003 *apud* BENTO, 2009).

Figura 23 - Ilustração representando um Zootrópio



Fonte: The Past and Present of Stop Motion Animation¹⁹

¹⁸ Disponível em: <<https://artefake.fr/jouets-optiques-et-attraction/>>. Acesso em jun. 2018.

¹⁹ Disponível em: <<https://ahistoryofstopmotion.wordpress.com/2013/06/19/the-zootrope/>>. Acesso em

Com base no Zootrópio, em 1877, Émile Reynaud criou o **Praxinoscópio**, representado na Figura 24, que possuía basicamente a mesma estrutura do primeiro, adicionado de um eixo central com espelhos que possibilitavam a visualização do movimento sem a necessidade de olhar por fendas, o que deixava as imagens mais nítidas (MANNONI, 2003 *apud* BENTO, 2009).

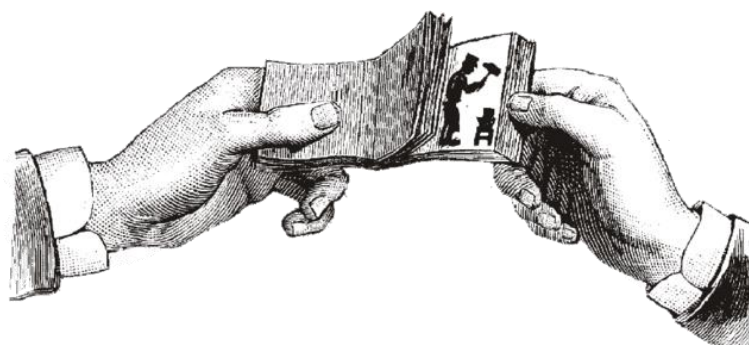
Figura 24 - Exemplo de Praxinoscópio



Fonte: Art info²⁰

Outro brinquedo que se tornou bastante popular foi o **Flipbook** (FIGURA 25), já explicado como *flipper book* na seção 2.1.1.

Figura 25 - Ilustração representando um Flipbook



Fonte: Timetoast²¹

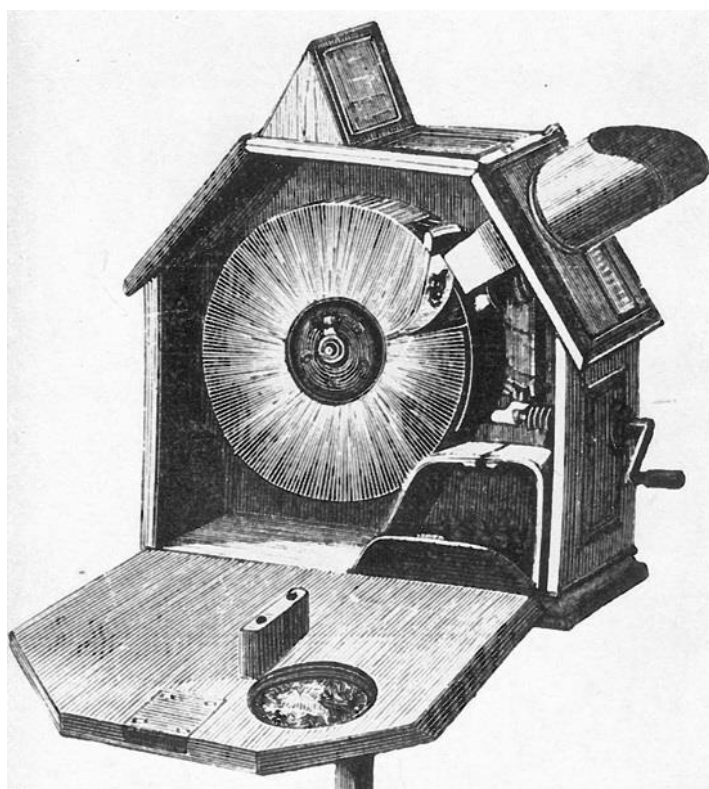
jun. 2018.

²⁰ Disponível em: <<http://artecuriforme.blogspot.com/2012/02/praxinoscopio-nasce-animacao.htm>>. Acesso em jun. 2018.

²¹ Disponível em: <<https://www.timetoast.com/timelines/history-of-animation>>. Acesso em jun. 2018.

Em 1894, William Kennedy Laurie Dickson inventou o **Mutoscópio**, representado na Figura 26, que era um aparelho com aros de encaixe, entre os quais era inserido um Flipbook de fotografias. Este aro era girado por meio de uma manivela ligada a um eixo de conexão com o aro e, assim, as imagens eram passadas, sendo visualizado o movimento ilusório da cena nas fotos (MANNONI, 2003 *apud* BENTO, 2009).

Figura 26 - Ilustração representando o mecanismo de um Mutoscópio

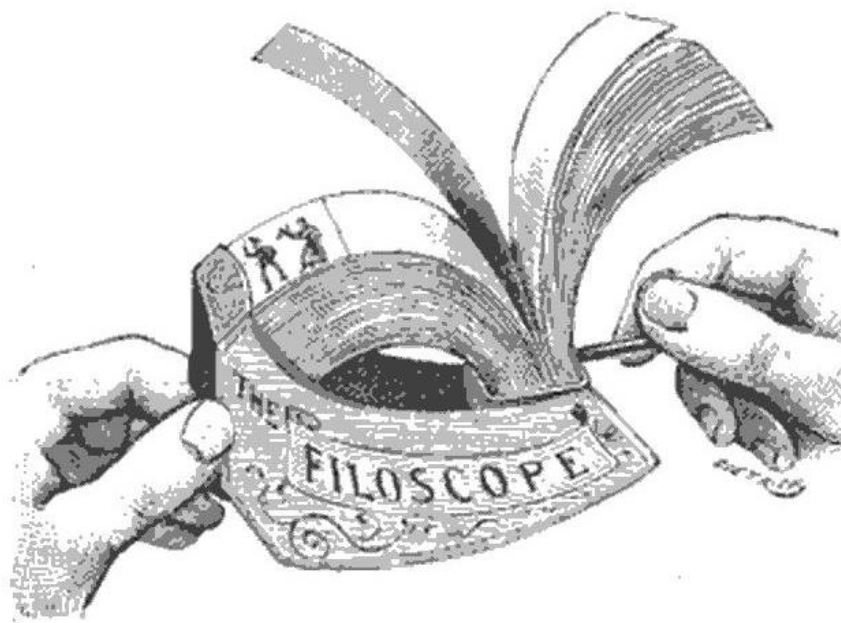


Fonte: They Create Worlds²²

Já em 1898, outro aparelho que utilizava Flipbooks foi patenteado por Henry William Short, o **Filoscópio**, representado na Figura 27 (MANNONI, 2003 *apud* BENTO, 2009).

²² Disponível em: <<https://videogamehistorian.wordpress.com/tag/mutoscope/>>. Acesso em jun. 2018.

Figura 27 - Ilustração representando o mecanismo de um Filoscópio



Le Filoscope, appareil cinématographique.

Fonte: Big V Riot Squad²³

Muitos outros brinquedos surgiram a partir dessas primeiras invenções por causa da necessidade do homem de criar, sendo versões mais sofisticadas ou simplificadas das anteriores. (BENTO, 2009) Uma dessas reconfigurações foi o **Retroscópio**, que é uma reconfiguração do Mutoscópio, criado por Joe Freedman e exibido em 2004 (FIGURA 28). No Mutoscópio, a animação gerada só podia ser vista por uma pessoa por vez, já que os quadros ficavam posicionados dentro de uma caixa para que o mecanismo não fosse mostrado e o brinquedo possuía apenas uma abertura de visualização; já no Retroscópio, Freedman possibilitou que a animação pudesse ser vista por várias pessoas ao mesmo tempo, pois os quadros não ficavam mais escondidos, dando visibilidade do fenômeno e do mecanismo ao espectador (KICKSTARTER, 2017).

²³ Disponível em: <<http://bigvriotsquad.blogspot.com/2017/07/filoscope-july-29-2017.html>>. Acesso em jun. 2018.

Figura 28 - Ilustração representando o Retroscópio



Fonte: Kickstarter²⁴

A maior parte dos estudos da história da cinematografia diminuiu os aparelhos ópticos a apenas parte das experiências para a criação do cinema. A partir dessa análise da história e da importância desses dispositivos, é possível perceber suas particularidades que dão a eles uma importância própria, muito além da história do cinema (CRARY, 2012). Para Miranda (2001), a particularidade desses dispositivos está no fato de que não só o resultado visual importa, como também o fenômeno do movimento em si.

Tendo em vista a capacidade destes brinquedos de encantar o espectador ao mesmo tempo que lhe apresenta os fenômenos da animação quadro a quadro por meio dos mecanismos citados, a seção a seguir irá explorar o potencial de ensino dos brinquedos ópticos por meio do Design Emocional.

2.3 Brinquedos como ferramenta de ensino através do Design Emocional

Há uma preocupação contemporânea da comunidade científica de como disseminar conteúdo e engajar o público mais jovem na pesquisa. Acredita-se que as práticas da ciência no passado podem servir de exemplo, como o uso de brinquedos

²⁴ Disponível em: <https://www.kickstarter.com/projects/1765367532/desktop-mutoscope-featuring-animations-by-anna-tab>. Acesso em: set. 2018.

científicos, já citados na seção 2.2.2 deste trabalho, que divertiam ao mesmo tempo que transmitiam conhecimento, fazendo o usuário compreender os fenômenos envolvidos (WADE, 2004).

Entendendo que o ato de brincar e os brinquedos têm importância na formação de saberes, é possível aplicar os conceitos do Design Emocional a fim de projetar brinquedos que transmitam conhecimento por meio da experiência (RODRIGUES E CAMPELLO, 2011 *apud* CALEGARI; SILVA, 2017).

Vera Damazio e Cláudia Mont'Alvão (2008 *apud* NORMAN, 2008, p.11, grifo do autor) dissertam sobre o que é o processo do Design Emocional, alegando que “Os designers voltam sua atenção para as pessoas e o modo como elas interpretam e interagem com o meio físico e social. E passam a projetar com o foco na *emoção* e com a intenção de proporcionar *experiências agradáveis*.”

De acordo com Norman (2008), produtos que causam sensações boas no usuário são mais fáceis de serem utilizados, levando a resultados mais bem-sucedidos. Para justificar essa afirmação, o autor explica o processo subconsciente do ser humano de reação às experiências vividas, o sistema afetivo:

[...] boa parte do comportamento humano é subconsciente, abaixo da percepção consciente. A consciência chega depois, tanto na evolução quanto na maneira como o cérebro processa as informações; muitos julgamentos já foram determinados antes de alcançarem o nível da consciência. Tanto o afeto quanto a cognição são sistemas de processamento de informações, mas possuem funções diferentes. O sistema afetivo faz julgamentos e rapidamente ajuda você a determinar as coisas no ambiente que são perigosas ou seguras, boas ou más. O sistema cognitivo interpreta e explica o sentido lógico do mundo. Afeto é o termo genérico que se aplica ao sistema de julgamentos, quer sejam conscientes ou inconscientes. Emoção é a experiência consciente do afeto, completa com a atribuição de sua causa e identificação do seu objeto. A sensação nauseante e aflitiva que você pode sentir sem saber por quê, é afeto. Raiva de Harry, o vendedor de carros usados, que cobrou caro demais por um veículo insatisfatório, é emoção. Você está com raiva de alguma coisa - Harry - por um motivo. Reparem que a cognição e o afeto influenciam um ao outro: algumas emoções e sensações afetivas são motivadas e impulsionadas pela cognição, enquanto o afeto geralmente se choca com a cognição. (NORMAN, 2008, p.31)

A partir dos conceitos de emoção, afeto e cognição, o autor alega que o ser humano geralmente tem uma reação emocional sobre uma ocorrência antes de processá-la cognitivamente. Alega também que alguns objetos podem provocar as emoções positivas, a exemplo da felicidade e do apego, e que elas geram benefícios, como a curiosidade e a capacidade de aprender (NORMAN, 2008).

Rodrigues e Campello (2011 *apud* CALEGARI; SILVA, 2017) atentam que se deve considerar e explorar os afetos positivos, a fim de aumentar o envolvimento do usuário com o brinquedo para incentivar a construção do conhecimento.

A exemplo disso, tem-se a criação de brinquedos ópticos e de suas animações, que, por meio da experiência positiva da brincadeira de gerar ilusão de movimento, o usuário adquire conhecimento sobre os vários conteúdos intrínsecos ao funcionamento destes engenhos. Esses conhecimentos são um misto de arte e ciência, pois estão inseridos na brincadeira tanto conceitos da primeira, pela estética, técnica e princípios de representação, como da última, pela compreensão dos fenômenos e dos mecanismos para sua execução (PRUDÊNCIO; GOMES, 2016).

Sobre a compreensão de fenômenos, Piaget (1999) discorre que é o pensamento formal que permite que o indivíduo tenha a percepção reflexiva sobre os acontecimentos ao seu redor. Esse pensamento formal surge a partir dos 11 anos de idade, sendo uma novidade para essa fase do crescimento do indivíduo por sua complexidade, não necessitando da experiência para a formulação do pensamento e o entendimento dos acontecimentos. Com ele, a criança consegue interpretar experiências e prevê-las, pois já consegue refletir sobre assuntos sem ser indagada. Dessa maneira, consegue entender a existência de fenômenos em si, não os observando apenas como parte de um sistema que gera um resultado perceptível.

A partir desses entendimentos, observa-se que é possível explorar o brinquedo óptico como ferramenta de ensino, pois, para criar a ilusão de movimento, o usuário utiliza-se dos fenômenos intrínsecos à animação quadro a quadro e de suas técnicas. Por causa dos afetos positivos proporcionados pela experiência, o usuário torna-se mais disposto a compreender os conteúdos aplicados no processo.

3 ANÁLISE DE SIMILARES

Neste capítulo, serão descritos e analisados produtos similares para conhecer os mecanismos, materiais, formas e detalhamentos já utilizados como solução nos brinquedos, a fim de gerar referências úteis ao projeto final.

Na sessão 3.1, serão descritos e analisados quatro brinquedos ópticos, com o intuito de gerar requisitos para a fase de projeto seguinte, que será detalhada no capítulo 4. Os escolhidos foram o Zootrópio, o Flipbook, o Filoscópio e o Restroscópio, todos retirados da seção 2.2.2. O fenacistoscopio, o praxinoscopio e o mutoscópio, também presentes nessa seção, não foram selecionados para a análise, pois, para sua visualização, necessitam de materiais como espelho, vidro ou algum tipo de iluminação, o que, para a autora, pareceu tornar a visualização difícil e muito complexa. Os brinquedos ópticos escolhidos serão avaliados levando em consideração as funcionalidades e elementos essenciais que caracterizam sua categoria, e não particularidades e inovações de brinquedos vinculados a marcas. As análises serão feitas a partir das ferramentas **Análise Funcional** e **Análise Estrutural** propostas por Pazmino (2015). Primeiro, serão feitas descrições do que são cada um dos tipos de brinquedo óptico, levando em consideração o intuito de sua funcionalidade. Depois, serão feitas a Análise Funcional e a Análise Estrutural, respectivamente, para numerar e avaliar funções e componentes do sistema desses dispositivos. Ao final, serão feitas considerações das análises de brinquedos ópticos em geral, guiando a uma pesquisa de produtos mais específicos na sessão 3.2, na qual será utilizada também a **Análise Estrutural**.

Na Análise Funcional, apontam-se as funções e subfunções dos produtos similares, com poucas palavras, a fim de entender como elas se relacionam umas com as outras e com o usuário. Primeiro, aponta-se a função principal. Com base nisso, aponta-se como ela funciona a partir das subfunções que podem ser destrinchadas. A função principal deve ser justificativa das subfunções, ou seja, ser o porquê delas (PAZMINO, 2015).

Na Análise Estrutural, identificam-se os componentes do sistema do produto, podendo utilizar-se da Análise Funcional como base para enumerar os elementos que constituem as funções descritas. A partir dos componentes, identificam-se os materiais, formas de montagem, acabamentos, entre outros detalhes

de como são feitos, a fim de entender a necessidade de cada parte no sistema (PAZMINO, 2015).

3.1 Análises de brinquedos ópticos em geral

3.1.1 Zootrópio

O Zootrópio, representado na Figura 29, é um brinquedo cuja função é gerar ilusão de movimento a partir de imagens sequenciais dispostas no interior de sua estrutura. Ao olhar por entre as fendas igualmente espaçadas da estrutura do brinquedo, quando este está parado, só é possível visualizar imagens estáticas. Quando a estrutura, na qual estão os quadros, é girada, surge a animação (FIGURA 30). Por funcionar com movimentos circulares, a animação se repete até que este movimento da estrutura cesse.

Figura 29 - Exemplo de Zootrópio



Fonte: Pink Cat Shop²⁵

²⁵ Disponível em: <<https://www.pinkcatshop.com/decor355-zoetrope---hemispherium-antique-early-cinema.html>>. Acesso em jun. 2018.

Figura 30 - Zootrópio em uso



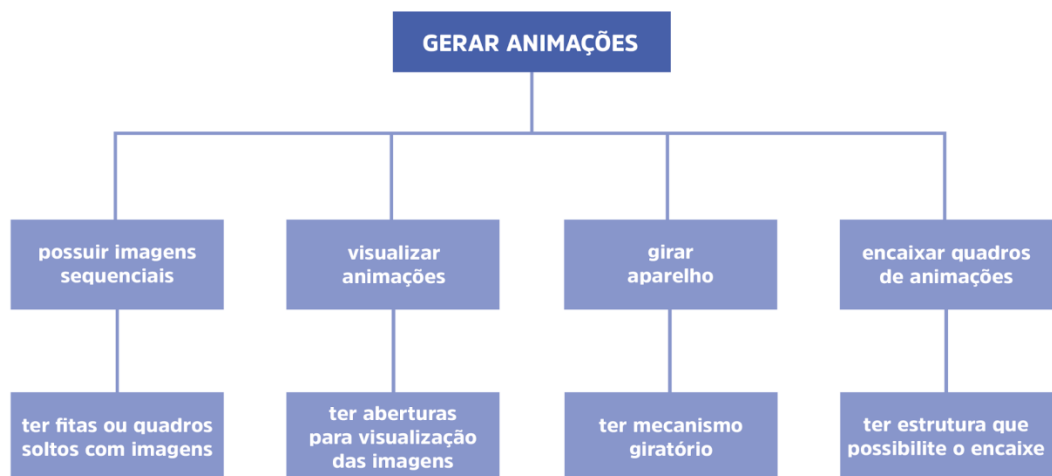
Fonte: Anima Mundi²⁶

Analisando o Zootrópio, a partir da Análise Funcional e da Análise Estrutural, descritas por Pazmino (2015), foram gerados os esquemas de análise das Figuras 31 e 32, respectivamente.

Figura 31 - Análise Funcional do Zootrópio

ZOOTRÓPIO

FUNÇÃO PRINCIPAL
SUBFUNÇÃO



Fonte: Elaborada pela autora

²⁶ Disponível em: <<http://www.animamundi.com.br/pt/blog/ta-na-hora-de-botar-a-mao-na-massa/>>. Acesso em jun. 2018.

Figura 32 - Análise Estrutural do Zootrópio



Nº	SUBSISTEMA	QUANTIDADE	MATERIAL
1	quadros com imagens	quantidade de quadros definida pelo tamanho do brinquedo	papel
2	aberturas para visualização	igual a quantidade de quadros	x
3	mecanismo giratório	1	papel ou plástico ou madeira
4	estrutura de encaixe das fitas ou quadros	1	papel ou plástico ou madeira

Fonte: Elaborada pela autora

É possível perceber, por meio das análises, que o Zootrópio pode ser feito por vários tipos de materiais. Cada tipo implica em um custo diferente, porém, em média, estes não tornam o valor do brinquedo elevado.

Ademais, ele possui um sistema relativamente simples, sem necessidade de muitos componentes. A estrutura de encaixe possibilita a reprodução de várias animações diferentes, a partir de novas tiras ou quadros com imagens sequenciais, não limitando o uso do dispositivo. O número de quadros e aberturas para a visualização pode variar de acordo com o tamanho do brinquedo, pois quanto maior o raio do cilindro da base, maior a quantidade de quadros que podem ser utilizados. Porém, o comum é ter entre 8 e 14 quadros e aberturas.

3.1.1.1 Experiência com Zootrópio na Bolsa Arte

A partir de março de 2017, a autora tornou-se bolsista do projeto da Universidade Federal do Ceará em parceria com a Secult Arte, intitulado *Releitura das Técnicas de Xilogravura por meio da Fabricação Digital*. A proposta principal do projeto é produzir animação a partir da técnica de xilogravura, explorando como a fabricação digital pode tornar o processo mais viável. Além da própria produção de animação com xilogravura, o projeto também estuda dispositivos analógicos de reprodução de animação, os brinquedos ópticos. Foi a partir disso que a autora deste projeto começou seu estudo sobre brinquedos ópticos.

A partir da pesquisa, a autora projetou um Zootrópio, tendo como requisito a fabricação digital. Este dispositivo foi escolhido, pois seu sistema não apresenta bastante complexidade para ser projetado. Como tratava-se de um equipamento que iria comportar os quadros de animação feitos a partir da técnica de xilogravura, era necessário levar em consideração que a gravação deles é feita com tinta tipográfica, que leva um tempo considerável para secar (FIGURAS 33 e 34).

Figura 33 – Materiais (Tinta tipográfica, rolo e placa de acrílico)



Fonte: Xilogravura :: DAUD :: UFC – Fotos (Página do Facebook)²⁷

²⁷ Disponível em:

<https://www.facebook.com/xilogravuraufc/photos/a.1711631305527710/2483035465053953/?type=3&theater>. Acesso em: mai. 2019

Figura 34 – Materiais (papel para impressão, colher de pau para fixação da impressão, “carimbos” de impressão de xilogravura)



Fonte: Xilogravura :: DAUD :: UFC – Fotos (Página do Facebook)²⁸

Sendo assim, era necessário pensar no projeto um modo de que os quadros pudessem ser inseridos, mesmo logo depois de serem gravados, sem manchar o zootrópio, e que cada quadro pudesse ser inserido isoladamente para facilitar no momento da gravação. Pensando nisso, a autora do presente projeto pesquisou referências (FIGURA 35) e teve a ideia de, no lugar de usar tiras com quadros, usar um sistema de envelopes, vazados em um dos lados, para colocar os quadros isoladamente sem manchar o aparelho óptico (FIGURAS 36, 37, 38 e 39).

Figura 35 - Imagem de referência de um envelope vazado



Fonte: Arte Ponto 1²⁹

²⁸ Disponível em:

<https://www.facebook.com/xilogravuraufc/photos/a.1711631305527710/1711632378860936/?type=3&theater>. Acesso em: fev. 2019.

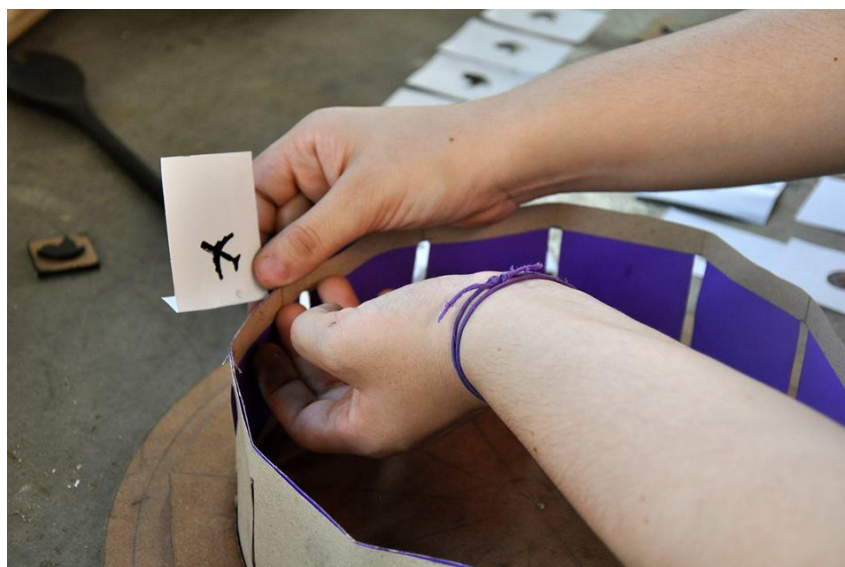
²⁹ Disponível em: <http://www.arteponto1.com.br/imgs/dicas/82_montando_envelope7.jpg>. Acesso em: fev. 2019.

Figura 36 - Zootrópio desenvolvido



Fonte: Xilogravura :: DAUD :: UFC – Fotos (Página do Facebook)³⁰

Figura 37 - Detalhamento do encaixe dos quadros nos envelopes do Zootrópio



Fonte: Xilogravura :: DAUD :: UFC – Fotos (Página do Facebook)³¹

³⁰ Disponível em:

<https://www.facebook.com/xilogravuraufc/photos/a.171163130527710/171163186527654/?type=3&theater>. Acesso em: fev. 2019.

³¹ Disponível em:

<https://www.facebook.com/xilogravuraufc/photos/a.171163130527710/1711632315527609/?type=3&theater>. Acesso em: fev. 2019.

Figura 38 - Zootrópio desenvolvido em funcionamento



Fonte: Xilogravura :: DAUD :: UFC – Fotos (Página do Facebook)³²

Figura 39 - Utilização do Zootrópio desenvolvido



Fonte: Xilogravura :: DAUD :: UFC – Fotos (Página do Facebook)³³

³² Disponível em:

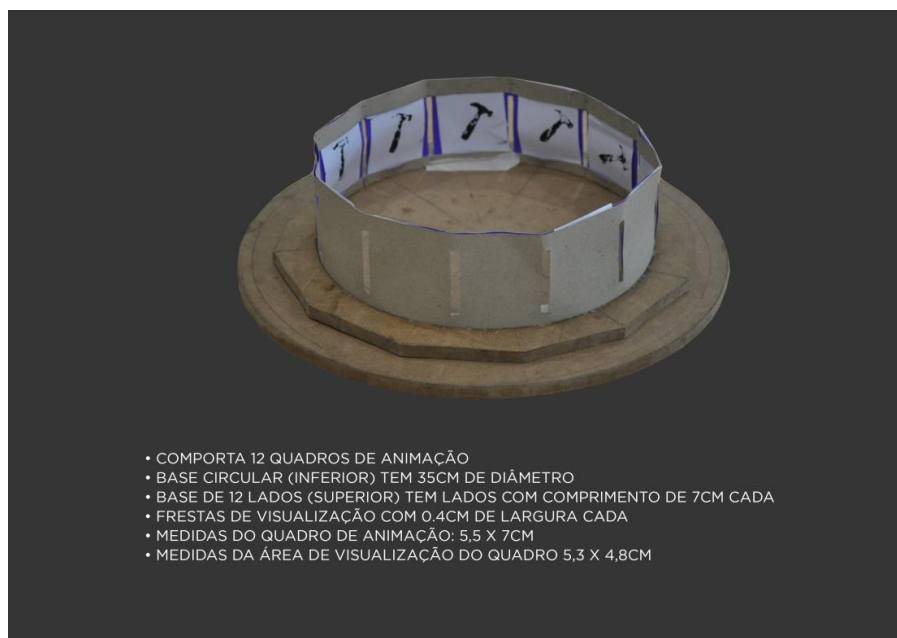
<https://www.facebook.com/xilogravuraufc/photos/a.171163130527710/1711631552194352/?type=3&theater>. Acesso em: fev. 2019

³³ Disponível em:

<https://www.facebook.com/xilogravuraufc/photos/a.1720445444646296/1720445871312920/?type=3&theater>. Acesso em: fev. 2019

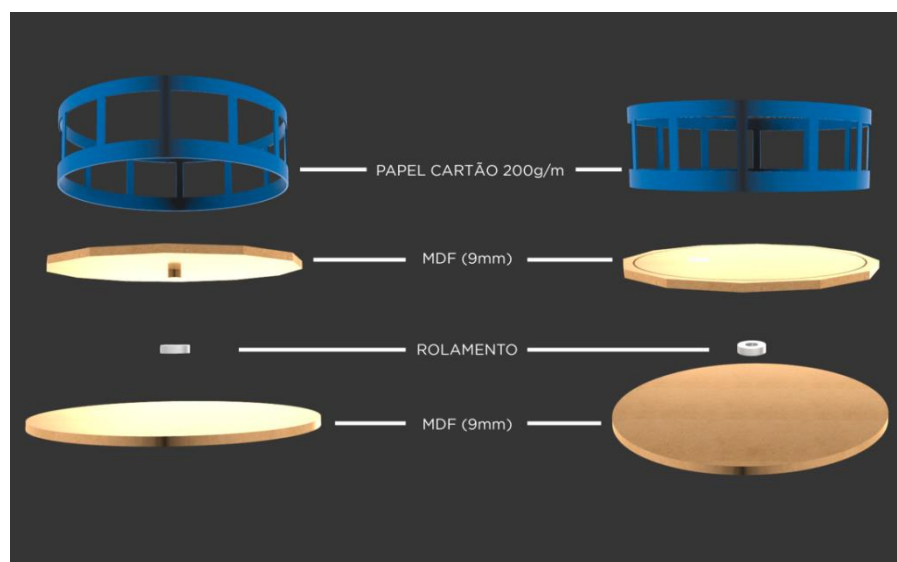
O produto final gerado está representado e detalhado nas Figuras 40 e 41 a seguir.

Figura 40 - Detalhamentos do projeto do Zootrópio



Fonte: Elaborada pela autora³⁴

Figura 41 - Materiais utilizados para a produção do Zootrópio



Fonte: Elaborada pela autora

³⁴ Disponível em:

<https://www.facebook.com/xilogravuraufc/photos/a.1720445444646296/1720445754646265/?type=3&theater>. Acesso em: fev. 2019.

Analisando este projeto, por meio das observações da autora e das opiniões dos participantes das oficinas de produção de animação com xilogravura que utilizaram o zootrópio, foram elaboradas algumas considerações:

- os quadros de animação inseridos no zootrópio produzido eram consideravelmente pequenos (área de visualização: 5,3x4,8cm), o que limitou bastante a criação de movimento, principalmente, por ser feito a partir de “carimbos” de xilogravura. Por esse motivo, os carimbos tiveram que ser pequenos para caber no tamanho do quadro e perderam detalhamento. Se o brinquedo fosse utilizado para produção de animação com outras técnicas, como a colagem, seria muito difícil criar movimento por falta de espaço. Porém, este foi o tamanho escolhido, pois, no caso do zootrópio, o tamanho dos quadros interfere no tamanho do comprimento da circunferência, assim, quanto mais largos os quadros, maior o tamanho do brinquedo. Nesta aplicação, se os quadros fossem maiores, o zootrópio teria que ser maior e não se encaixaria mais na categoria de “escala da mão”, que era necessária no caso da sua utilização;
- no zootrópio, a disposição dos quadros é lado a lado, sendo assim, quanto mais quadros, maior o comprimento da circunferência, o que faz o brinquedo ficar maior. Por esse motivo, o número de quadros dele, geralmente, é bem limitado (no caso do projeto do zootrópio o número foi de 12 quadros), o que torna a animação bem menor, sendo bem mais rápidos os ciclos completos da animação;
- por causa do movimento rápido dos quadros, as imagens necessitavam ter contraste. No caso das gravações de xilogravura, a imagem funcionava muito bem, porém, quando testado com desenhos a lápis, se muito claros, não eram bem nítidos no momento da geração de animação;
- a utilização de envelopes na estrutura do zootrópio foi essencial para o funcionamento do brinquedo, por facilitar a troca de quadros, podendo ser uma troca unitária ou de quantos quadros o usuário quisesse. Além disso, por causa da sua especificidade de uso (impressão com xilogravura), os quadros ajudaram a não sujar o brinquedo, e, por serem feitos numa tira de papel, caso sujassem, poderiam ser facilmente trocados. Porém, o tipo de

material escolhido não foi o mais adequado ao projeto, por questões de acabamento e resistência;

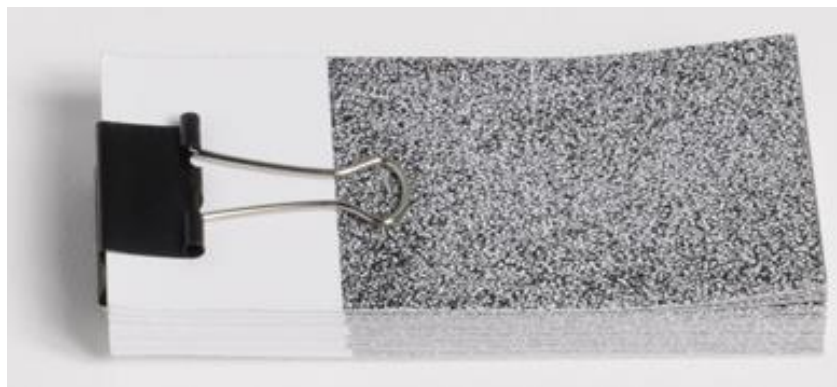
- a escolha do MDF como material de produção do brinquedo foi necessária, pois, em primeiro lugar, trata-se de um material resistente e fácil de trabalhar com a fabricação digital (requisito de projeto), e, em segundo lugar, pois o maquinário e materiais disponíveis eram limitados, o que levou à escolha deste material. Ele, porém, é um material muito pesado, o que deixou a estrutura do brinquedo pesada.

Levando em conta estas considerações, chegou-se à conclusão de que o fator da pequena quantidade de quadros, por causa da área que estes ocupam, poderia ser limitante para o presente projeto, e, por esse motivo, a autora decidiu não utilizar o zootrópio como objeto de projeto para o Trabalho de Conclusão de Curso. As conclusões sobre ele, entretanto, serviram de guia para o projeto atual. Características como a utilização de envelopes e a necessidade de imagens com bom contraste para serem utilizadas nos quadros de animação serão consideradas no desenvolvimento do projeto atual.

3.1.2 Flipbook

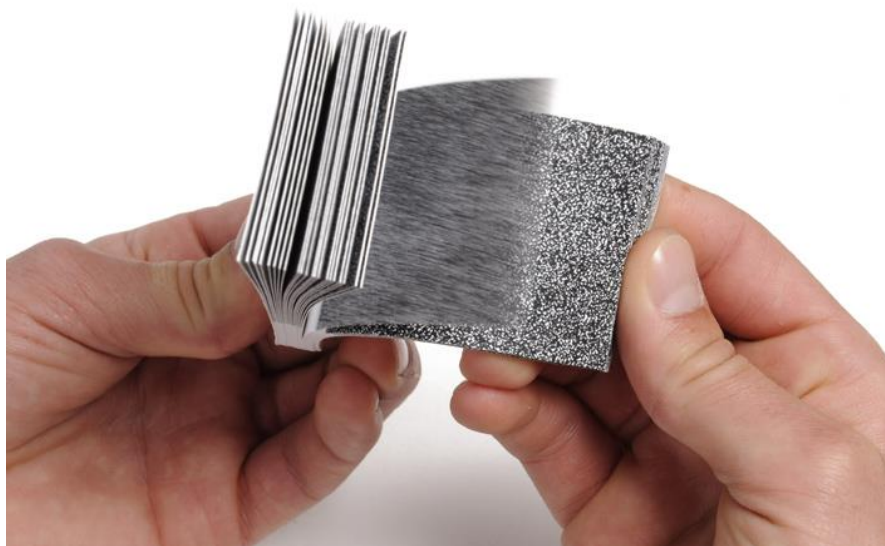
O Flipbook é outro brinquedo que gera ilusão de movimento a partir de imagens sequenciais (FIGURA 42). Ele possui um dispositivo bastante simples de reprodução: segura-se um lado de um bloco de papéis com imagens sequenciais e desliza-se o dedo sobre o outro lado, de modo a folhear as páginas (FIGURA 43). A mudança rápida de páginas cria a animação dos quadros de imagem.

Figura 42 - Exemplo de Flipbook



Fonte: Aubry & Bourg³⁵

Figura 43 - Flipbook em funcionamento



Fonte: Aubry & Bourg³⁶

Analisando o Flipbook, a partir da Análise Funcional e da Análise Estrutural descritas por Pazmino (2015), foram gerados os esquemas de análise das Figuras 44 e 45 respectivamente.

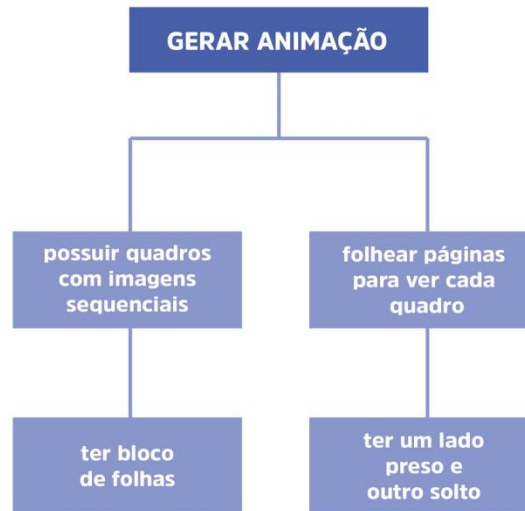
³⁵ Disponível em: <<http://www.aubrybourg.net/page%20no%20signal%20folioscope.html>>. Acesso em jun. 2018.

³⁶ Disponível em: <<http://www.aubrybourg.net/page%20no%20signal%20folioscope.html>>. Acesso em jun. 2018.

Figura 44 - Análise Funcional do Flipbook

FLIPBOOK

■ FUNÇÃO PRINCIPAL
■ SUBFUNÇÃO



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 45 - Análise Estrutural do Flipbook



Nº	SUBSISTEMA	QUANTIDADE	MATERIAL
1	quadros com imagens	definida pelo usuário	papel
2	mecanismo para prender bloco	1	cola ou binder ou encadernação

Fonte: Elaborada pela autora

A partir das análises do Flipbook, foi possível observar que ele possui um mecanismo bastante simples, que demanda poucos componentes. Ele possibilita que o usuário defina quantos quadros de imagem quer utilizar. É um brinquedo de baixo

custo, porém a quantidade de animações reproduzidas é limitada a, no máximo, duas (uma na frente das folhas e outra no verso).

3.1.3 Filoscópio

O Filoscópio, representado na Figura 46, é um dispositivo de reprodução que se utiliza do Flipbook para gerar ilusão de movimento. Funciona da seguinte maneira: um Flipbook é inserido no interior do Filoscópio e preso por seu mecanismo. Quando o usuário puxa a haste que prende o bloco de papéis, os quadros com imagens sequenciais são folheados um a um pela barreira existente na estrutura, fazendo com que se visualize a animação (FIGURA 47).

Figura 46 - Exemplo de Filoscópio



Fonte: Planet Diecast³⁷

³⁷ Disponível em:

<https://www.planetdiecast.com/index.php?option=com_myblog&task=tag&category=>. Acesso em jun. 2018.

Figura 47 - Funcionamento do Filoscópio



Fonte: Science & Society Picture Library Prints³⁸

Analisando o Filoscópio, a partir da Análise Funcional e da Análise Estrutural descritas por Pazmino (2015), foram gerados os esquemas de análise das Figuras 48 e 49 respectivamente.

Figura 48 - Análise Funcional do Filoscópio

FILOSCÓPIO

■ FUNÇÃO PRINCIPAL
■ SUBFUNÇÃO



Fonte: Elaborada pela autora

³⁸ Disponível em: <<http://www.ssplprints.com/image/89826/filoscope-1897>>. Acesso em jun. 2018.

Figura 49 - Análise Estrutural do Filoscópio



Nº	SUBSISTEMA	QUANTIDADE	MATERIAL
1	quadros com imagens	definida pelo usuário	papel
2	barreira para folhear quadros	1	papel ou plástico ou metal ou madeira
3	estrutura de encaixe do bloco	1	papel ou plástico ou metal ou madeira
4	mecanismo para prender bloco	1	papel ou plástico ou metal ou madeira

Fonte: Elaborada pela autora

A partir das análises do Filoscópio, foi possível perceber que ele é um dispositivo com vários mecanismos, porém tem um princípio simples de funcionamento. É formado apenas por duas peças: o bloco e o brinquedo (este possui vários componentes acoplados). Tem baixo custo por seu tamanho pequeno e pelos materiais dos quais pode ser feito. Sua utilização não é limitada, pois podem ser inseridos outros blocos com imagens sequenciais para serem reproduzidas várias animações. A quantidade de quadros de imagens sequenciais é definida pelo usuário.

3.1.4 Retroscópio

O Retroscópio é um brinquedo óptico que possui dois aros nos quais são inseridos quadros de animação. Estes aros são ligados a um eixo, que é ligado a uma manivela. Quando se gira a manivela, o sistema de aros também gira e os quadros passam um a um em uma barreira, gerando a animação (FIGURA 50).

Figura 50 - Exemplo de Retroscópio



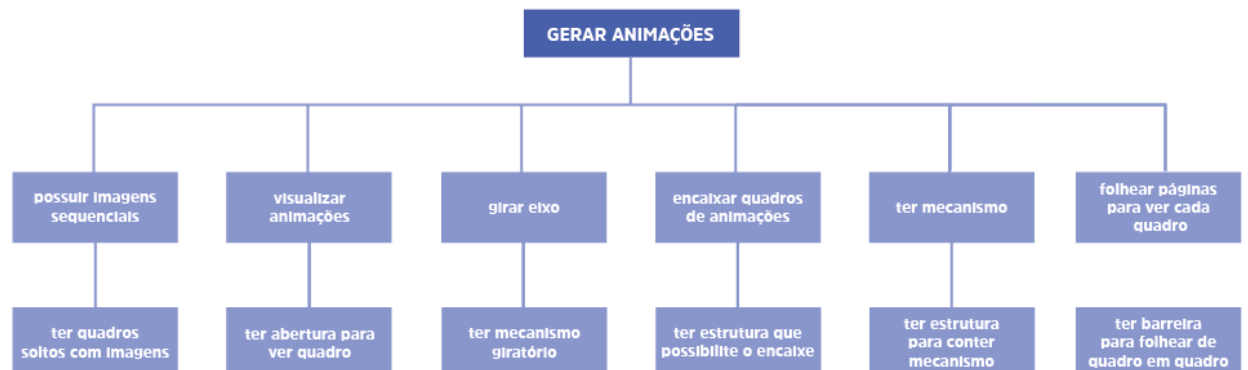
Fonte: FluxPlay³⁹

Analisando o Retroscópio, a partir da Análise Funcional e da Análise Estrutural descritas por Pazmino (2015), foram gerados os esquemas de análise das Figuras 51 e 52 respectivamente.

Figura 51 - Análise Funcional do Retroscópio

RETROSCÓPIO

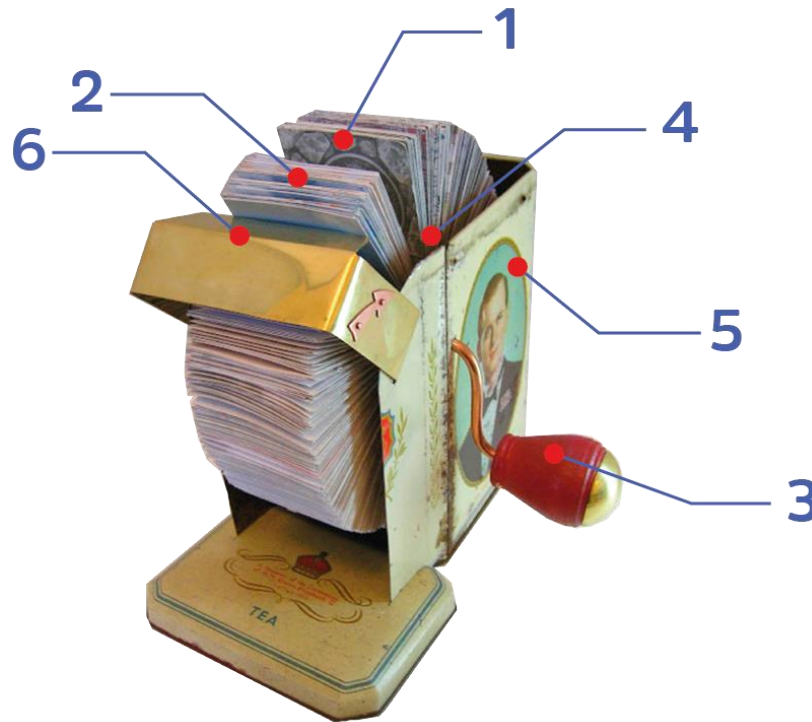
FUNÇÃO PRINCIPAL
SUBFUNÇÃO



Fonte: Elaborada pela autora

³⁹ Disponível em: <<http://fluxplay.blogspot.com/search?q=mutoscope>>. Acesso em jun. 2018

Figura 52 - Análise Estrutural do Retroscópio



Nº	SUBSISTEMA	QUANTIDADE	MATERIAL
1	quadros com imagens	quantidade de quadros definida pelo tamanho do brinquedo	papel
2	abertura para ver quadros	1	x
3	eixo giratório	1	papel ou plástico ou metal ou madeira
4	estrutura de encaixe dos quadros	1	papel ou plástico ou metal ou madeira
5	estrutura para conter mecanismo	1	papel ou plástico ou metal ou madeira
6	barreira para folhear quadros	1	papel ou plástico ou metal ou madeira

Fonte: Elaborada pela autora

A partir das análises do Retroscópio, foi possível perceber que ele possui um sistema complexo de mecanismos. Este dispositivo comporta mais quadros do que os outros brinquedos ópticos. Sua utilização não é limitada, já que o bloco de imagens pode ser trocado. Ele pode ser feito de vários materiais. Seu custo depende do tamanho e dos materiais utilizados, porém, em geral, apresenta baixo custo.

3.1.5 Considerações das análises de brinquedos ópticos em geral

Levando em conta as análises dos quatro brinquedos ópticos (Zootrópio, Flipbook, Filoscópio e Retroscópio), é possível notar que:

- o Flipbook, o Filoscópio e o Retroscópio possibilitam a criação de animações maiores que as do Zootrópio, pois o último comporta poucos quadros em relação aos outros devido à disposição deles ser lado a lado e não um acima do outro, como nos demais brinquedos;
- a visibilidade da animação no Flipbook, no Filoscópio e no Retroscópio é melhor do que no Zootrópio, já que, no último, o usuário precisa olhar por entre aberturas pequenas para ver a animação;
- o Retroscópio possui uma complexidade de funcionamento maior que a dos outros brinquedos;
- o Flipbook é o único dos dispositivos avaliados que tem utilização limitada, pois só comporta duas animações (uma na frente das folhas e outra no verso);
- o Flipbook é o dispositivo com menos potencial de projeto de produto, já que ele é basicamente formado pelos quadros de animação;
- todos os brinquedos podem ser produzidos “na escala das mãos”;
- o Flipbook e o Filoscópio podem ter custos relativamente menores que os do Zootrópio e do Retroscópio, em virtude do menor tamanho e complexidade, porém todos podem ser de baixo custo;
- entre os possíveis materiais citados de produção dos brinquedos (papél, plástico, metal e madeira), o papel é o mais acessível e de menor custo.

A partir destas considerações, geraram-se os primeiros direcionamentos de projeto, pontuados a seguir, para guiar a pesquisa a um objeto comum, com análises mais específicas. **O primeiro** é que o projeto produzido a partir deste trabalho deve ser um brinquedo óptico baseado no **Retroscópio**, pois, mesmo sendo o brinquedo de maior complexidade de projeto, a partir das considerações, este apresentou mais vantagens projetuais (possibilitar criar animações maiores, melhor visibilidade da animação, não ter utilização limitada, ter potencial de projeto de produto, poder ser produzido em “escala da mão” e poder ter baixo custo). **O segundo** é o brinquedo ter

como material de produção o **papel**, por apresentar baixo custo (especificidades definidas no decorrer do projeto). Este material é geralmente associado a fragilidade, o que torna este projeto um desafio, porém, com conhecimentos de engenharia de papel e a partir do projeto de design, é possível planejar uma estrutura resistente. Além do critério baixo custo da fabricação do brinquedo, outros três, igualmente importantes, apontaram à escolha do papel. O primeiro critério é a possibilidade de criar um projeto “faça você mesmo”, que, a partir do pré-corte do material, a criança seguiria um manual de instruções, podendo montar sozinha seu brinquedo, de modo que, a partir do processo, ela entenderia a construção do mecanismo e como ele funciona, o que, conseqüentemente, possibilitaria o melhor entendimento do fenômeno da animação, respondendo ao Objetivo Geral do presente trabalho. O segundo critério é o baixo custo de transporte, já que o brinquedo de papel desmontado demanda uma embalagem de menor volume total e menos material de proteção (plástico bolha, etc). O terceiro critério, decorrente dos outros dois, é a facilidade de disseminação e aplicação, por exemplo, em escolas, onde o kit pode ser montado por vários alunos para ensinar os princípios de arte e ciência e ainda estimular a atividade motora.

Tendo em vista os primeiros direcionamentos de projeto, foram elaboradas as Análises Específicas da seção a seguir, sendo escolhidos produtos que possuem alguma das duas características dos dois primeiros direcionamentos de projeto: ser um Retroscópio ou ser um brinquedo de papel.

3.2 Análises Específicas

3.2.1 Retroscope Spin-Reel Movies

Criado por Joe Freedman, pela The Sarabande Press, este retroscópio é exposto no site do criador (www.sarabande.com) e é vendido sob encomenda por email ou por telefone (FIGURA 53).⁴⁰ O dispositivo provavelmente já é entregue montado para o comprador, apenas com os quadros ainda a encaixar, pois não há informações específicas sobre montagem ou sobre a forma de entrega do produto.

⁴⁰ Disponível em: <http://www.sarabande.com/pages/c_aboutus.html>. Acesso em: jun. 2019.

Não apresenta informações de faixa etária, pois é vendido como dispositivo, não como brinquedo.

Figura 53 – *Retroscope Spin-Reel Movies*



Fonte: Etsy⁴¹

A partir da observação do *Retroscope Spin-Reel Movies*, foi elaborada sua Análise Estrutural. O quadro da Figura 54 contém as informações gerais dos subsistemas do retroscópio (apresentados na análise funcional geral do retroscópio), indicando suas respectivas peças, a quantidade delas e o material do qual são feitas; já os quadros das Figuras 55, 56, 57 e 58 apresentam fotos, detalhes descritivos e detalhamentos referentes à forma de cada peça. As informações sobre material foram coletadas no site do produto⁴² e as demais foram deduzidas pela autora deste trabalho a partir do estudo de observação do objeto.

⁴¹ Disponível em: <<https://www.etsy.com/listing/51706160/retroscope-a-flip-book-movie-that-goes>>. Acesso em: fev. 2019.


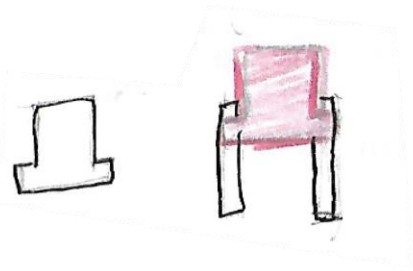
⁴² Disponível em: <http://www.sarabande.com/pages/c_aboutus.html>. Acesso em: fev. 2019.

Figura 54 - Análise Estrutural do *Retroscope Spin-Reel Movies***ANÁLISE ESTRUTURAL**

Nº	SUBSISTEMA	PEÇAS	QUANTIDADE	MATERIAL
1	quadros com imagens	quadros	36	papel
2	abertura para ver quadros	espaço vazio	1	x
3	eixo giratório	manivela	1	madeira (MDF)
		eixo	1	
4	estrutura de encaixe dos quadros	aros	2	madeira (MDF)
5	estrutura para conter mecanismo	caixa	1	madeira (MDF)
6	barreira para folhear quadros	barreira	1	madeira (MDF)

Fonte: Elaborada pela autora


Figura 55 - Análise dos quadros do *Retroscope Spin-Reel Movies*

PEÇA	DESCRIÇÃO
quadros	Os quadros têm forma retangular com abas na parte inferior, que são acopladas nos furos de encaixe dos aros. As bobinas de quadros são removíveis para que o usuário possa reproduzir outras animações.
FOTOS	FORMA
	

Fonte: Elaborada pela autora⁴³

⁴³ Foto do brinquedo disponível em: <http://www.sarabande.com/pages_2007/animation_main.html>. Acesso em: fev. 2019.

Figura 56 - Análise da manivela e do eixo do *Retroscope Spin-Reel Movies*

PEÇAS	DESCRIÇÃO
manivela e eixo	A manivela é acoplada ao eixo por meio do encaixe das peças. Posteriormente, o eixo é acoplado aos aros.
FOTOS	FORMA
	

Fonte: Elaborada pela autora⁴⁴

Figura 57 - Análise dos aros do *Retroscope Spin-Reel Movies*

PEÇAS	DESCRIÇÃO
aros	Cada aro tem 36 furos de encaixe para quadros e 1 furo para encaixe do eixo.
FOTOS	FORMA
	

Fonte: Elaborada pela autora⁴⁵

⁴⁴ Foto do brinquedo disponível em: <<https://br.pinterest.com/pin/439171401156097232/?lp=true>>. Acesso em: fev. 2019.

⁴⁵ *Idem*.

Figura 58 - Análise da caixa e da barreira do *Retroscope Spin-Reel Movies*

PEÇAS	DESCRIÇÃO
caixa e barreira	A caixa tem forma de paralelepípedo. Há dois furos de forma circular nas laterais da caixa, nos quais o eixo, junto com as partes já acopladas nele (manivela, aros e quadros), se encaixa. A barreira dos quadros é acoplada a caixa, sendo a face presente em sua parte superior.
FOTOS	FORMA
	

Fonte: Elaborada pela autora⁴⁶

A partir da Análise Estrutural do *Retroscope Spin-Reel Movies* foi possível apontar as seguintes vantagens e desvantagens:

- vantagens: pensamento de sistema complexo, porém simples de montar; tamanho compacto (“escala da mão”);
- desvantagens: para trocar de animação, deve-se desmontar o sistema para inserir os novos quadros nos aros e, depois, montá-lo novamente para gerar a animação.

3.2.2 Desktop Mutoscope

Este retroscópio também foi criado por Joe Freedman, em uma edição especial com as animações feitas por Anna Taberko (FIGURA 59). Foi vendido pelo Kickstarter, site de financiamento coletivo, custando US\$80,00. Algumas de suas peças são fabricadas por impressão 3D.⁴⁷

⁴⁶ Foto do brinquedo disponível em: <<https://br.pinterest.com/pin/439171401156097232/?lp=true>>. Acesso em: fev. 2019.

⁴⁷ Disponível em: <https://www.kickstarter.com/projects/1765367532/desktop-mutoscope-featuring-animations-by-anna-tab>. Acesso em: fev. 2019.

Figura 59 - *Desktop Mutoscope*Fonte: Kickstarter⁴⁸

A partir da observação do *Desktop Mutoscope*, foi elaborada sua Análise Estrutural. O quadro da Figura 60 contém as informações gerais dos subsistemas do retroscópio (apresentados na análise funcional geral), indicando suas respectivas peças, a quantidade delas e o material do qual são feitas; já os quadros das Figuras 61, 62, 63, 64 e 65 apresentam fotos, detalhes descritivos e detalhamentos referentes a forma de cada peça. As informações sobre material e quantidade de quadros foram coletadas no site de venda do produto⁴⁹ e as demais foram deduzidas pela autora deste trabalho a partir do estudo de observação do objeto.

Figura 60 - Análise Estrutural do *Desktop Mutoscope***ANÁLISE ESTRUTURAL**

Nº	SUBSISTEMA	PEÇAS	QUANTIDADE	MATERIAL
1	quadros com imagens	quadros	60	papel
2	abertura para ver quadros	espaço vazio	1	x
3	eixo giratório	manivela	1	plástico
		eixo	1	
4	estrutura de encaixe dos quadros	aros	2	plástico
5	estrutura para conter mecanismo	caixa	1	papel
6	barreira para folhear quadros	barreira	1	papel

⁴⁸ Disponível em: <https://www.kickstarter.com/projects/1765367532/desktop-mutoscope-featuring-animations-by-anna-tab>. Acesso em: fev. 2019.

⁴⁹ Disponível em: <https://www.kickstarter.com/projects/1765367532/desktop-mutoscope-featuring-animations-by-anna-tab>. Acesso em: fev. 2019.

Fonte: Elaborada pela autora

Figura 61 - Análise dos quadros do *Desktop Mutoscope*

PEÇA	DESCRIÇÃO
quadros	Os quadros têm forma retangular com abas na parte inferior, que são acopladas nos furos de encaixe dos aros.
FOTOS	FORMA
	

Fonte: Elaborada pela autora⁵⁰

Figura 62 - Análise da manivela e do eixo do *Desktop Mutoscope*

PEÇAS	DESCRIÇÃO
manivela e eixo	A manivela é acoplada ao eixo e, posteriormente, o eixo é acoplado aos aros.
FOTOS	FORMA
	

Fonte: Elaborada pela autora⁵¹

⁵⁰ Foto disponível em: <<https://www.kickstarter.com/projects/1765367532/desktop-mutoscope-featuring-animations-by-anna-tab>>. Acesso em: fev. 2019.

⁵¹ *Idem*.

Figura 63 - Análise dos aros do *Desktop Mutoscope*

PEÇAS	DESCRIÇÃO
aros	Os aros possuem 60 furos de encaixe (na frente) e respectivas barras de encaixe (no verso), para dar mais sustentação aos quadros quando acoplados aos aros.
FOTOS	FORMA
	

Fonte: Elaborada pela autora⁵²

Figura 64 - Análise da caixa do *Desktop Mutoscope*

PEÇAS	DESCRIÇÃO
caixa	Tem forma de paralelepípedo. Há dois furos de forma circular nas laterais da caixa, nos quais o eixo é encaixado (já acoplado a manivela, aos aros e aos quadros).
FOTOS	FORMA
	

Fonte: Elaborada pela autora⁵³

⁵² Foto disponível em: <<https://www.kickstarter.com/projects/1765367532/desktop-mutoscope-featuring-animations-by-anna-tab>>. Acesso em: fev. 2019.

⁵³ *Idem*.

Figura 65 - Análise da barreira do *Desktop Mutoscope*

PEÇAS	DESCRIÇÃO
barreira	A barreira dos quadros é acoplada a caixa e a face presente em sua parte superior também serve de barreira.
FOTOS	FORMA
	

Fonte: Elaborada pela autora⁵⁴

A partir da Análise Estrutural do *Desktop Mutoscope*, foi possível apontar as seguintes vantagens e desvantagens:

- vantagens: pensamento de sistema complexo, porém simples de montar; as barras de encaixe presentes nos aros dão mais sustentação ao encaixe dos quadros; tamanho compacto (“escala da mão”); possui mais quadros de animação que o dispositivo anterior (*Retroscope Spin-Reel Movies*);
- desvantagens: para trocar os quadros de animação, deve-se desmontar o sistema para inserir novos quadros nos aros e, depois, montá-lo novamente para gerar a animação; não há grande necessidade de ter outra barreira além da face superior da caixa; não há necessidade da caixa ter material diferente dos aros, manivela e eixo.

⁵⁴ Foto disponível em: <<https://www.kickstarter.com/projects/1765367532/desktop-mutoscope-featuring-animations-by-anna-tab>>. Acesso em: fev. 2019.

3.2.3 Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine

O *Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine* foi descoberto pela autora do presente trabalho exclusivamente por meio de seu registro de vídeo no Youtube, não tendo sido encontrados outros registros pela internet. É um dispositivo interessante por ser feito totalmente de papel. O vídeo mostra que há um manual de instruções para montagem do brinquedo, sendo assim, deduz-se que ele é um brinquedo montado pelo usuário. Todas as informações aqui descritas foram parte da análise da autora, já que não foi encontrado nenhum detalhamento do produto além da informação do título do vídeo indicando que brinquedo é feito de papel cartão e o nome dele, que vem impresso no material (FIGURA 66).⁵⁵

Figura 66 - *Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine*



Fonte: Youtube⁵⁶

A partir da observação do *Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine*, foi elaborada sua Análise Estrutural. O quadro da Figura 67 contém as informações gerais dos subsistemas do retroscópio (apresentados na análise funcional geral), indicando suas respectivas peças, a quantidade delas e o material do qual são feitas;

⁵⁵ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JfzpE-Dly5c&list=PLzqnL493LOyOaodkPdqtPIUMrvE4ecGP&index=16&t=0s>. Acesso em: jun. 2019.

⁵⁶ Foto disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JfzpE-Dly5c&list=PLzqnL493LOyOaodkPdqtPIUMrvE4ecGP&index=16&t=0s>. Acesso em: jun. 2019.

já os quadros das Figuras 68, 69, 70, 71, 72 e 73 apresentam fotos, detalhes descritivos e detalhamentos referentes a forma de cada peça. Todas as informações presentes nas análises foram deduzidas pela autora deste trabalho a partir do estudo de observação do objeto.⁵⁷

Figura 67 - Análise Estrutural do *Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine*
ANÁLISE ESTRUTURAL

Nº	SUBSISTEMA	PEÇAS	QUANTIDADE	MATERIAL
1	quadros com imagens	quadros	aproximadamente 60	papel cartão
2	abertura para ver quadros	espaço vazio	1	x
3	eixo giratório	manivela	1	papel cartão
		eixo	1	
4	estrutura de encaixe dos quadros	aros	2	papel cartão
5	estrutura para conter mecanismo	caixa	1	papel cartão
6	barreira para folhear quadros	barreira	1	papel cartão

Fonte: Elaborada pela autora

Figura 68 - Análise dos quadros do *Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine*

PEÇA	DESCRIÇÃO
quadros	Retangulares, sem aba para encaixe nos recortes dos aros.
FOTOS	FORMA
	

Fonte: Elaborada pela autora⁵⁸

⁵⁷ Disponível em: <https://www.kickstarter.com/projects/1765367532/desktop-mutoscope-featuring-animations-by-anna-tab>. Acesso em: jun. 2019.

⁵⁸ Foto disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Jfzpe-Dly5c&list=PLzqnL493LOyOaodkPdqtPIUMrvE4ecGP&index=16&t=0s>. Acesso em: jun. 2019.

Figura 69 - Análise da manivela do *Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine*

PEÇA	DESCRIÇÃO
manivela	Manivela possui um furo quadrado de encaixe do eixo e um furo circular de encaixe do dedo para rotação.
FOTOS	FORMA
	

Fonte: Elaborada pela autora⁵⁹

Figura 70 - Análise do eixo do *Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine*

PEÇAS	DESCRIÇÃO
eixo	O eixo possui forma de paralelepípedo, com as faces superior e inferior com forma quadrada.
FOTOS	FORMA
	

Fonte: Elaborada pela autora⁶⁰

⁵⁹ Foto disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JfzpE-Dly5c&list=PLzqnL493LOyOaodkPdqtPIUMrvE4ecGP&index=16&t=0s>. Acesso em: jun. 2019.

⁶⁰ *Idem*.

Figura 71 - Análise dos aros do *Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine*

PEÇAS	DESCRIÇÃO
aros	Os aros possuem aproximadamente 60 recortes para encaixe dos quadros nas bordas do círculo, furos de encaixe de travas para juntar os aros e furo de encaixe do eixo.
FOTOS	FORMA
	

Fonte: Elaborada pela autora⁶¹

Figura 72 - Análise da caixa do *Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine*

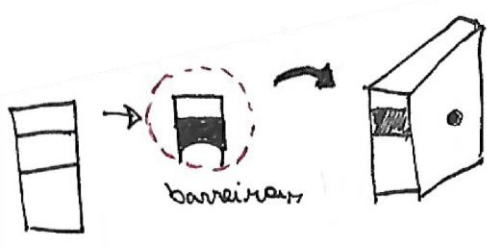
PEÇAS	DESCRIÇÃO
caixa	A caixa possui forma plana antes de montada e, a partir do manual de instruções, o usuário dá forma ao brinquedo. A frente e o verso da caixa tem forma de trapézio irregular e ambas possuem um furo com forma circular para o encaixe do eixo. As laterais tem forma retangular. A lateral esquerda é menor que a lateral direita, e tem uma abertura retangular que serve para visualizar a animação gerada no retroscópio.
FOTOS	FORMA
	

Fonte: Elaborada pela autora⁶²

⁶¹ Foto disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JfzpE-Dly5c&list=PLzqnL493LOyOaodkPdqtPIUMrvE4ecGP&index=16&t=0s>. Acesso em: jun. 2019.

⁶² *Idem*.

Figura 73 - Análise da barreira do *Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine*

PEÇAS	DESCRIÇÃO
barreira	Na lateral esquerda da caixa há uma abertura. As barras de cima e de baixo servem de barreira para os quadros.
FOTOS	FORMA
	

Fonte: Elaborada pela autora⁶³

A partir da Análise Estrutural do *Deutsches Filmmuseum Moving Picture Machine*, foi possível apontar as seguintes vantagens e desvantagens:

- vantagens: pensamento de sistema complexo, porém simples de montar; o fato de ser todo de papel barateia os custos de produção; por ser um kit para ser montado pelo usuário, o brinquedo exige uma interação maior do usuário e ajuda a fazê-lo conhecer mais sobre o mecanismo que faz gerar a ilusão de movimento; tamanho compacto (“escala da mão”); possui uma quantidade boa de quadros de animação; permite a troca unitária de quadros;
- desvantagens: tamanho dos quadros muito pequeno; para trocar os quadros, é necessário desmontar a caixa; o corte de encaixe tem menos sustentação que o furo de encaixe, o que pode fazer o quadro sair do aro pelo atrito; o material aparenta fragilidade.

⁶³ Foto disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JfzpE-Dly5c&list=PLzqnL493LOyOaodkPdqtOPIUMrvE4ecGP&index=16&t=0s>. Acesso em: jun. 2019.

3.2.4 Clickety Flix Retroscope

O *Clickety Flix Retroscope* é um retróscópio produzido pela Smartivity (Activities for Smarter Learning). É vendido por meio do site da fabricante (<https://www.smartivity.in/>) por ₹ 949,00 (rupia indiana – moeda da Índia), o equivalente a R\$55,03. Segundo a descrição do produto, a faixa etária indicada é para pessoas a partir de 8 anos, o tempo de montagem e personalização do brinquedo é de aproximadamente uma hora e a brincadeira desenvolve habilidades analíticas, motoras e práticas e estimula a criatividade, pois é baseada nos princípios fundamentais de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática. O kit contém 170 elementos, entre eles: peças de MDF pré-cortadas na chapa do material; peças feitas de outros materiais, embaladas em sacos; o manual de instruções e um folheto explicativo sobre princípios científicos e atividades para reforçar os conceitos aprendidos; quadros de animação já com desenhos e quadros extra para a criança desenhar e criar sua animação; e tintas e um pincel para que o usuário personalize o brinquedo (FIGURAS 74 e 75).⁶⁴

Figura 74 - *Clickety Flix Retroscope*



Fonte: Manual (pdf)⁶⁵

⁶⁴ Disponível em: <https://www.smartivity.in/products/smartivity-clickety-flix-retroscope> e <https://www.amazon.in/Smartivity-Clickety-Flix-Retro-scope-Educational/dp/B018K43OS2>. Acesso em: jun. 2019.

⁶⁵ Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/9lk3zcairybqifw/Retro-scope%20new%20print-%2029%20%20June%202018.pdf?dl=0>. Acesso em: jun. 2019.

Figura 75 - Peças do *Clickety Flix Retroscope*

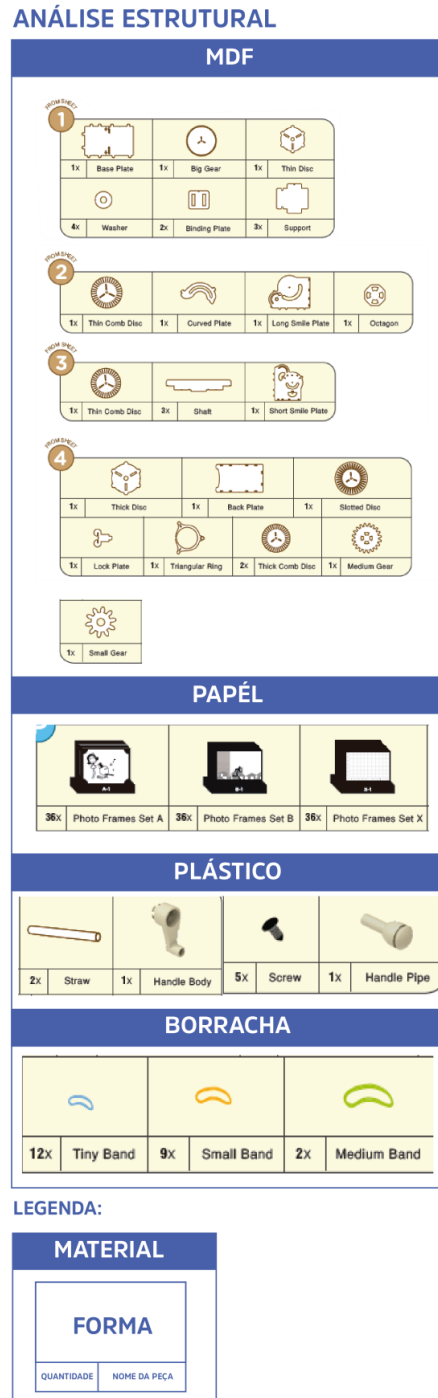


Fonte: Smartivity⁶⁶

Este dispositivo possui a mesma abordagem projetual que a do presente trabalho, pois é comercializado como um brinquedo educativo para crianças e possui um kit completo, com peças, manual e embalagem, que serviram de objetos de estudo. Sendo assim, a partir da observação do *Clickety Flix Retroscope*, foi elaborada sua Análise Estrutural, que é particularmente diferente da Análise Estrutural feita para os outros retroscópios, pois, por ser um sistema muito complexo, algumas das peças pertencem a mais de um subsistema (apresentado na análise funcional geral do restroscópio), deste modo, não foi possível colocar em um quadro de análise quais e quantas peças cada subsistema possui. Dessa forma, foi elaborado um quadro expondo quais peças o sistema possui, detalhando suas quantidades e materiais dos quais são feitas, sem relacionar a qual subsistema elas pertencem (FIGURA 76). As informações sobre o material das partes da manivela, dos parafusos e dos eixos foram deduzidas pela autora a partir da observação das peças, já as demais informações foram coletadas a partir do manual de instruções do brinquedo.⁶⁷

⁶⁶ Disponível em: <https://www.smartivity.in/products/smartivity-clickety-flix-retroscope#prod-downloads>. Acesso em: jun. 2019.

⁶⁷ Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/9lk3zcairybqifw/RetroSCOPE%20new%20print-%2029%20%20June%202018.pdf?dl=0>. Acesso em: jun. 2019.

Figura 76 – Análise Estrutural do *Clickety Flix Retroscope*

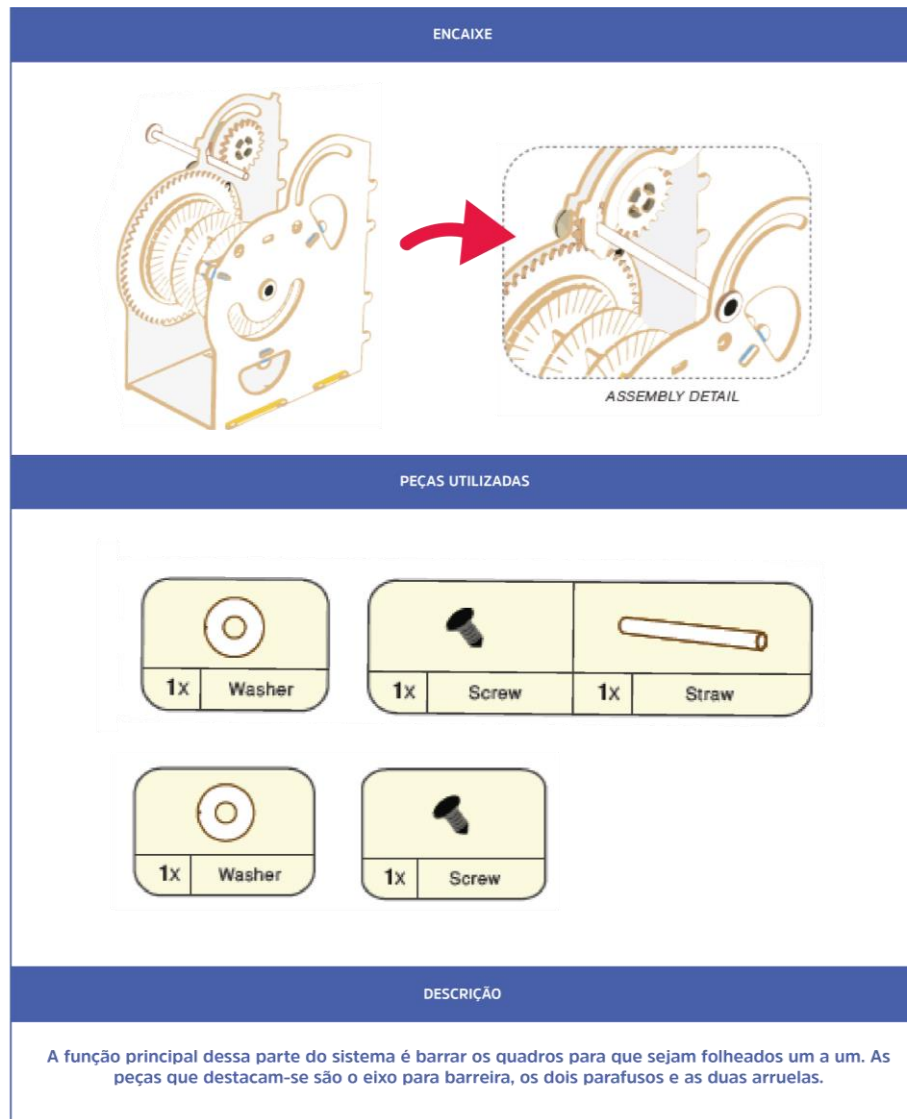
Fonte: Elaborada pela autora⁶⁸

Depois disso, foram elencadas as partes principais do sistema do brinquedo e elaborados os quadros das Figuras 77, 78 e 79, que apresentam imagens

⁶⁸ Foto disponível em: <https://www.dropbox.com/s/9lk3zcairybqifw/RetroScope%20new%20print-%2029%20%20June%202018.pdf?dl=0>. Acesso em: jun. 2019.

dessas partes, as principais peças utilizadas nelas e uma descrição sobre elas. As imagens de detalhamento foram retiradas do manual de instruções do brinquedo⁶⁹.

Figura 77 - Parte principal 1 do sistema do *Clickety Flix Retroscope*

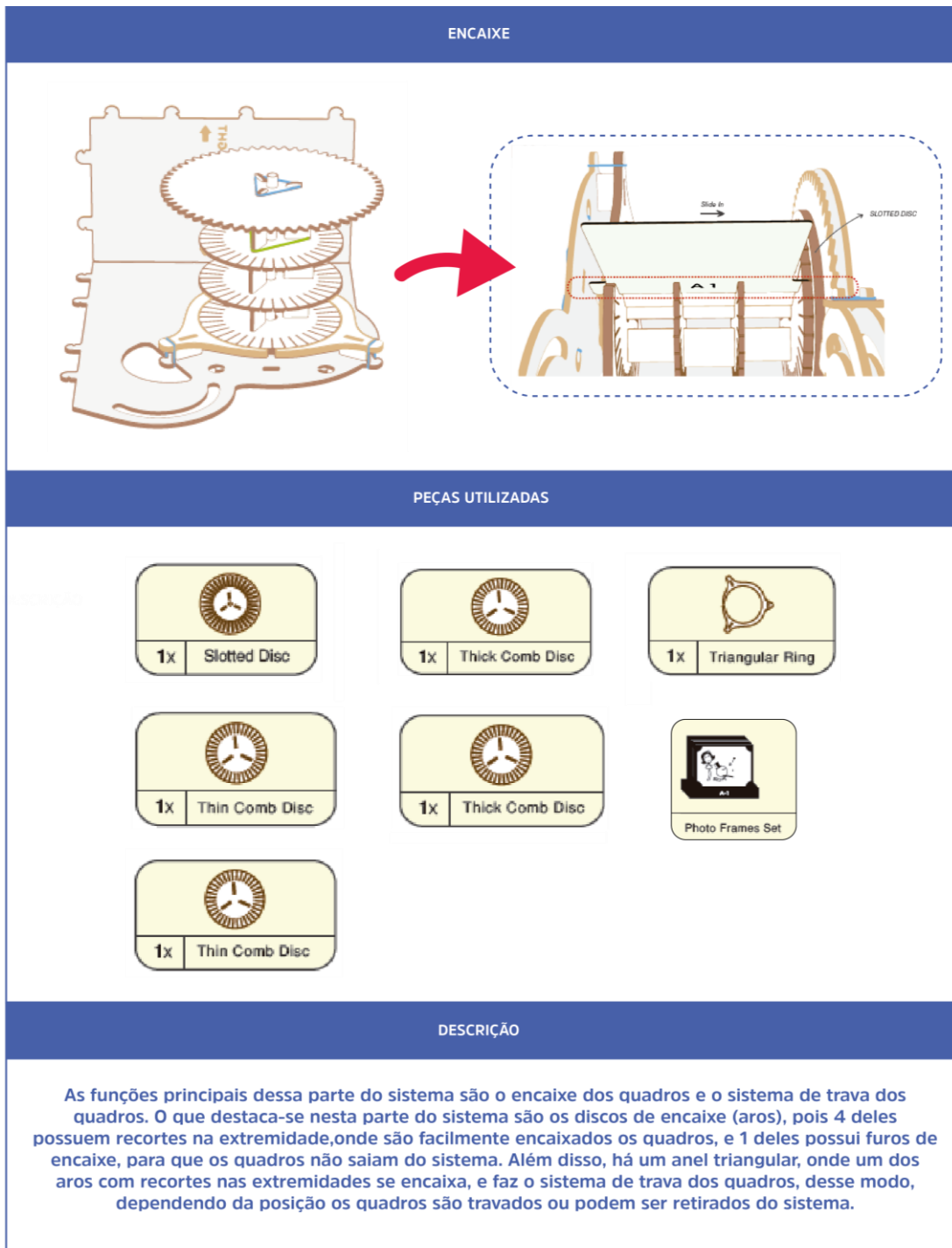


Fonte: Elaborada pela autora⁷⁰

⁶⁹ Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/9lk3zcairybqifw/Retroscope%20new%20print-%2029%20%20June%202018.pdf?dl=0>. Acesso em: jun. 2019.

⁷⁰ *Idem*

Figura 78 - Parte principal 2 do sistema do *Clickety Flix Retroscope*




Fonte: Elaborada pela autora⁷¹



⁷¹ Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/9lk3zcairybqifw/Retroscope%20new%20print-%2029%20%20June%202018.pdf?dl=0>. Acesso em: jun. 2019.


Figura 79 - Parte principal 3 do sistema do *Clickety Flix Retroscope*

ENCAIXE



PEÇAS UTILIZADAS

	
1x Handle Body	1x Handle Pipe


1x Screw

DESCRIÇÃO

A função principal dessa parte do sistema é a ação de fazer girar os quadros para gerar a animação. As peças que destacam-se são o corpo da manivela, o pegador da manivela e o parafuso de encaixe da manivela na caixa do sistema do brinquedo. A manivela é ligada a um sistema de engrenagens que faz que o sistema funcione.

Fonte: Elaborada pela autora⁷²

⁷² Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/9lk3zcairybqifw/Retroscope%20new%20print-%2029%20%20June%202018.pdf?dl=0>. Acesso em: jun. 2019.

A partir da Análise Estrutural do *Clickety Flix Retroscope*, foi possível apontar as seguintes vantagens e desvantagens:

- vantagens: o sistema de trava é bem eficiente; a montagem do brinquedo proporciona o estímulo da coordenação motora e da atenção e o aprendizado sobre animação e engenharia (pela montagem da estrutura); o fato de possuir todo um sistema de apoio, como o manual e a explicação dos fenômenos da animação, é de grande valor para o aprendizado da criança;
- desvantagens: pensamento de sistema e montagem complexos, demandando bastante tempo e atenção do usuário; contém muitas peças, muitas delas pequenas e frágeis (como as ligas de borracha, mesmo tendo peças extra); o sistema possui peças de vários materiais diferentes (ligas de borracha, gancho e manivela de plástico, peças de mdf, quadros de papel, etc); o sistema de encaixe e trava dos quadros é eficiente, mas faz a troca dos quadros demandar muitos processos delicados e ser demorada.

3.2.5 Nintendo Labo™ House

O Nintendo Labo™ é um sistema feito de papelão que pode ser acoplado ao sistema de jogos Nintendo Switch™, servindo de controle. Ele vem com formas que remetem ao jogo a ser utilizado, como mostra a Figura 80 (exemplo: para o jogo de música o controle, ele vem na forma de piano). Suas peças vêm planificadas e pré-cortadas, assim, o usuário pode montá-las de acordo com as instruções apresentadas no painel do Nintendo Switch™ (FIGURAS 81 e 82). Neste trabalho, será feita a análise do sistema de montagem do Nintendo Labo House, levando em consideração suas formas, dobras e encaixes.⁷³

⁷³ Disponível em:

<https://store.nintendo.com/ng3/us/po/browse/productDetailColorSizePicker.jsp?categoryNav=true&navAction=jump&navCount=0&atq.multisite.remap=false&productId=prod940652&categoryId=cat960195>.

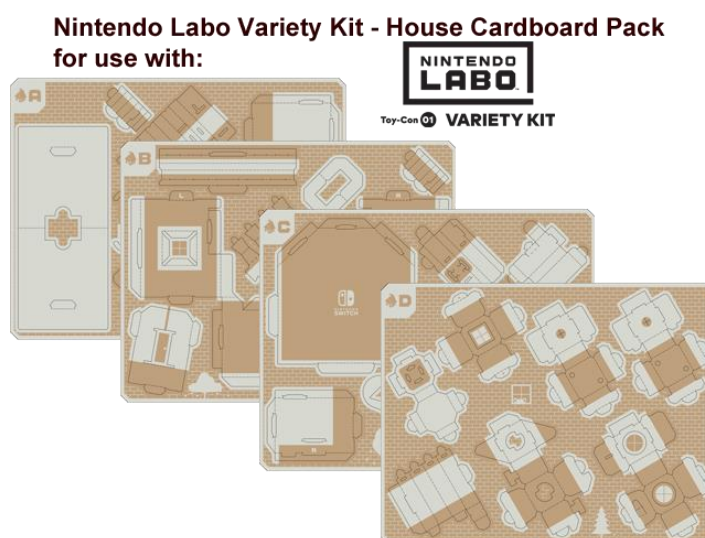
Acesso em: mai. 2019.

Figura 80 - Nintendo Labo™ House



Fonte: Nintendo Online Store⁷⁴

Figura 81 - Peças do Nintendo Labo™ House planificadas no papelão



Fonte: Nintendo Online Store⁷⁵

⁷⁴ Disponível em:

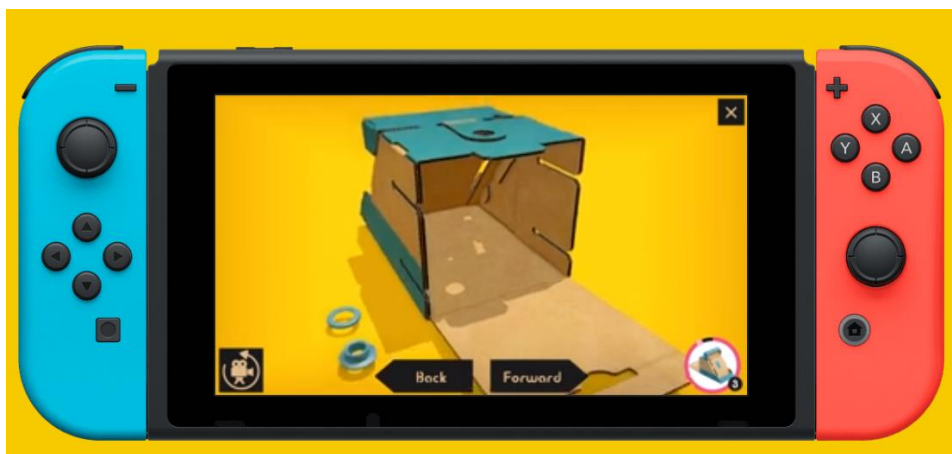
<https://store.nintendo.com/ng3/us/po/browse/productDetailColorSizePicker.jsp?categoryNav=true&navAction=jump&navCount=0&atg.multisite.remap=false&productId=prod940652&categoryId=cat960195>.

Acesso em: mai. 2019.

⁷⁵ Disponível em:

<https://store.nintendo.com/ng3/us/po/browse/productDetailColorSizePicker.jsp?categoryNav=true&navAction=jump&navCount=2&atg.multisite.remap=false&productId=prod940730&categoryId=cat960195>.

Acesso em: mai. 2019.

Figura 82 - Instruções do *Nintendo Labo™*

Fonte: Nintendo Labo™ for the Nintendo Switch™ home gaming system⁷⁶

Dentre os vários kits que o Nintendo Labo™ oferece, o Nintendo Labo House foi o escolhido para ser analisado por possuir peças, formas e funções similares às necessárias para produzir um retroscópio, como observado nas análises de similares dos retroscópios (FIGURA 83). Levando em conta as similaridades, foi feita a Análise Estrutural do sistema de manivela e eixo, tendo como foco as formas e a montagem dos encaixes, e da caixa em forma de casa, tendo como foco seus encaixes. Os resultados das análises serão descritos a seguir.

Figura 83 - Peças do *Nintendo Labo™* montadas

Fonte: IGN⁷⁷

⁷⁶ Disponível em: <https://labo.nintendo.com/what-is-nintendo-labo/>. Acesso em: mai. 2019.

⁷⁷ Disponível em: https://www.ign.com/wikis/nintendo-labo/Toy-Con_House. Acesso em: mai. 2019.

A primeira parte do sistema analisada foi a que contém a manivela e o eixo, pois é relativa ao subsistema Eixo Giratório do retroscópio (FIGURA 84). A partir da Análise Estrutural, observou-se que, no Nintendo Labo House, essa parte é composta por **sete** peças, demonstradas e analisadas na **Figura 85**.

Figura 84 - Parte do sistema do *Nintendo Labo*TM que contém a manivela e o eixo



Fonte: IGN⁷⁸

Figura 85 - Análise das peças do sistema que contém a manivela e o eixo

PEÇA	FORMA	DESCRIÇÃO
BASE DE APOIO		Serve de apoio para sistema eixo 'giratório', pois é a peça que é encaixada tanto no eixo como na caixa em forma de casa.
TRAVAS		Ajudam a travar as peças no eixo.
TAMPA DO EIXO		Peça com face hexagonal. Serve para travar o sistema do eixo, dando resistência, evitando que ele abra.
EIXO		Peça de 8 faces. Suas faces são dobradas formando um hexágono na base. As faces das duas extremidades tem tamanhos iguais e, quando o sistema é montado, dão fechamento e resistência a estrutura (demonstração no passo 4 da montagem). As 6 faces do meio tem larguras iguais e formam a carcaça do eixo. Possui cortes para o encaixe das travas.
CORPO DA MANIVELA		Parte da manivela que liga o eixo ao pegador da manivela. É a parte mais resistente da manivela. O furo redondo é para o encaixe do pegador da manivela e o em forma de trapézio para o encaixe do eixo.
PEGADOR DA MANIVELA		Parte da manivela onde o usuário segura para girar o sistema.

Fonte: Elaborada pela autora⁷⁹

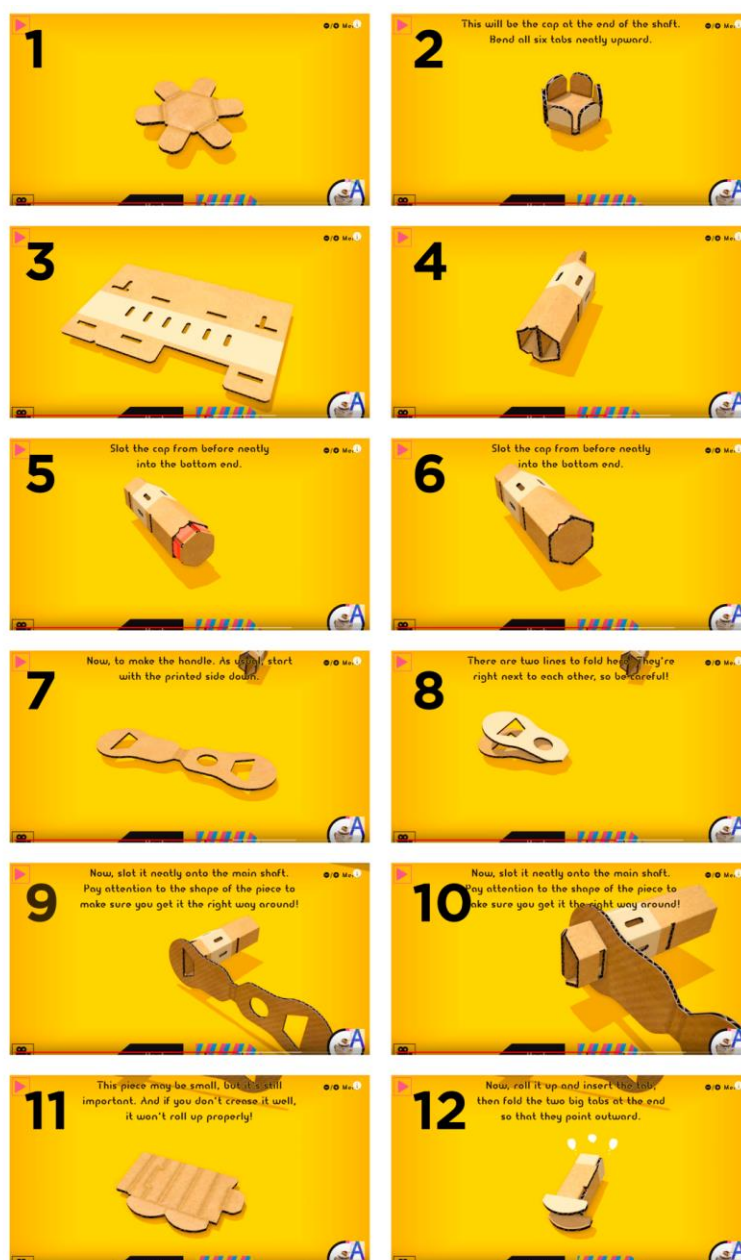
⁷⁸ Disponível em: https://www.ign.com/wikis/nintendo-labo/Toy-Con_House. Acesso em: mai. 2019.

⁷⁹ Disponível em:

<https://store.nintendo.com/ng3/us/po/browse/productDetailColorSizePicker.jsp?categoryNav=true&nav>

Para compor o sistema do eixo giratório, faz-se necessário dobrar e encaixar as peças da maneira correta. A seguir, nas Figuras 86, 87 e 88, está representado o passo a passo de montagem do sistema, segundo o vídeo de explicação do Nintendo Labo™.

Figura 86 - Parte 1 do passo a passo de montagem do sistema que contém a manivela e o eixo

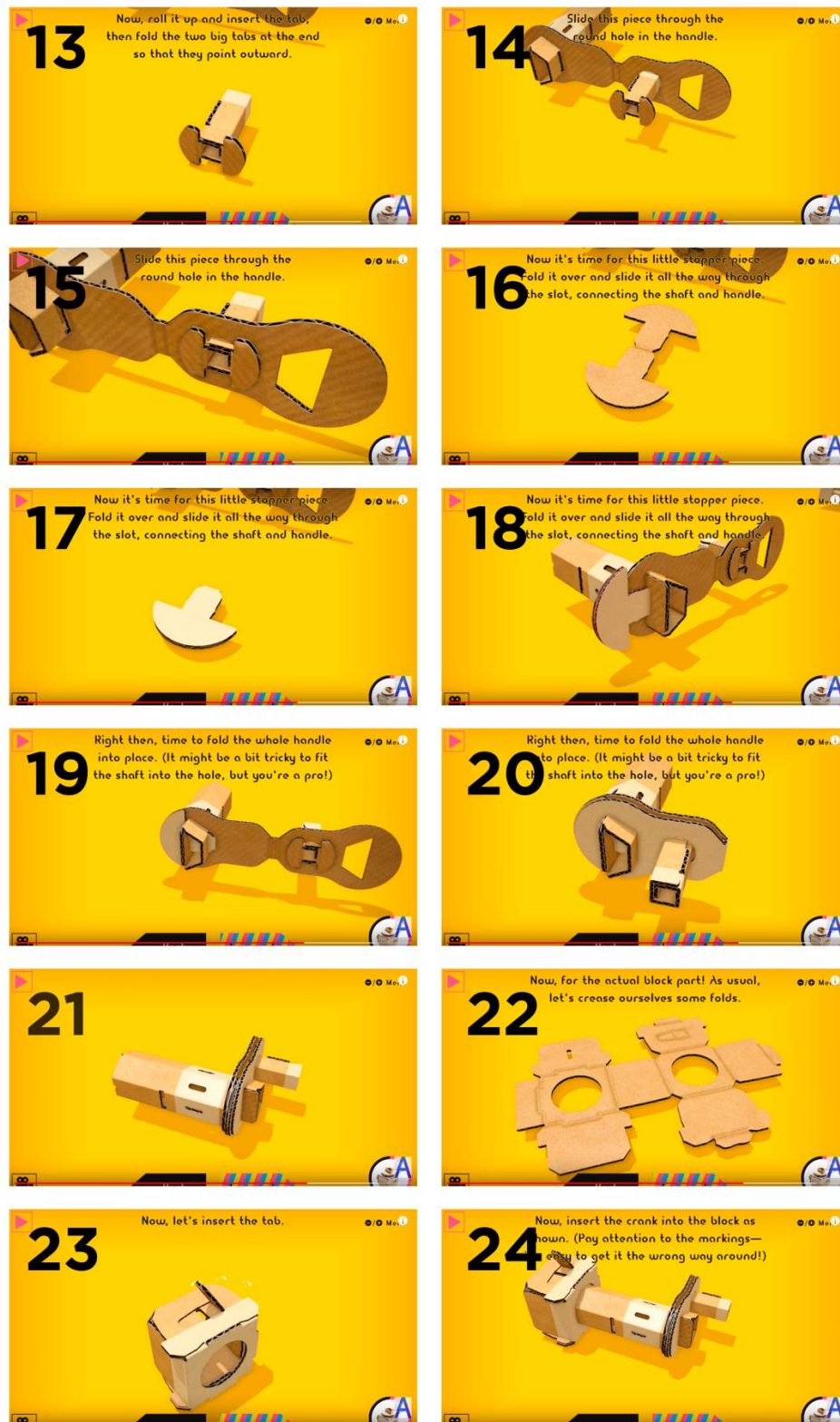


Fonte: Compilação da autora⁸⁰

[Action=jump&navCount=2&atq.multisite.remap=false&productId=prod940730&categoryId=cat960195.](https://www.nintendo.com/labos/products/20190501-01)
Acesso em: mai. 2019.

⁸⁰ Disponível em: https://www.ign.com/wikis/nintendo-labo/Toy-Con_House. Acesso em: mai. 2019.

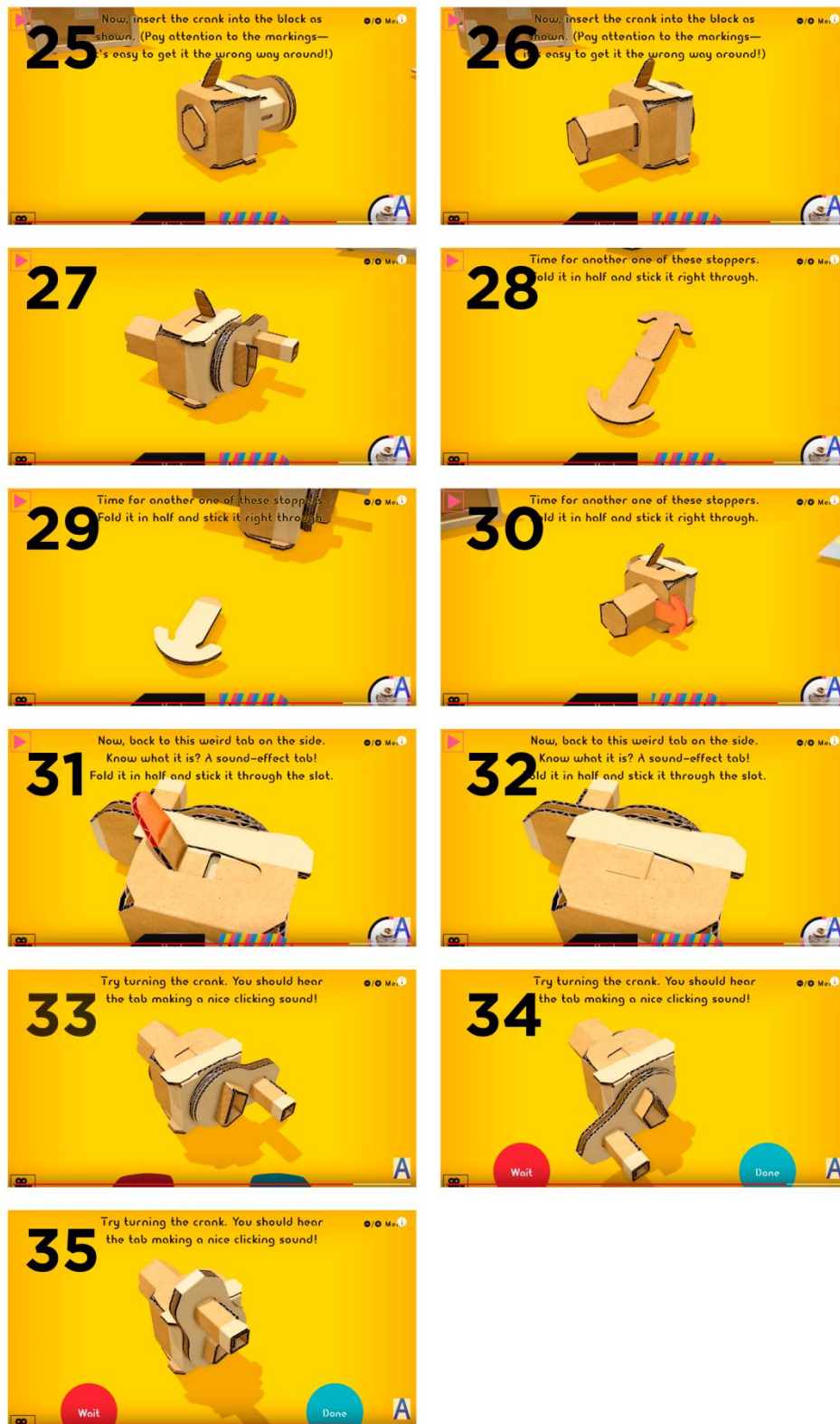
Figura 87 - Parte 2 do passo a passo de montagem do sistema que contém a manivela e o eixo



Fonte: Compilação da autora⁸¹

⁸¹ Disponível em: https://www.ign.com/wikis/nintendo-labo/Toy-Con_House. Acesso em: mai. 2019.

Figura 88 - Parte 3 do passo a passo de montagem do sistema que contém a manivela e o eixo



Fonte: Compilação da autora⁸²

⁸² Disponível em: https://www.ign.com/wikis/nintendo-labo/Toy-Con_House. Acesso em: mai. 2019.

Por meio das imagens, percebe-se que é um sistema complexo em termos de engenharia do mecanismo. Para testá-lo, a autora imprimiu as peças planejadas em papel couchê 60kg (o sistema original é feito de papelão) e constatou que, apesar da complexidade do mecanismo, a montagem é simples; os encaixes são bastante efetivos em termos de resistência, mesmo sendo aplicado em um material de menor gramatura e mais frágil; e as formas de cada peça são pensadas de acordo com a funcionalidade, sendo estruturalmente adequadas para as funções as quais se propõem (FIGURA 89).

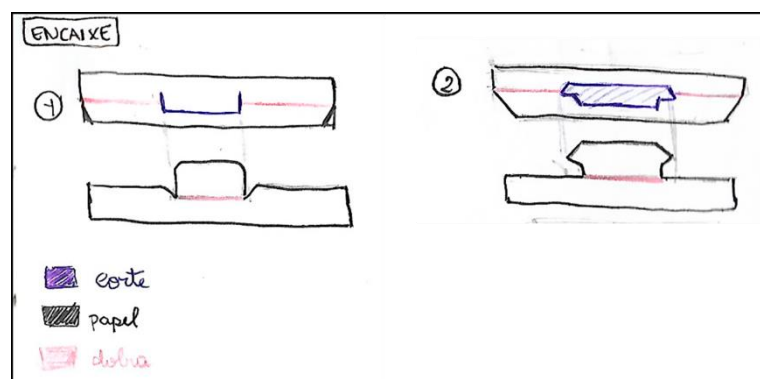
Figura 89 - Teste do sistema do *Nintendo Labo™* que contém a manivela e o eixo



Fonte: Elaborada pela autora

A segunda parte do sistema analisada foi a caixa em forma de casa, levando em consideração os desenhos dos seus encaixes e como eles refletiam na resistência da estrutura. Esta peça é referente ao subsistema Estrutura para Conter o Mecanismo do retroscópio. A partir da Análise Estrutural, observaram-se dois tipos de encaixes mais recorrentes (FIGURA 90).

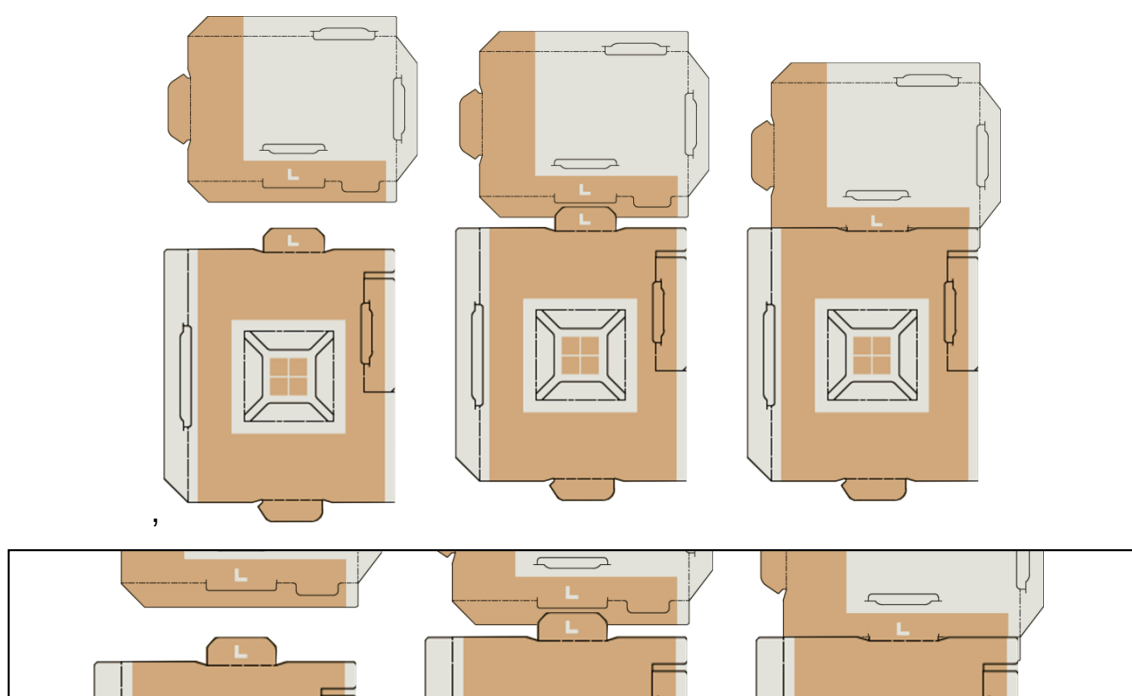
Figura 90 - Análise dos encaixes da caixa do *Nintendo Labo™*



Fonte: Elaborada pela autora

O primeiro tipo de encaixe é o mais comum, que apresenta apenas um corte para encaixe da aba. No caso, já que se trata de um material com uma espessura considerável como o papelão, o corte tem uma adaptação, tendo a forma similar a letra “U”, para que ele tenha espaço suficiente para encaixar. A Figura 91 demonstra como o encaixe funciona em uma das peças do Nintendo Labo™.

Figura 91 - Representação do encaixe 1 do Nintendo Labo™



Fonte: Compilação da autora⁸³

O segundo tipo de encaixe é mais rebuscado que o primeiro, pois apresenta um corte mais elaborado, como é esquematizado na Figura 92. O furo de encaixe e a aba apresentam três larguras diferentes em sua forma, apresentados no esquema como A-A, B-B e C-C, pois, dessa forma, a aba consegue entrar no furo pela largura A-A que é mais apertada, encaixar-se pela B-B e fixar-se pela C-C, o que faz ela travar no sistema. No caso, já que se trata de um material com uma espessura considerável como o papelão, o corte apresenta um grande espaçamento, para que a aba de

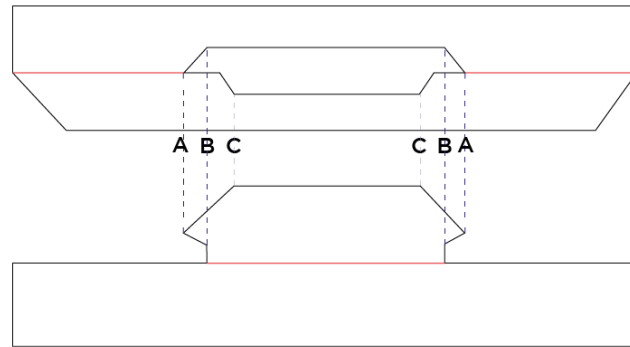
⁸³ Disponível em:

<https://store.nintendo.com/ng3/us/po/browse/productDetailColorSizePicker.jsp?categoryNav=true&navAction=jump&navCount=2&atq.multisite.remap=false&productId=prod940730&categoryId=cat960195>.

Acesso em: mai. 2019.

papelão caiba no encaixe. As Figuras 93 e 94 demonstram como o encaixe funciona nas peças do Nintendo Labo™.

Figura 92 – Desenho do encaixe 2 das peças do Nintendo Labo™



LEGENDA

	corte
	dobra
	correspondência de tamanho

Fonte: Elaborada pela autora

Figura 93 - Representação do encaixe 2 do Nintendo Labo™



Fonte: Compilação da autora⁸⁴

⁸⁴ Disponível em:

<https://store.nintendo.com/ng3/us/po/browse/productDetailColorSizePicker.jsp?categoryNav=true&navAction=jump&navCount=2&atq.multisite.remap=false&productId=prod940730&categoryId=cat960195>. Acesso em: mai. 2019.

Figura 94 – Demonstração do encaixe 2 das peças do Nintendo Labo™



Fonte: Compilação da autora⁸⁵

Para testar os dois tipos de encaixe, a autora imprimiu as peças planificadas em papel couchê 60kg (o sistema original é feito de papelão) e constatou que os encaixes ficam um pouco frouxos, pois foram aplicados em material diferente do utilizado no produto original, porém, ainda sim, são efetivos em termos de fixação, dando certa resistência à estrutura (FIGURA 95). Porém, vale ressaltar que, para a aplicação em materiais diferentes, seria mais correto o ajuste dos tamanhos dos cortes de acordo com a espessura do material escolhido.

Figura 95 - Teste dos encaixes da caixa em forma de casa do *Nintendo Labo™*

House



Fonte: Elaborada pela autora

⁸⁵ Disponível em: https://www.ign.com/wikis/nintendo-labo/Toy-Con_House. Acesso em: mai. 2019.

A partir da Análise Estrutural do **Nintendo Labo™ House**, foi possível apontar as seguintes vantagens e desvantagens:

- vantagens: sistema bastante resistente, com soluções de engenharia de papel complexas em termos de pensamento do mecanismo, porém simples de aplicar; peças com formas simples;
- desvantagens: o sistema “eixo giratório” possui algumas peças de necessidade específica do sistema, que, se fossem aplicadas à outra utilização, não seriam necessárias; por possuir muitas peças, a montagem é demorada.

4 DIRETRIZES PROJETUAIS

A partir da pesquisa bibliográfica e da Análise de Similares, foram gerados os **Requisitos Projetuais** a seguir, que servirão de diretrizes para as próximas fases do projeto indicadas por Löbach (2001). O artefato a ser desenvolvido deverá:

- constituir um brinquedo óptico para reproduzir animações quadro a quadro, com sistema baseado no Retroscópio;
- proporcionar uma experiência de compreensão dos fenômenos intrínsecos à animação quadro a quadro e das suas técnicas;
- ser destinado a usuários com idade a partir de 11 anos, seguindo os estudos de Piaget (1999) sobre o desenvolvimento psíquico humano;
- levar em consideração o fator segurança, em razão, principalmente, da indicação etária;
- ter como material de produção o papel (pelos motivos já explicados na seção **3.1.5 Considerações da análise de brinquedos ópticos em geral**);
- ter estrutura resistente, considerando que o material utilizado será o papel;
- ter tamanho na “escala da mão”;
- ser um brinquedo “faça você mesmo”, para estimular o entendimento do fenômeno da animação e das técnicas a partir do fazer, respondendo ao Objetivo Geral do presente trabalho;
- ter o mínimo de peças possível, para simplificar a montagem;
- ser de fácil troca de quadros de imagens, sem precisar mexer na estrutura e, por isso, utilizar-se dos envelopes, como considerado na seção **3.1.1.1 Experiência com Zootrópio na Bolsa Arte**.

5 GERAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

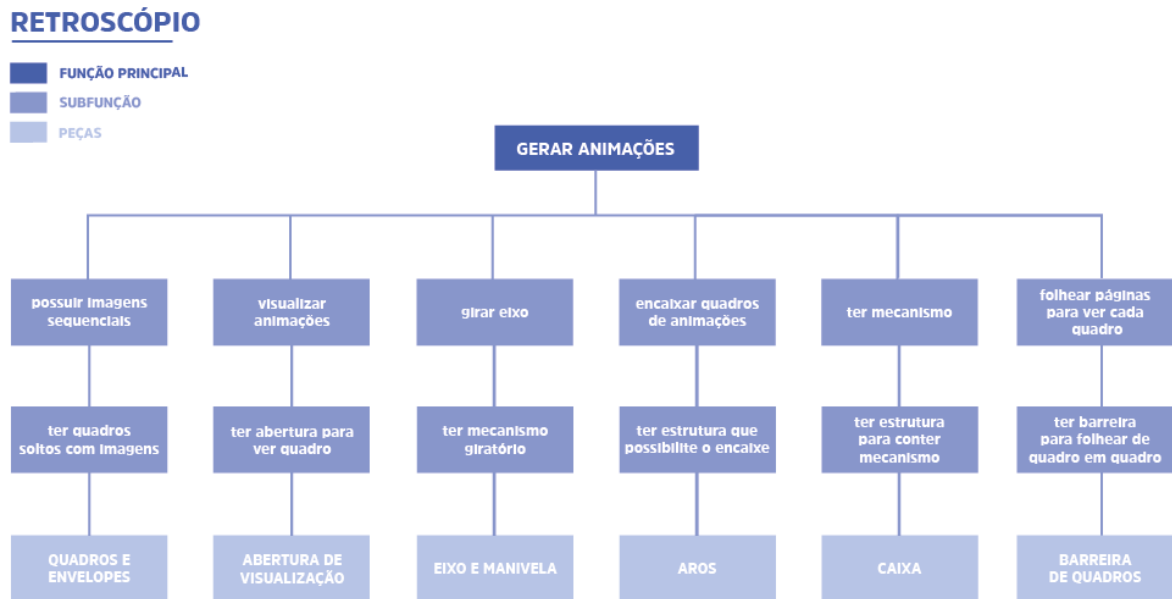
As fases de **Geração de Alternativas** e **Avaliação das Alternativas** representam, respectivamente, as fases 2 e 3 da metodologia de projeto para design de produto industrial proposta por Löbach (2001). No presente trabalho, elas serão descritas no mesmo capítulo, pois, como já citado na seção 1.2 Metodologia, o desenvolvimento do projeto de produto de Lobach é um processo de avanços e retrocessos, assim, algumas etapas podem se cruzar. É importante salientar que ambas as etapas seguirão os **Requisitos Projetuais** presentes no capítulo 4.

Como o retroscópio trata-se de um sistema complexo, as alternativas são geradas e decisões sobre detalhes de cada peça são tomadas, sendo revistas a cada novo teste de acordo com a resposta de funcionamento do sistema, já que as peças dependem entre si e interferem umas nas outras. Dessa maneira, as duas fases citadas acontecem várias vezes durante o processo.

É importante salientar que, neste sistema, cada peça é importante para o funcionamento do todo, assim, o tamanho de uma peça influencia no tamanho de outra, influenciando, enfim, no tamanho do sistema como um todo. Assim, cada peça deve ser pensada para que, no final, o sistema tenha medidas na “**escala da mão**”, como é exigido nos **Requisitos Projetuais**.

Para a criação de um brinquedo óptico baseado no retroscópio, foram consideradas as funções e as subfunções observadas em **Análises de Similares** e as peças básicas correspondentes a eles. Também foram consideradas as exigências dos **Requisitos Projetuais**. A partir disso, foram elencados os elementos da Figura 96.

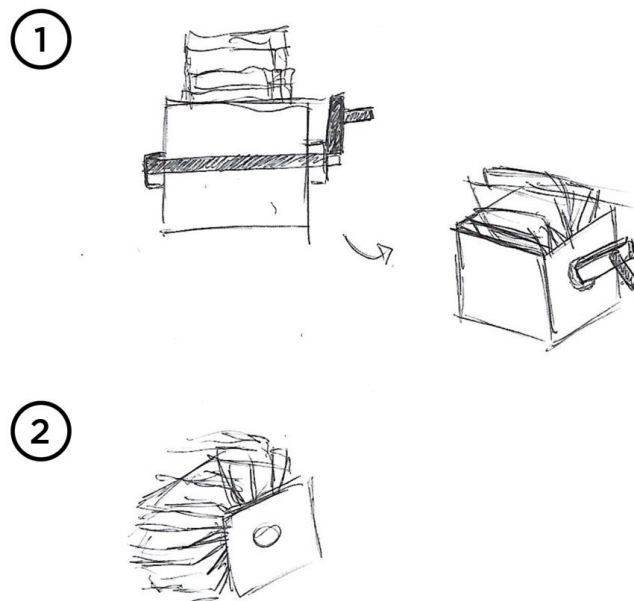
Figura 96 - Quadro de funções, subfunções e peças correspondentes do Retroscópio



Fonte: Elaborada pela autora

A partir desses elementos básicos, foram esboçadas formas gerais da caixa que estrutura o brinquedo projetado (FIGURA 97), levando em consideração como ele geralmente é disposto e que o sistema deve ter o menor número de peças possível.

Figura 97 - Esboços de formas gerais da caixa



Fonte: Elaborada pela autora

Observando as alternativas esboçadas da forma geral da caixa, avaliou-se que:

- alternativa 1: quadros dentro da caixa dão mais estabilidade à estrutura e, conseqüentemente, mais resistência;
- alternativa 2: caixa que deixa parte dos quadros para fora torna-se mais fácil de cair pelo peso dos envelopes e mais fácil de amassar por ter mecanismo exposto, deixando a estrutura menos resistente.

A partir das observações, a alternativa escolhida foi a Alternativa 1, por suas vantagens.

A partir da escolha da forma geral da caixa do brinquedo, deu-se início ao desenvolvimento das peças pertencentes ao sistema. Para o planejamento do desenho técnico das peças, foi utilizado o software Rhinoceros 3D, e, para a fabricação das peças, foram utilizados os processos de corte manual, corte com a máquina *Silhouette* e corte com a máquina de corte a laser, que serão detalhados a seguir:

- corte manual: é o corte das peças com tesoura ou estilete, utilizando-se de ferramentas de auxílio, como lápis para marcação de medidas, esquadros e régua de metal para medição e corte (FIGURA 98);

Figura 98 - Ferramentas para corte manual



Fonte: Elaborada pela autora

- corte com *Silhouette*: é referente ao corte com a máquina *Silhouette* (máquina de cortar papéis, entre outros materiais), a partir de desenhos vetoriais gerados no software próprio do sistema, chamado *Silhouette Studio*. Ela possui uma lâmina pequena para corte que é ajustada manualmente ou pelo software de acordo com a gramatura do material e o tipo de corte.⁸⁶ As proporções da máquina são similares a de uma impressora de tinta, tendo área de corte de até 30x30cm. Neste trabalho, foram utilizados dois modelos da *Silhouette* por questões de disponibilidade: a *Cameo* e a *Curio* (FIGURAS 99 e 100);

Figura 99 – Máquina *Silhouette Cameo*



Fonte: Compilação da autora⁸⁷

Figura 100 – Máquina *Silhouette Curio*



Fonte: Compilação da autora⁸⁸

⁸⁶ Disponível em: <http://www.silhouettebrasil.com.br/linhas-silhouette-cameo-e-portrait/>. Acesso em: jun. 2019.

⁸⁷ Disponível em: <https://loja.silhouettebrasil.com.br/equipamento-para-recorte-de-papeis-silhouette-cameo-3-p1676/>. Acesso em: jun. 2019.

⁸⁸ Disponível em: <https://loja.silhouettebrasil.com.br/equipamento-para-recorte-de-papeis-silhouette-curio-p573/>. Acesso em: jun. 2019.

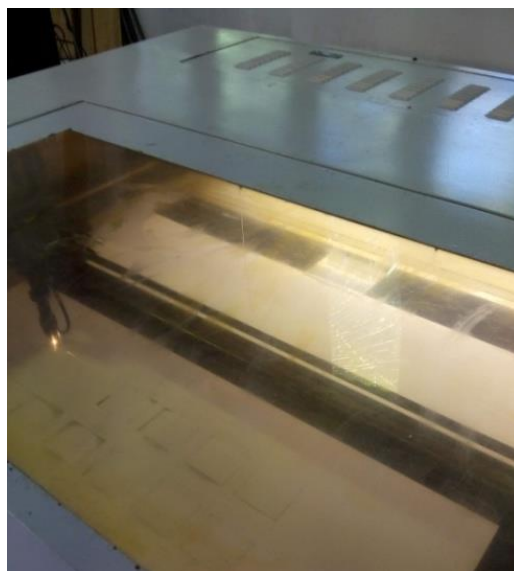
- corte a laser: referente ao corte feito por máquina que possui um feixe de luz guiado por comando numérico gerado no computador (FIGURA 101 e 102). O feixe é forte e derrete o material, podendo ser gerado o corte ou a marcação superficial deste, a depender do comando dado (possui uma taxa pequena de distorção da proporção)⁸⁹.

Figura 101 – Máquina de corte a laser



Fonte: Automatisa⁹⁰

Figura 102 – Máquina de corte a laser em funcionamento



Fonte: Elaborada pela autora

⁸⁹ Disponível em: <https://graficaprints.com.br/blog/a-versatilidade-do-corte-a-laser-e-as-suas-vantagens/>. Acesso em: jun. 2019.

⁹⁰ Disponível em: <http://www.automatisa.com.br/maquinas/corte-a-laser-dua.html><http://www.automatisa.com.br/maquinas/corte-a-laser-dua.html>. Acesso em: jun. 2019.

A partir do desenho técnico e dos processos de corte explanados acima, foram geradas alternativas de cada peça pertencente ao sistema do brinquedo e, em seguida, estas foram avaliadas utilizando-se dos **Requisitos Projetuais**, como será mostrado a seguir.

5.1 Envelopes

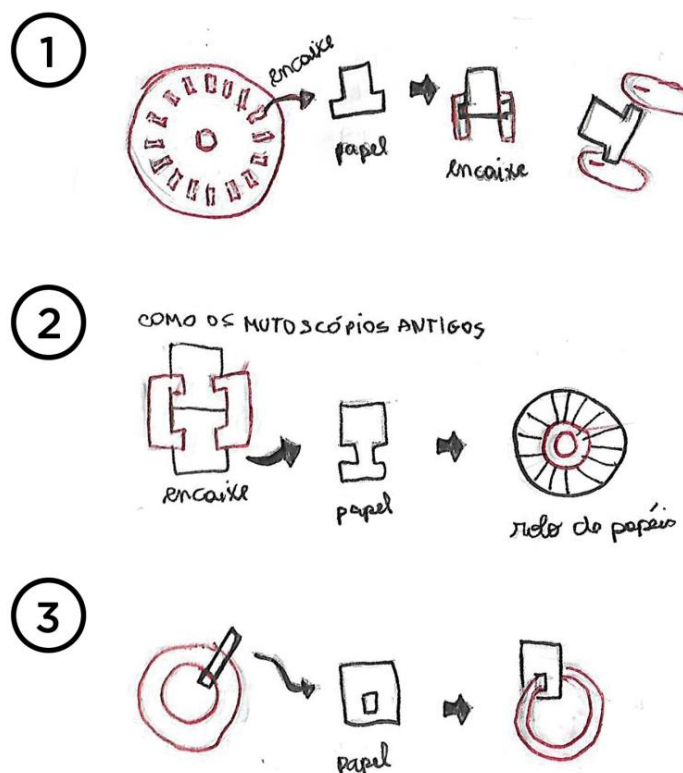
A primeira peça a ser desenvolvida foi o envelope, pois seu tamanho e forma influenciam no tamanho de todas as peças, já que esta é a peça principal do sistema, por conter os quadros de animação. Desta maneira, seu tamanho deveria ser definido para que, em conjunto com os outros elementos, o brinquedo correspondesse ao requisito projetual de ter tamanho na “escala da mão”. Junto ao detalhamento do envelope, veio a escolha do tamanho dos quadros.

É importante ressaltar que o envelope aqui desenvolvido leva em consideração o conceito de guardar, porém ele possuiu suas duas faces vazadas para que, ao inserir o quadro de animação, esse possa ser visualizado pelo usuário.

Ao decorrer do desenvolvimento, percebeu-se que o tamanho do quadro deve ser um pouco menor que o tamanho do envelope para que o quadro consiga deslizar tranquilamente para ser encaixado no envelope. Outro detalhe importante é que o tamanho do quadro não é correspondente a área visível deste, pois o envelope conta com uma espécie de moldura para acolhê-lo, assim, ela diminui a área de visualização do quadro.

Para começar o desenvolvimento, foi pensado em como seria o encaixe dos envelopes no aro (FIGURA 103).

Figura 103 – Tipos de encaixe dos envelopes no aro



Fonte: Elaborada pela autora

A alternativa 1 representa o encaixe dos envelopes em furos presentes nos dois aros a partir de abas laterais; a alternativa 2 representa o encaixe dos recortes nos envelopes em dois aros laterais; a alternativa 3 representa o encaixe dos envelopes em um aro a partir de um furo no meio do envelope.

Avaliando as alternativas, a opção 1 mostrou-se como a mais viável, pois não necessitava de nenhum recorte na parte de dentro dos envelopes, apenas abas laterais, e apresentava mais estabilidade em relação a fixação dos envelopes nos aros. Dessa maneira, ela foi a escolhida para ser utilizada no projeto final.

5.1.1 Tamanho da área visível dos quadros de animação

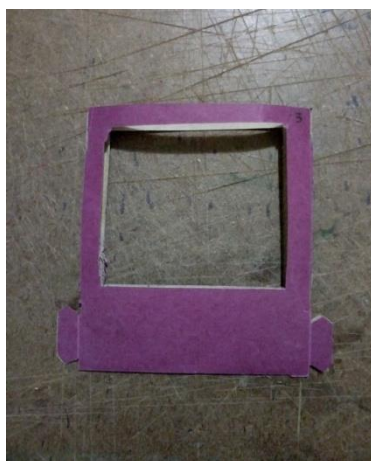
Foram geradas e testadas as alternativas de tamanhos da área visível dos quadros de animação com medidas 3,75x5,85cm (FIGURA 104), 6x6cm (FIGURA 105), 7x6cm (FIGURA 106), 8x8cm (FIGURA 107) e 6x7cm (FIGURA 108).

Figura 104 - 3,75x5,85cm: área visível dos quadros de animação



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 105 - 7x6cm: área visível dos quadros de animação



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 106 - 6x6cm: área visível dos quadros de animação



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 107 - 8x8cm: área visível dos quadros de animação



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 108 - 6x7cm: área visível dos quadros de animação



Fonte: Elaborada pela autora

Para a avaliação dessas alternativas, foram utilizados os critérios a seguir:

- Exploração do potencial de criação do movimento e de experimentação com ferramentas diversas;
- Manter o brinquedo na “escala da mão”.

As duas primeiras áreas (3,75x5,85cm e 6x6cm) foram consideradas muito pequenas, levando em conta o primeiro critério. As três últimas medidas (7x6cm, 8x8cm e 6x7cm) foram consideradas boas em relação ao critério anteriormente citado,

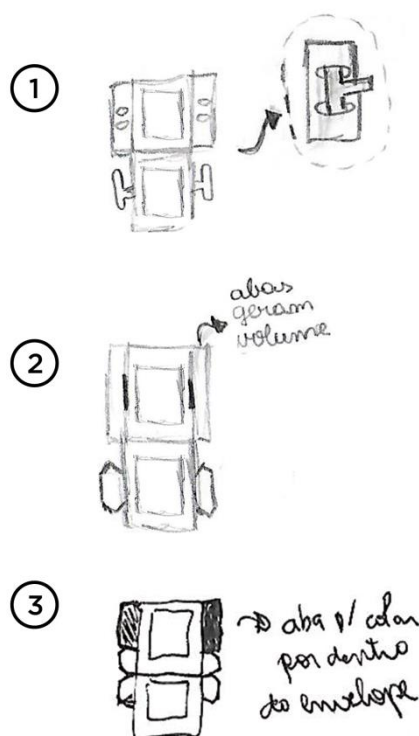
porém, as áreas de medidas 7x6cm e 8x8cm fariam o brinquedo ter medidas gerais muito grandes, tirando-o da categoria “escala da mão”.

A partir dessa avaliação, apenas a área de medidas 6x7cm atendia aos dois critérios, sendo ela a escolhida para o projeto final.

5.1.2 Tipo de acabamento para produção dos envelopes

Foram geradas três alternativas de acabamento para a produção dos envelopes, representadas na Figura 109.

Figura 109 - Tipos de acabamento dos envelopes



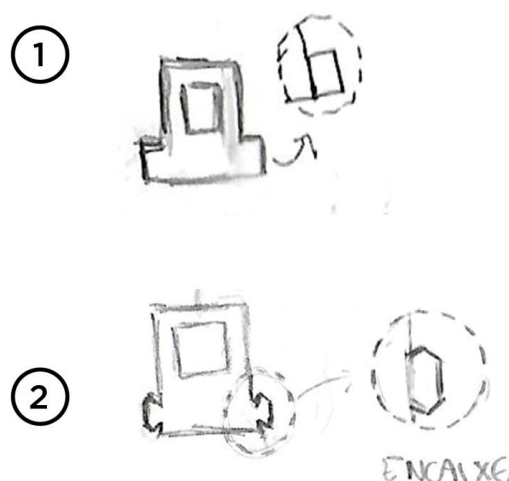
Fonte: Elaborada pela autora

Analisando os desenhos de cada tipo de acabamento, percebeu-se que as duas primeiras opções, por serem soluções de encaixe, tanto deixariam a estrutura um pouco solta e instável, quanto atrapalhariam a entrada do quadro de animação no envelope, pois as abas de encaixe ficariam soltas na parte interna; já a alternativa 3 mostrou-se a melhor opção, pois o acabamento colado não prejudica a entrada do quadro no envelope e dá estabilidade a estrutura da peça, o que representa maior durabilidade. Por isso, a alternativa escolhida para o projeto foi a 3.

5.1.3 Tipo de aba de encaixe dos envelopes

Foram geradas duas alternativas de tipo de aba de encaixe dos envelopes, que serão demonstradas na Figura 110.

Figura 110 - Tipos de aba de encaixe dos envelopes



Fonte: Elaborada pela autora

A alternativa 1 apresenta as abas com forma retangular, já a alternativa 2 apresenta abas com forma de trapézio. Comparando a usabilidade das duas opções, a alternativa dois mostra-se mais eficiente, pois faz o encaixe no furo do aro ser fácil e mais fixo, uma vez que tem sua ponta menos larga, o que facilita a entrada da aba no furo, e tem seu final mais largo, o que faz o envelope ficar fixo no furo. A partir dessa avaliação, foi escolhida a alternativa 2 para a utilização nos envelopes do brinquedo produzido neste trabalho.

5.1.4 Material utilizado para produzir os envelopes

Os envelopes foram testados em dois tipos de material. O primeiro sendo o papel duplex 300g/m² e o segundo sendo o papel triplex 250g/m²:

- teste feito em papel duplex 300g/m²: muito grosso, apresentando resistência na hora de fazer as dobras, o que dificultava a eficiência dos

quadros, pois fazia muito volume; possui uma face branca e outra cor de papelão, o que dificultava o acabamento;

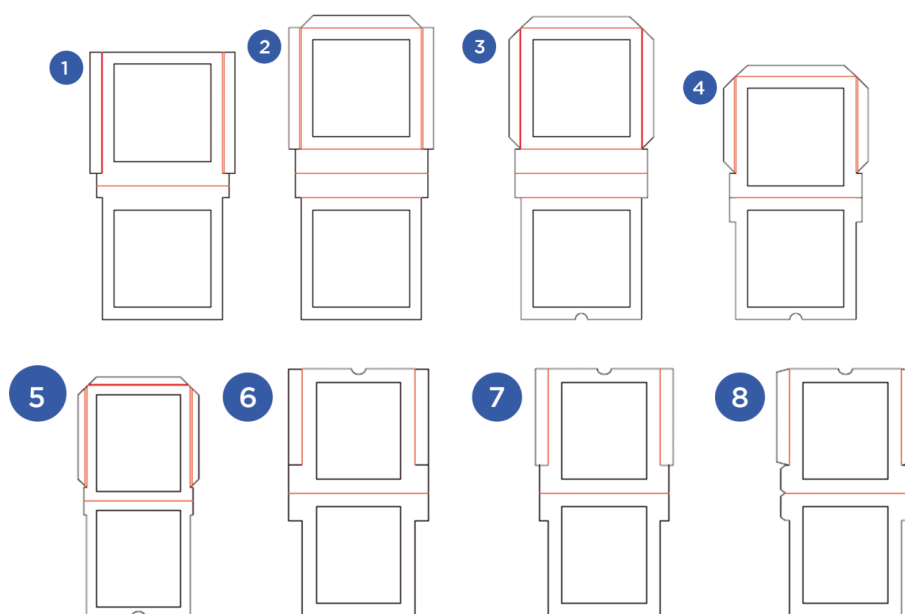
- teste em papel triplex 250g/m²: papel ideal para o projeto, pois possui as duas faces brancas, o que facilita o acabamento das peças; não apresenta muita resistência para a dobra, o que faz ele não criar tanto volume e ser leve.

A partir da avaliação das alternativas, foi escolhido o papel triplex 250g/m² como material para a produção dos envelopes.

5.1.5 Outros detalhes

A partir dos detalhes anteriormente citados, foram geradas outras alternativas considerando outros detalhamentos, como as formas de inserir, retirar e guardar os quadros; modos de visualização dos quadros; medidas da moldura do envelope levando em consideração a resistência destes pelo atrito que sofrerão com a barreira de quadros; entre outros. Essas alternativas serão consideradas a seguir, na contagem das peças pertencentes aos cinco sistemas testados para a geração da estrutura final do brinquedo (FIGURA 111).

Figura 111 - Alternativas de envelopes



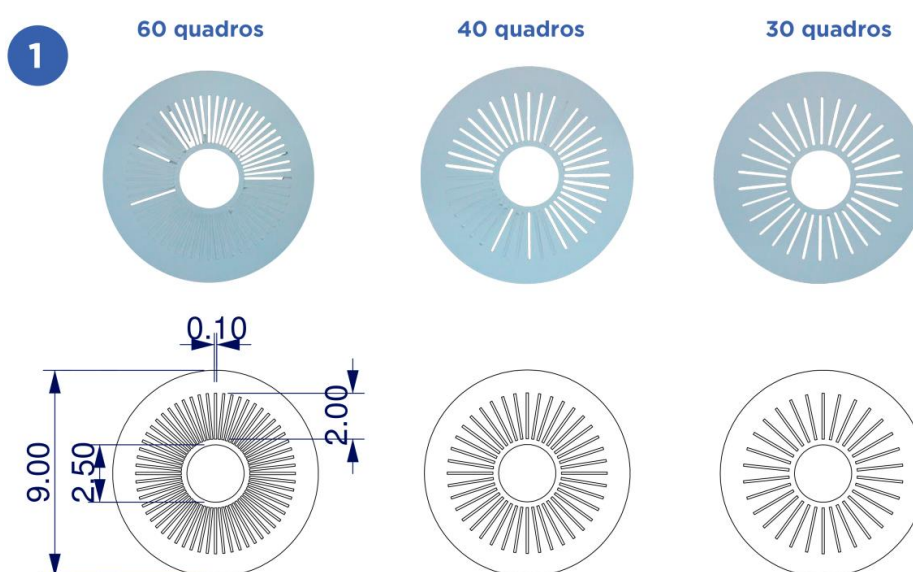
Fonte: Elaborada pela autora

5.2 Aros

O desenvolvimento dessa peça, assim como do envelope, refletia diretamente no tamanho total do brinquedo projetado, pois, a depender das medidas adotadas para a circunferência externa dela e para a circunferência em que os furos de encaixe dos quadros se dispunham, o brinquedo poderia ter proporções maiores ou menores. Deste modo, considerando o tamanho médio do envelope em desenvolvimento, além de outros detalhes (tamanho das abas do envelope, distância entre envelopes, etc), geraram-se alternativas de aros.

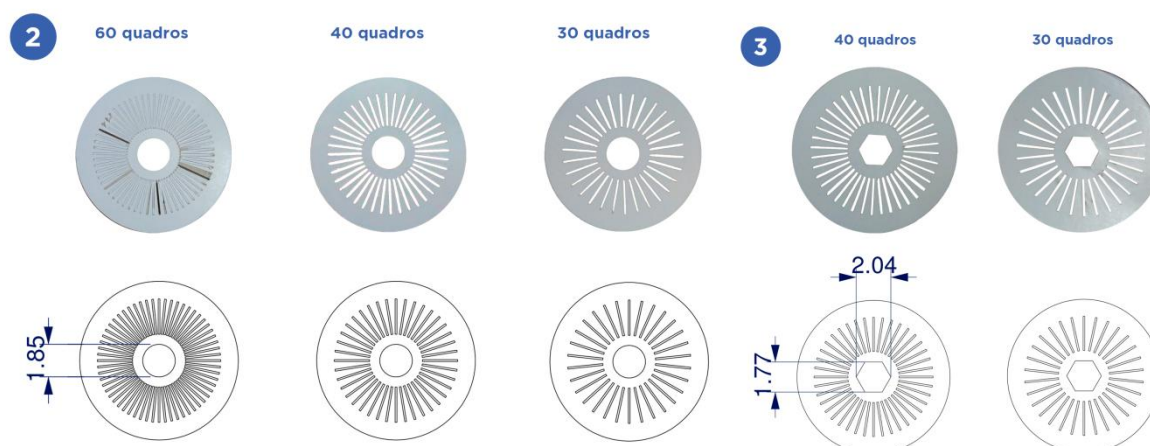
As alternativas 1 e 2 (FIGURAS 112 e 113, respectivamente) foram necessárias, principalmente, para o teste de material. A 1 utilizou papel triplex 250g/m² e a 2, papel duplex 400g/m². Esses dois tipos de material foram escolhidos, pois, analisando os tipos de papéis disponíveis no mercado, eles são os que possuem maior gramatura disponível. Analisando os materiais aplicados ao aro, o papel triplex 250g/m² mostrou-se pouco resistente, considerando que essa peça serve para sustentar os envelopes; já o papel duplex 400g/m² mostrou-se bem mais resistente. Por esse motivo, o material escolhido para a produção dos aros foi o papel duplex 400g/m².

Figura 112 - Alternativa 1 de aro



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 113 - Alternativas 2 e 3 de aro



Fonte: Elaborado pela autora

Como um dos requisitos do projeto é o baixo custo, a partir da escolha do material dos aros, definiu-se que esse seria o material utilizado para todas as outras peças do sistema, exceto os quadros, já que essas também necessitam de resistência, o que faria o aproveitamento de material ser maior, tendo impacto positivo no custo geral do produto.

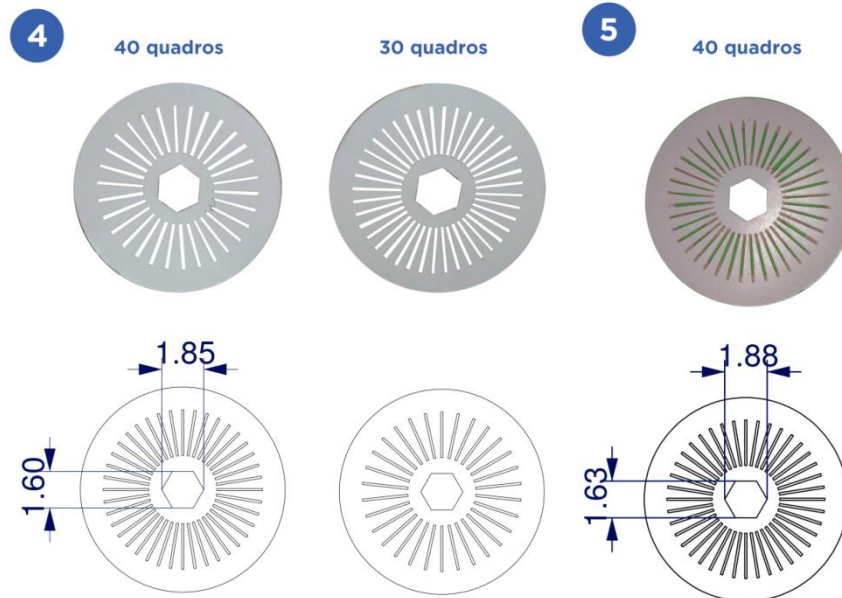
Todas as alternativas de aros geradas foram essenciais para o detalhamento da peça. Uma característica essencial dos aros testada foi a quantidade de quadros que estes suportariam. Como trata-se de uma circunferência e os furos de encaixe dos envelopes estarão também em disposição circular, calculou-se qual seria o ângulo de distância entre o centro de dois furos de encaixe, considerando 60, 40, 36 e 30 quadros, como será mostrado a seguir:

- 60 quadros de animação: 6°;
- 40 quadros de animação: 9°;
- 36 quadros de animação: 10°;
- 30 quadros de animação: 12°.

A partir dessas angulações, foram testados vários detalhamentos da peça, como o tamanho do furo de encaixe do eixo, as medidas dos furos de encaixe dos

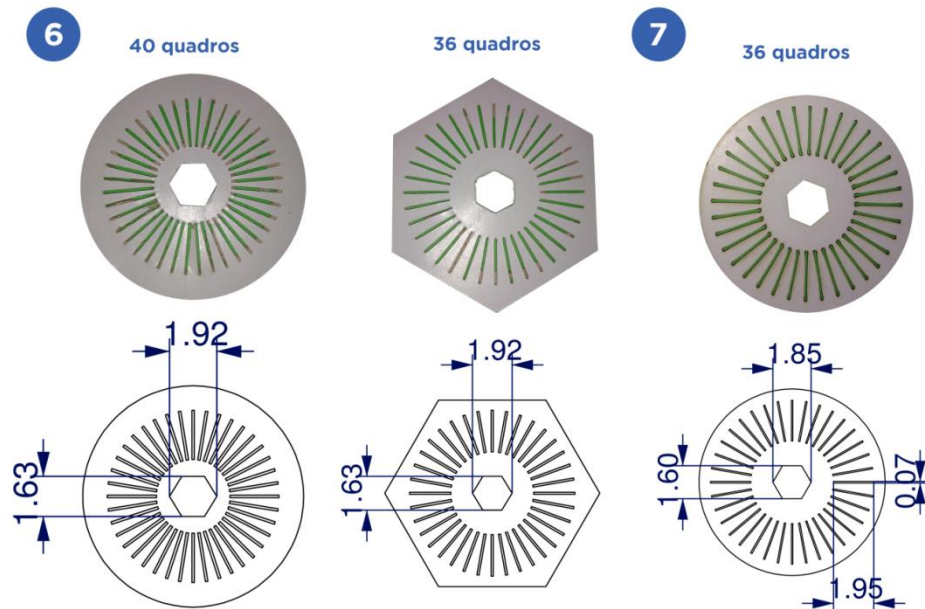
envelopes, área de apoio necessário entre o envelope e os aros, entre outros, que serão ilustrados nas Figuras 114 e 115.

Figura 114 - Alternativas 4 e 5 de aro



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 115 - Alternativas 6 e 7 de aro



Fonte: Elaborado pela autora

Todas as alternativas enumeradas nessa seção serão consideradas a seguir na contagem das peças pertencentes aos cinco sistemas testados para a geração da estrutura final do brinquedo.

5.3 Eixo

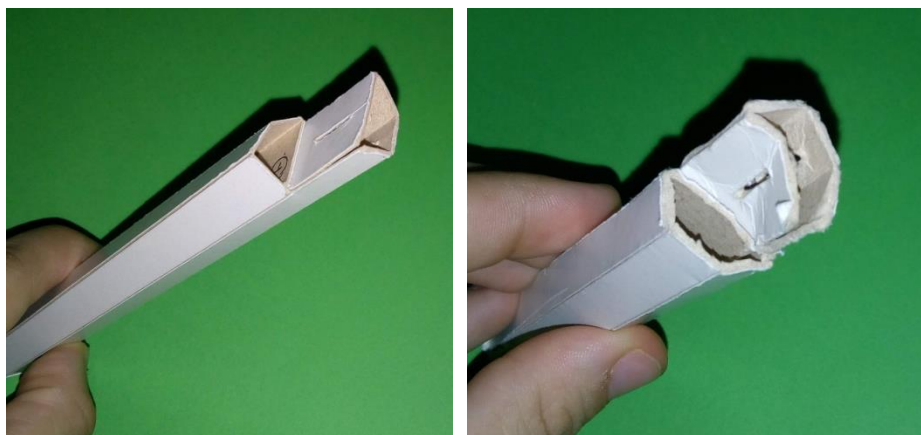
Foram geradas três opções de eixos representadas a seguir nas Figuras 116, 117 e 118.

Figura 116 - Tipo 1 de formato de eixo



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 117 - Tipo 2 de formato de eixo



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 118 - Tipo 3 de formato de eixo

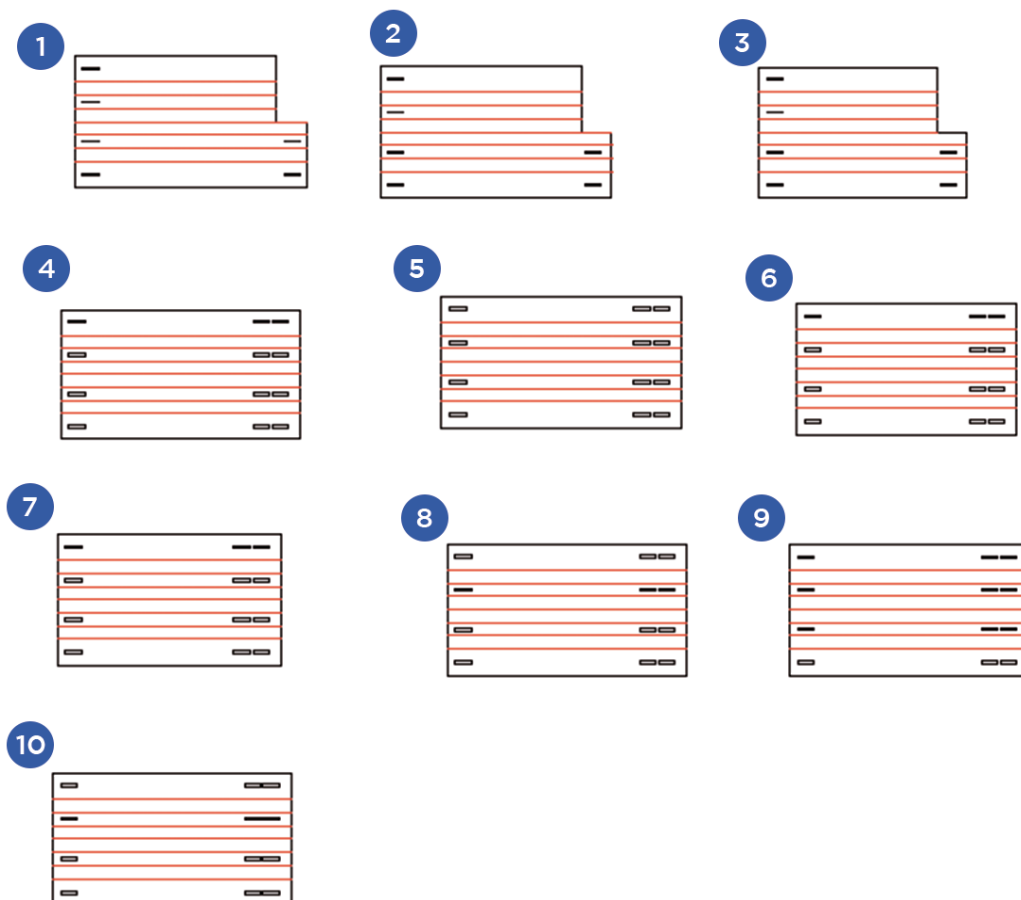


Fonte: Elaborada pela autora

A partir dos testes, foi avaliado que as opções 1 e 2 apresentavam bastante fragilidade, pois as pontas de ambas não tinham nenhum ponto de resistência. Já a opção 3, por apresentar o encontro de faces no meio da estrutura, possuía mais resistência para ser acoplada à manivela e girar o sistema.

A partir dessas opções, foram gerados desenhos do eixo mais detalhados, levando em consideração medidas e formas (FIGURA 119). Essas alternativas serão consideradas a seguir na contagem das peças pertencentes aos cinco sistemas testados para a geração da estrutura final do brinquedo.

Figura 119 - Alternativas de eixo



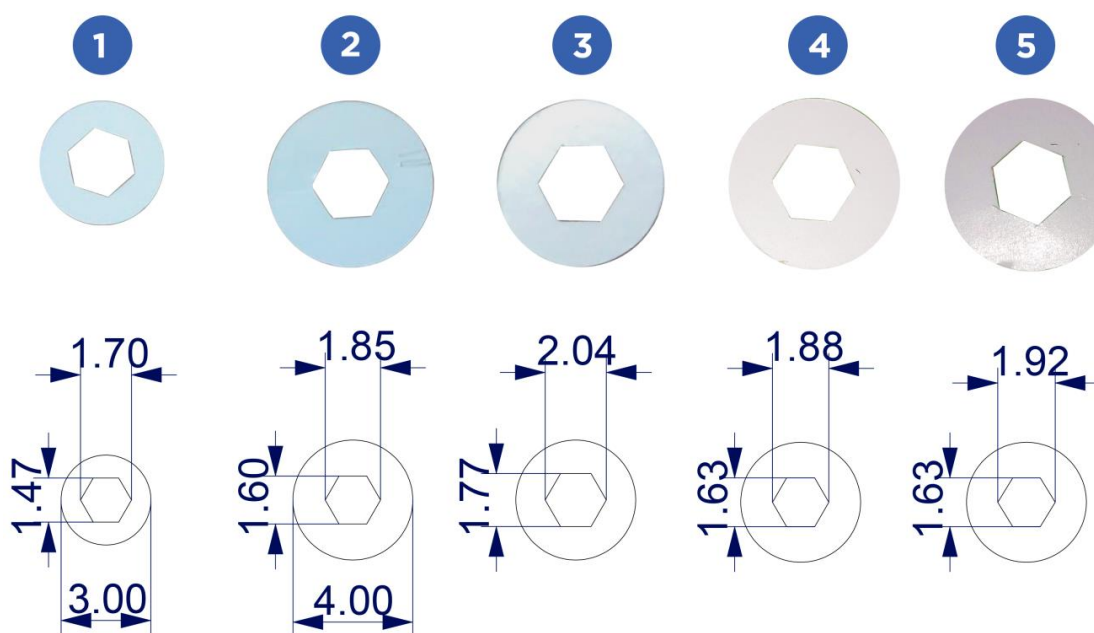
Fonte: Elaborada pela autora

No decorrer do planejamento do eixo, duas peças mostraram-se necessárias em algumas fases dos testes, nomeadas pela autora de parafuso e trava.

5.3.1 Parafuso

As travas mostraram-se necessárias no começo do processo de projeto para manter segura a junção das dobras do eixo. A partir das adaptações das medidas da base do eixo, foram geradas as alternativas de parafuso da Figura 120.

Figura 120 - Alternativas de Parafuso



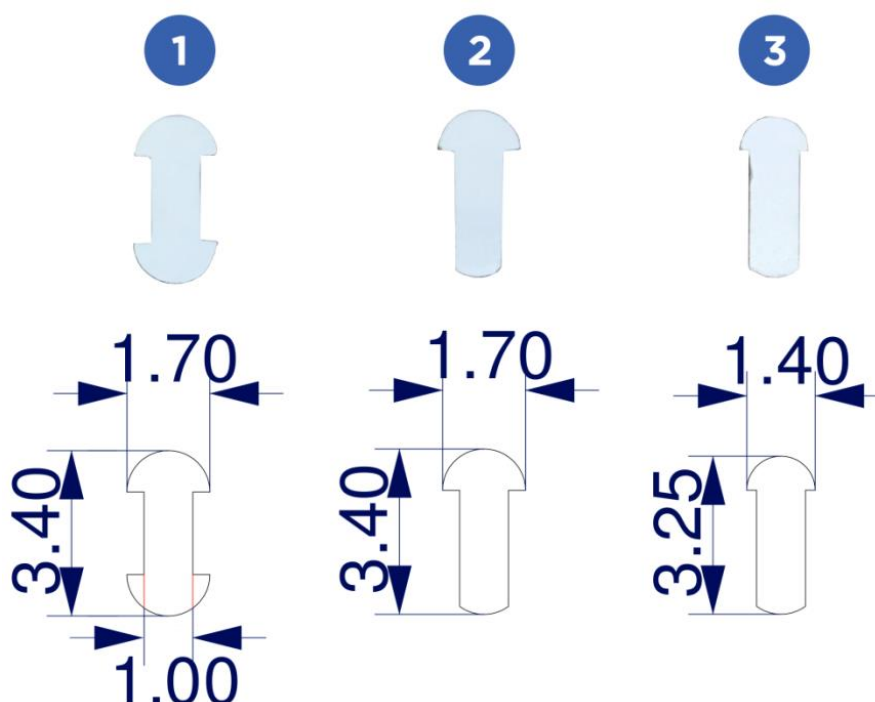
Fonte: Elaborado pela autora

Durante os testes e com a evolução do projeto, porém, esta peça revelou-se desnecessária, pois o furo de encaixe da manivela já serviria para manter a estrutura do eixo junta. Assim, o parafuso foi eliminado do projeto final.

5.3.2 Trava

As travas mostraram-se necessárias para manter algumas peças fixas no sistema (fixar a manivela no eixo; fixar o eixo na caixa). Utilizando-se das referências analisadas e adaptando-as ao projeto desenvolvido, foram geradas as alternativas de trava das Figuras 121 e 122.

Figura 121 - Alternativas 1, 2 e 3 de trava



Fonte: Elaborado pela autora

Avaliando as opções geradas, a alternativa 1 mostrou-se não funcional, pois, por possuir dobras para encaixar na peça e travar, o volume tornava-se maior para entrar no furo de encaixe, o que inviabilizou sua utilização; a alternativa 2 apresentou as medidas do semicírculo (parte de apoio para ser segurada pelo usuário) e o comprimento geral muito grandes. A alternativa 3 ainda apresentou o semicírculo muito grande, assim, avaliou-se que este era desnecessário, pois atrapalhava o encaixe da manivela por invadir o espaço destinado a ela. Todas as três alternativas anteriormente citadas mostraram-se frágeis, pois, ao serem introduzidas nos furos de encaixe do eixo, amassavam ou rasgavam. Compreendendo todos os problemas analisados, gerou-se a alternativa 4, que, além de não possuir o semicírculo, constitui-se da junção de dois cortes iguais da peça mostrada na Figura 122, sendo mais resistente já que sua espessura foi aumentada. Sendo assim, esta foi a peça escolhida para compor o sistema final do brinquedo.

Figura 122 - Alternativa 4 de trava

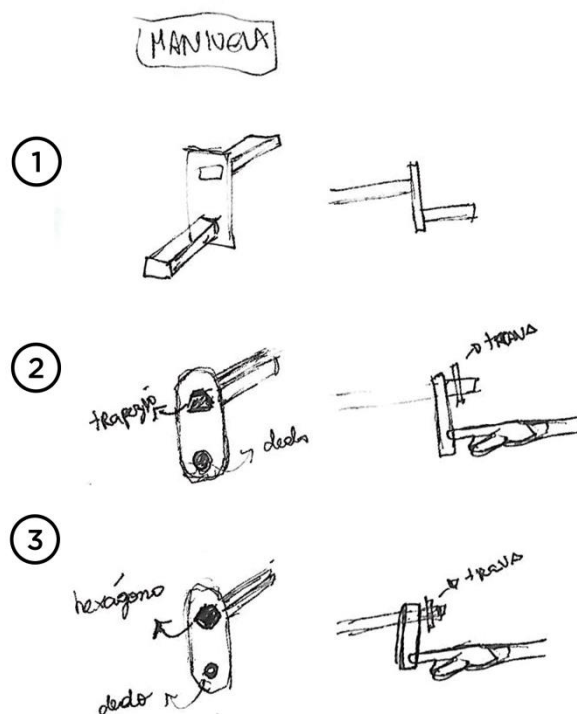


Fonte: Elaborado pela autora

5.4 Manivela

Na Figura 123, estão representadas três alternativas de forma da manivela.

Figura 123 - Tipos de forma da manivela

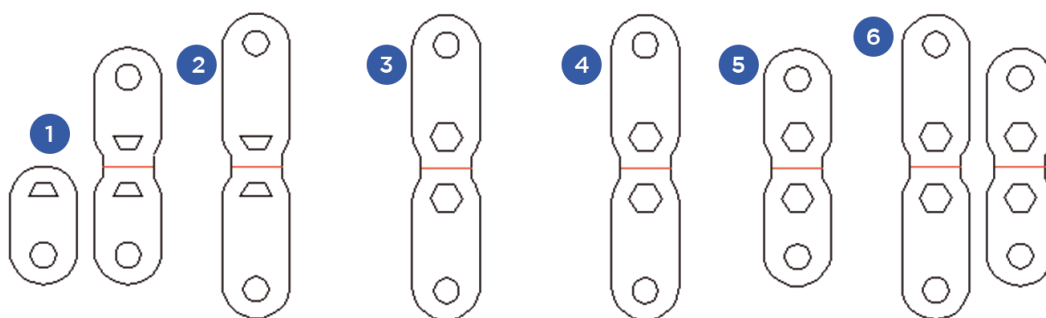


Fonte: Elaborada pela autora

A alternativa 1 necessitava de duas peças: uma para acoplar ao eixo e outra para o usuário segurar e rodar o sistema. A segunda só necessitava de uma peça, pois o usuário só precisava encaixar o dedo no furo circular e girar a manivela; ademais, o furo de encaixe do eixo tem forma de trapézio. A terceira também só necessitava de uma peça, que tem um furo de encaixe para o dedo; ademais, o furo de encaixe do eixo tem forma de hexágono. Desse modo, as duas últimas alternativas mostraram-se as melhores.

A partir delas, foram desenhadas outras opções mais detalhadas, considerando tamanho de encaixe, tamanho dos furos para dedo, tamanho da manivela e formas (FIGURA 124). Essas alternativas serão consideradas a seguir na contagem das peças pertencentes aos cinco sistemas testados para a geração da estrutura final do brinquedo.

Figura 124 - Alternativas de manivela

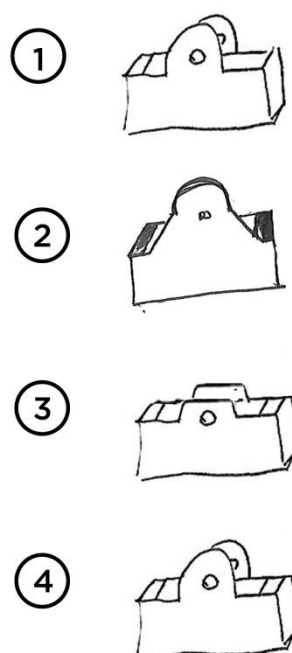


Fonte: Elaborada pela autora

5.5 Caixa

O pensamento da caixa vem desde o começo do planejamento dos envelopes, quando foram considerados seu tamanho geral e os elementos que ela vai acomodar, mas a concretização só aconteceu no final do processo de desenho das peças, pois dependeu do tamanho de todas as outras peças do sistema. Vale ressaltar que, como um dos Requisitos Projetuais é produzir um brinquedo com o mínimo de peças possível, o projeto aqui desenvolvido decidiu absorver na estrutura da caixa, além da função de estrutura, as funções de abertura para visualização e barreira de quadros. Sabendo-se disso, inicialmente, foi pensado como seria o desenho da estrutura da caixa, gerando-se as alternativas da Figura 125.

Figura 125 - Alternativas de desenho da estrutura da caixa

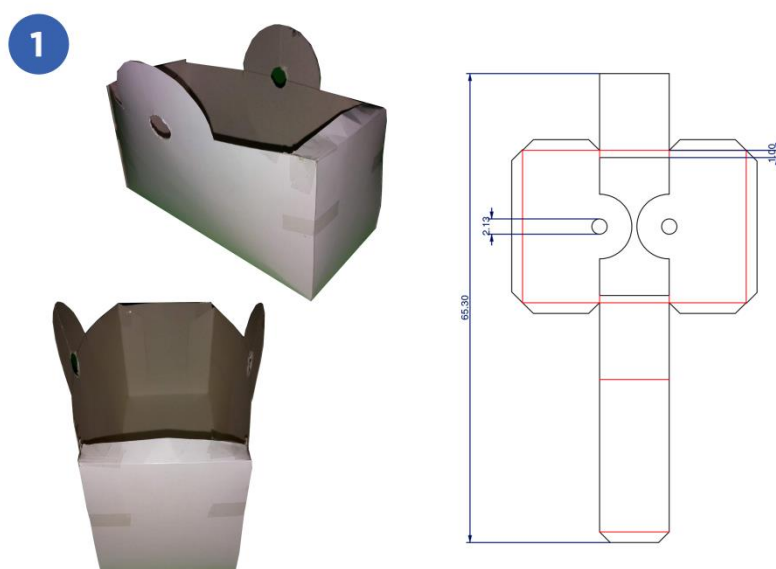


Fonte: Elaborada pela autora

- Alternativa 1: contém apenas uma barreira de quadros de animação, e a base, na qual está localizado o furo de encaixe do eixo, tem forma de semicírculo. Análise: com apenas uma barreira, só é possível reproduzir uma animação por vez no brinquedo;
- alternativa 2: contém duas barreiras que estão localizadas mais abaixo que na primeira opção para deixar a aparência da caixa mais leve. Análise: com duas barreiras, é possível ver duas animações por vez, ou seja, em cada lado do brinquedo, pode ser vista uma animação diferente, se introduzidos dois quadros de animações no envelope (um conjunto de quadros pertencentes a uma animação na frente dos envelopes e outro conjunto de quadros pertencentes a outra animação no verso);
- alternativa 3: também contém duas barreiras, e a base do furo tem forma de trapézio. Análise: a forma de trapézio deixou a estrutura com pontas, o que causou estranheza estética;
- alternativa 4: também contém duas barreiras, e a base do furo tem forma de semicírculo. Análise: o semicírculo apresentou forma mais condizente com a função (giro da manivela), tendo também mais coerência estética.

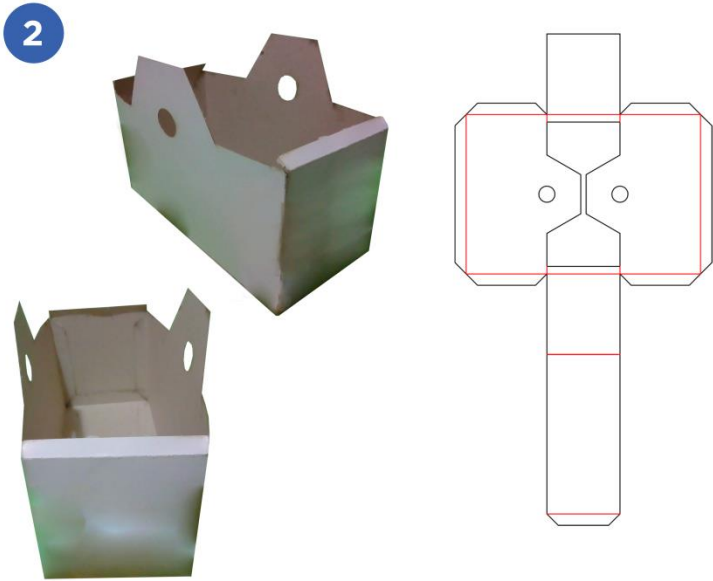
Analisando as opções, a alternativa 4 mostrou-se mais funcional e com melhor coerência estética. A partir dela, foram desenhadas outras opções mais detalhadas de caixa, considerando tamanho de encaixes, tamanho das barreiras de quadros, tamanho total da caixa, forma, entre outros detalhes (FIGURAS 126, 127, 128, 129 e 130). Essas alternativas serão consideradas a seguir, na contagem das peças pertencentes aos cinco sistemas testados para a geração da estrutura final do brinquedo.

Figura 126 - Alternativa 1 de caixa



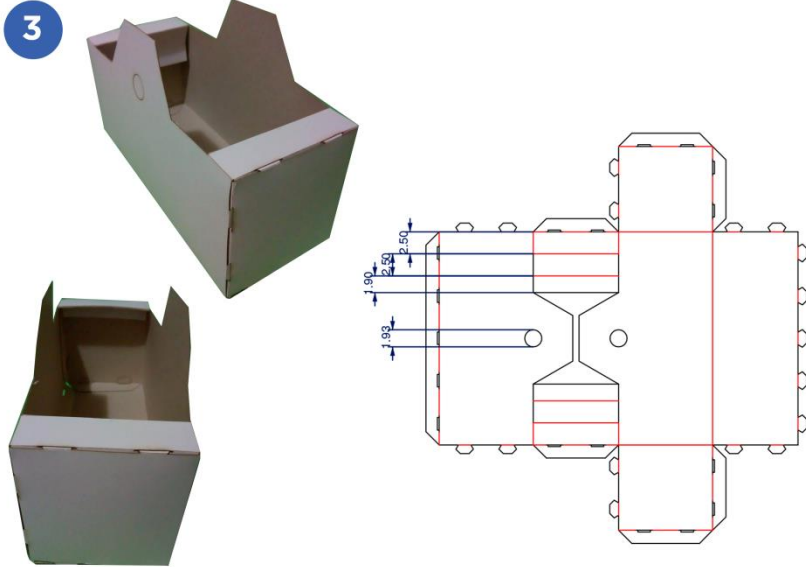
Fonte: Elaborada pela autora

Figura 127 - Alternativa 2 de caixa



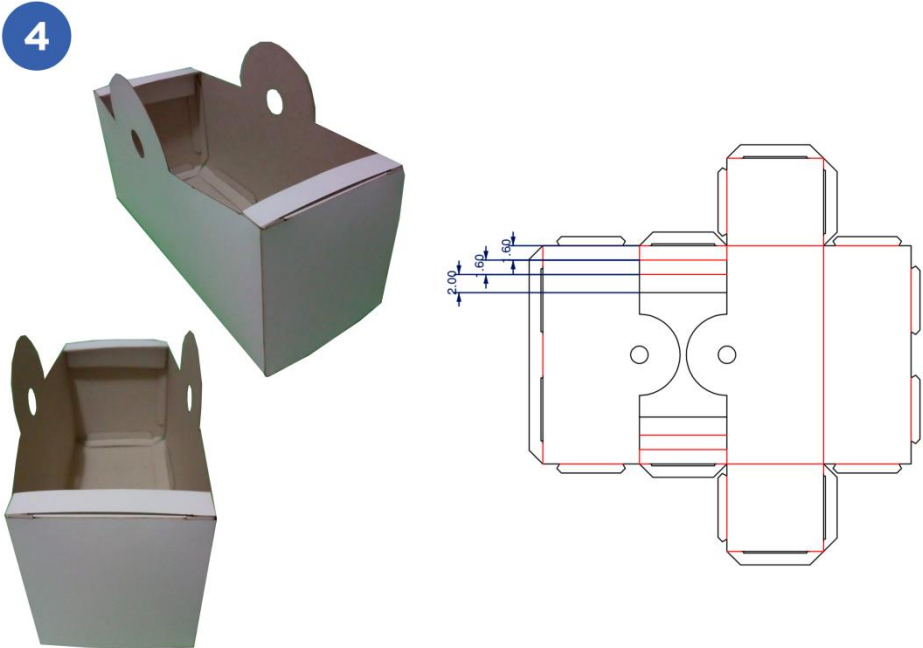
Fonte: Elaborada pela autora

Figura 128 - Alternativa 3 de caixa



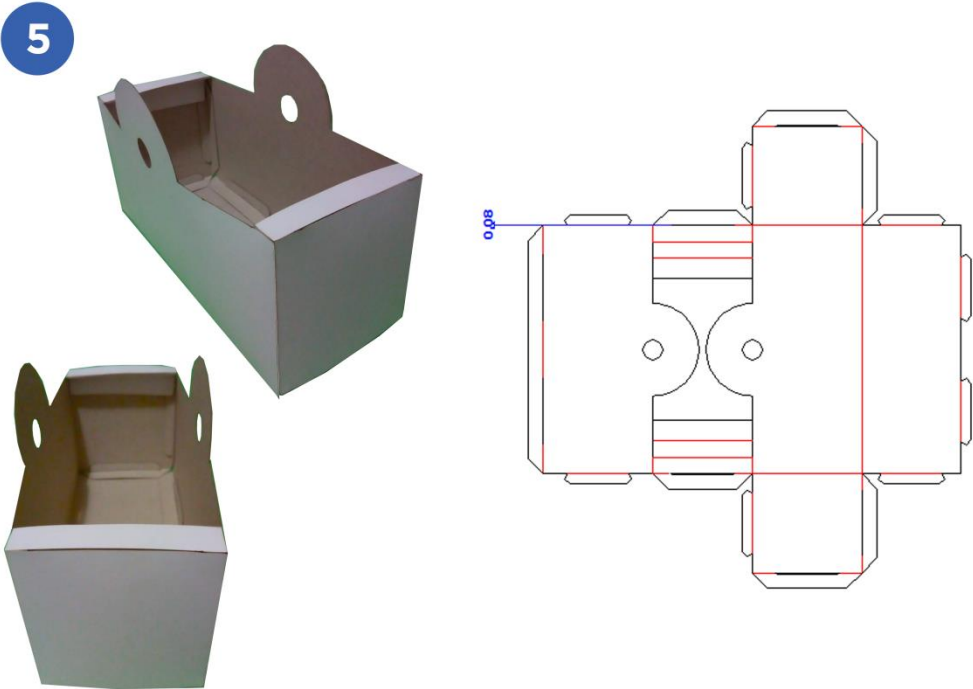
Fonte: Elaborada pela autora

Figura 129 - Alternativa 4 de caixa



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 130 - Alternativa 5 de caixa



Fonte: Elaborada pela autora

5.6 Sistemas Testados

Para chegar ao resultado final, foram gerados cinco testes de sistema, a partir da junção das peças individuais produzidas por corte na *Silhouette* e na máquina de corte a laser. Essas peças foram sendo modificadas a partir do resultado das interações umas com as outras, assim, para cada teste de sistema, foram feitos vários testes de peças individuais. Os cinco testes foram mostrados nas Figuras 131, 132, 133, 134 e 135.

Figura 131 - Teste do Sistema A



Fonte: Elaborada pela autora

- Teste A (FIGURA 131):
 - parafusos 1, 2, 3 e 4;
 - manivelas 1 e 2;
 - eixos 1, 2 e 3;
 - aros 1, 2 e 3;
 - travas 1, 2 e 3;
 - envelopes 1 a 6;
 - sem caixa.

Figura 132 - Teste do Sistema B



Fonte: Elaborada pela autora

- Teste B (FIGURA 132):

- parafuso 5;
- manivela 3;
- eixo 4;
- aros 4 e 5;
- trava 4;
- envelope 7;
- sem caixa.

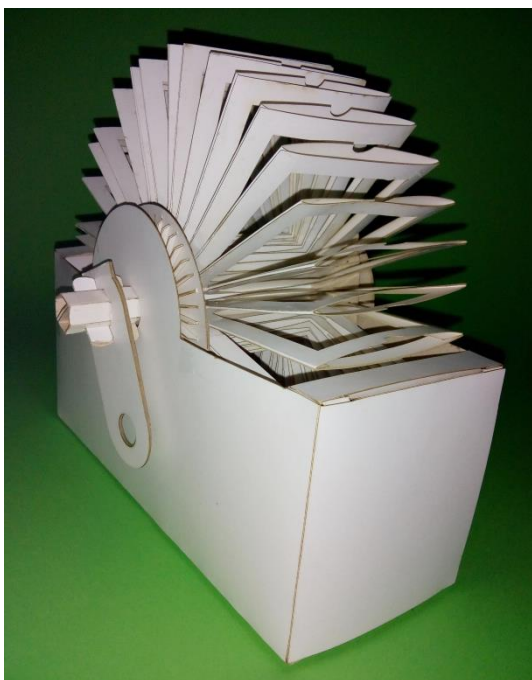
Figura 133 - Teste do Sistema C



Fonte: Elaborada pela autora

- Teste C (FIGURA 133):
 - sem parafuso;
 - manivelas 4 e 5;
 - eixos 5 a 8;
 - aro 6;
 - trava 4;
 - envelope 8;
 - caixas 1 e 2.

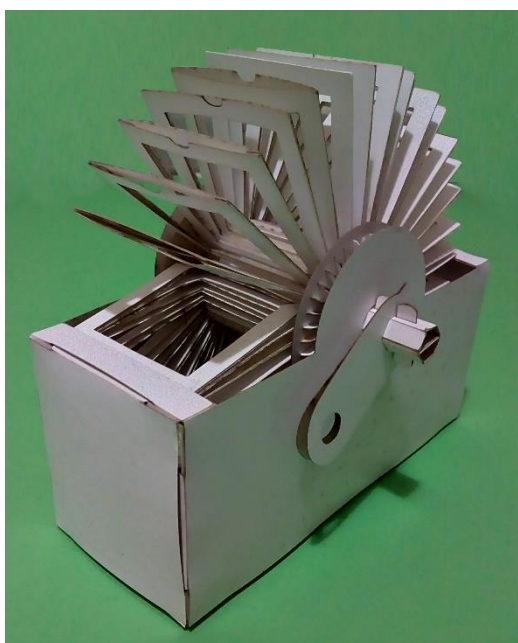
Figura 134 - Teste do Sistema D



Fonte: Elaborada pela autora

- Teste D (FIGURA 134):
 - sem parafuso;
 - manivela 6;
 - eixo 9;
 - aro 7;
 - trava 4;
 - envelope 8;
 - caixa 3.

Figura 135 - Teste do Sistema E



Fonte: Elaborada pela autora

- Teste E (FIGURA 135):
 - sem parafuso;
 - manivela 6;
 - eixo 10;
 - aro 7;
 - trava 4;
 - envelope 8;
 - caixas 4 e 5.

É importante citar que, no decorrer do desenvolvimento, houve os problemas a seguir: como as peças iniciais foram cortadas na *Silhouette*, por condições da máquina, a força e a eficiência da lâmina não eram as mesmas para tipos de cortes diferentes. Por exemplo, em partes muito pequenas, como no corte dos furos de encaixe dos envelopes, a lâmina não conseguia retirar todo o material no corte, o que prejudicava a precisão das medidas. Quando as primeiras peças foram cortadas na laser, este fato foi constatado, pois alguns encaixes ficaram muito grandes, e a máquina a laser possui bastante precisão no corte. Desse modo, algumas medidas

do projeto precisaram ser adaptadas, e foi decidido que o projeto final seria cortado em máquina de corte a laser.

Considerando todos os testes, o Teste E foi o que gerou as peças que fizeram o sistema funcionar por completo, pois resultou de diversas melhorias a partir dos outros testes feitos. Sendo assim, as peças escolhidas para formar o produto final foram a manivela 6, o eixo 10, o aro 7, a trava 4, o envelope 8 e a caixa 5. Estas peças e o sistema do brinquedo serão detalhados no capítulo 6.

5.7 Custos dos testes

Os custos para a realização dos testes foram os seguintes:

- corte em máquina a laser: R\$ 81,00;
- papéis para teste: aproximadamente, R\$ 70,00;
- impressão: R\$40,00;
- demais custos (materiais auxiliares, transporte, etc): R\$40,00;

Vale ressaltar que algumas peças foram cortadas na máquina de corte a laser da Oficina Digital do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Design (Universidade Federal do Ceará), o que não acarretou custos adicionais.

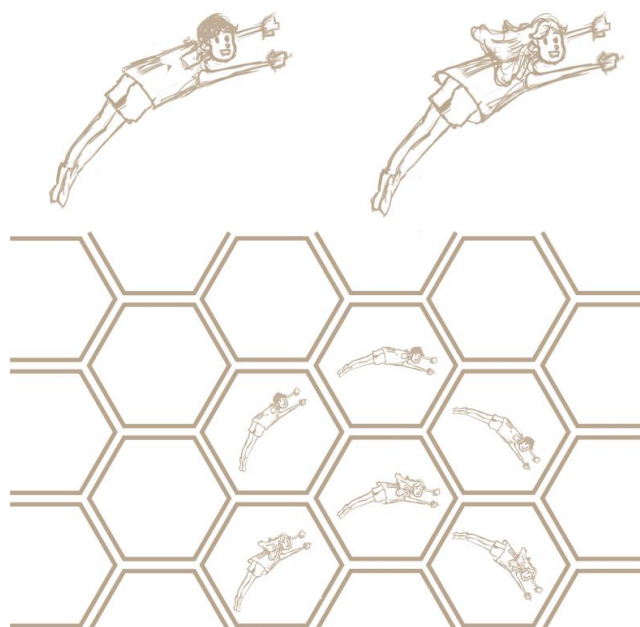
5.8 Estética

Baseado na explicação de Miranda (2003) de que os brinquedos ópticos acabaram por ser considerados ultrapassados por serem associados a apenas parte da história do surgimento do cinema, decidiu-se que este projeto deveria seguir um viés estético que mudasse tal imagem, mesmo sendo baseado no Retroscópio, que já no nome traz menção ao “retrô”. Desse modo, ele deveria ter uma estética que fosse apelativa para a faixa etária de 11 anos e que não indicasse que o brinquedo era uma técnica antiga.

Assim, buscando fazer referência a linguagem da animação e apropriando-se da forma de hexágono que havia sido gerada em alguns dos testes das peças da estrutura, geraram-se os dois primeiros testes de estética, que, a partir de padrões com ilustrações de personagens, tentavam representar a sensação de movimento

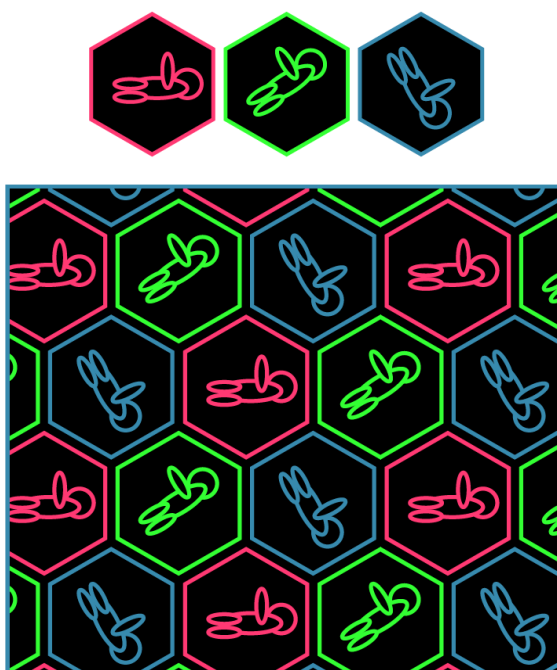
pela mudança de angulação de cada hexágono. O primeiro teste (FIGURA 136) trouxe uma cor que remetia a cor da face interna do papel duplex. O segundo teste (FIGURAS 137 e 138) trouxe cores neon, tentando passar uma sensação mais futurista.

Figura 136 – Módulos e estampa 1



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 137 – Módulos e estampa 2



Fonte: Elaborado pela autora

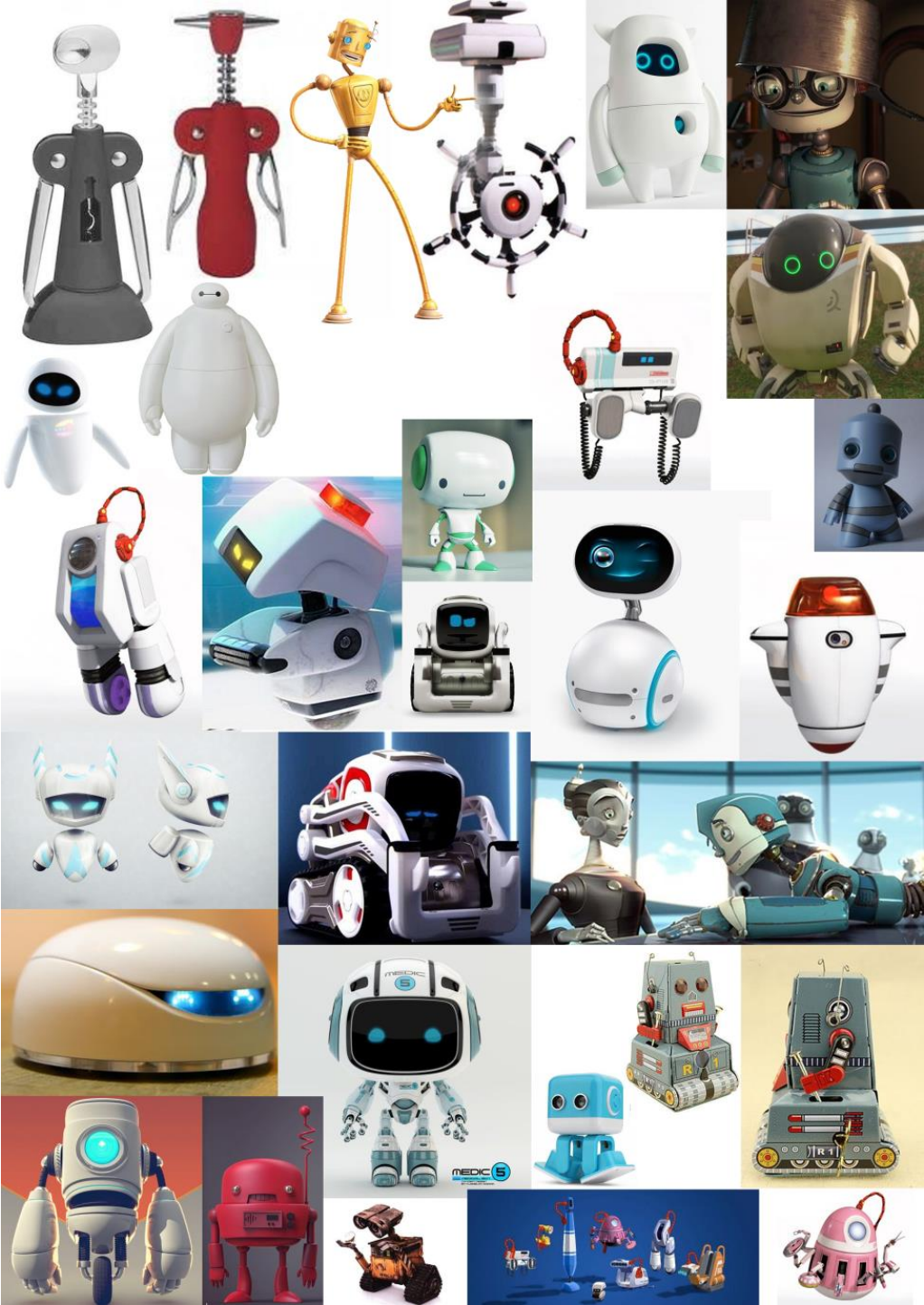
Figura 138 – Aplicação da estampa 2 na caixa



Fonte: Elaborado pela autora

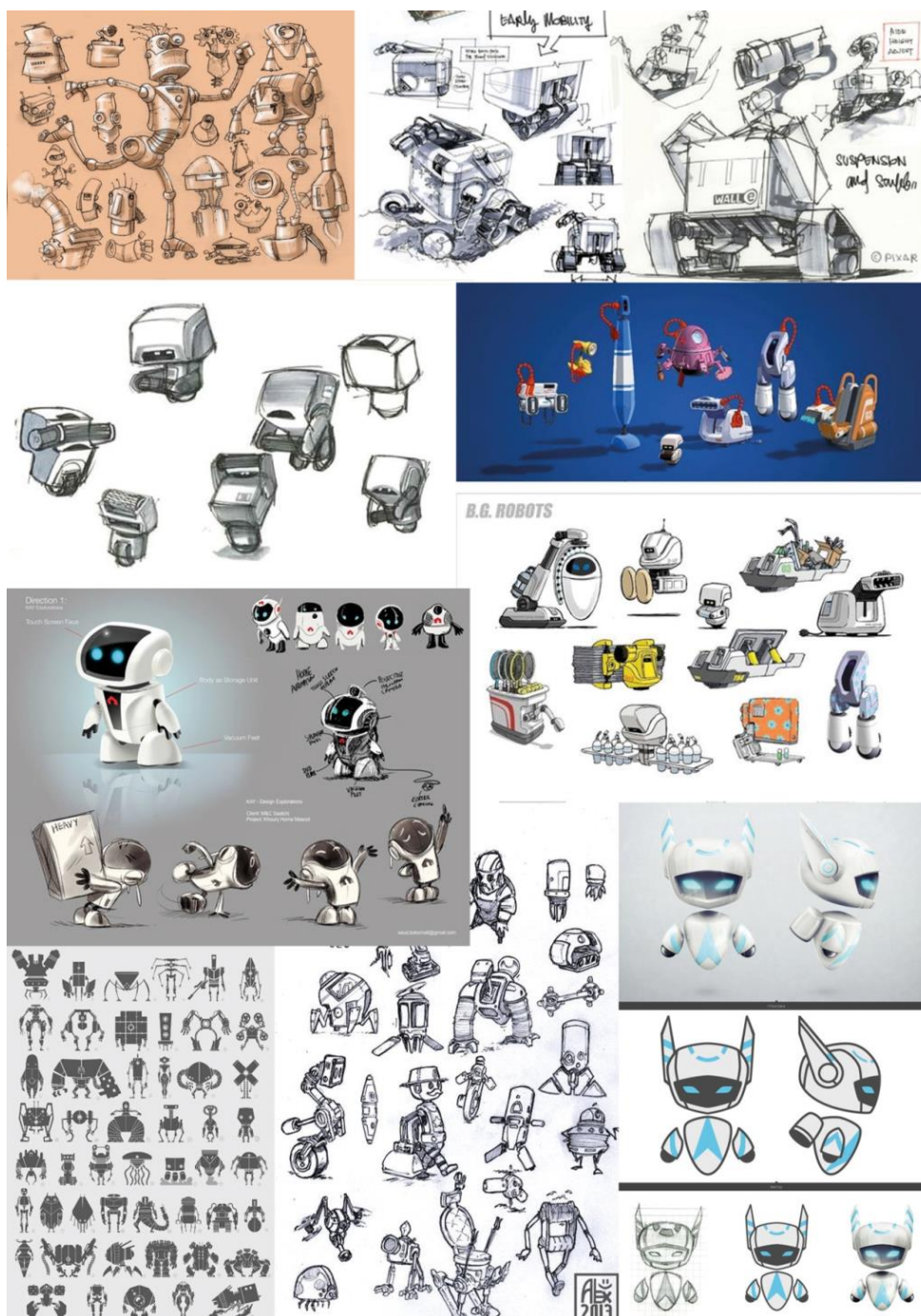
Avaliando as duas alternativas, percebeu-se que a aplicação de estampa não agregava nenhum valor ao brinquedo, pois consistia apenas em uma informação perdida, meramente estética. Notou-se, porém, que a ideia de passar uma sensação futurista poderia ser utilizada, já que a intenção era desvincular o brinquedo da imagem de velho. Associando a ideia de futuro ao brinquedo ser uma máquina, foi proposta a terceira alternativa, que consistia em o brinquedo ser ao mesmo tempo personagem, mais especificamente um robô. Buscaram-se referências visuais de robôs e de produtos com forma de robôs, gerando a Figura 139, com a compilação de referências focada em máquinas-robôs transformadas em personagens, e a Figura 140, com desenhos conceituais da transformação de máquinas em personagens robôs.

Figura 139 – Compilação de referências 1



Fonte: Compilação da autora

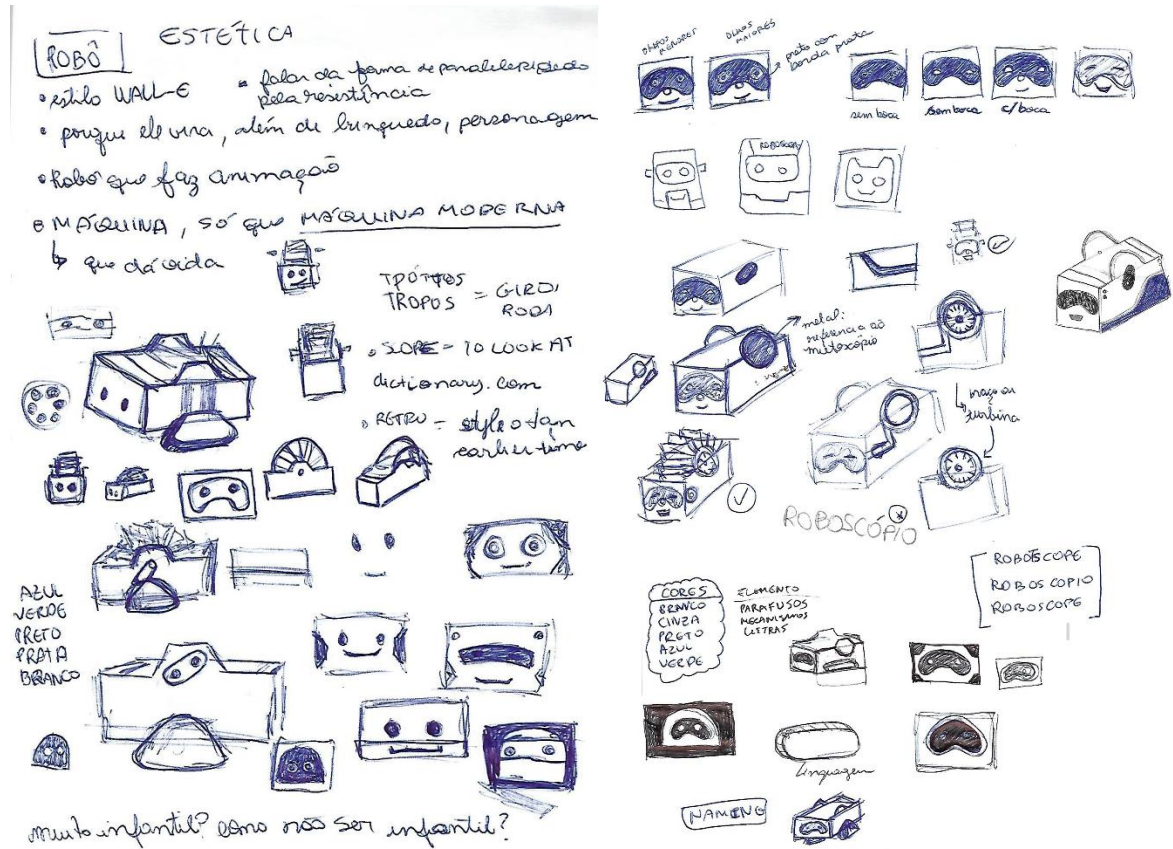
Figura 140 – Compilação de referências 2



Fonte: Compilação da autora

Com as referências, iniciou-se o processo de desenvolvimento do personagem do produto a partir de esboços, tendo como base a forma já desenvolvida do brinquedo óptico (FIGURA 141).

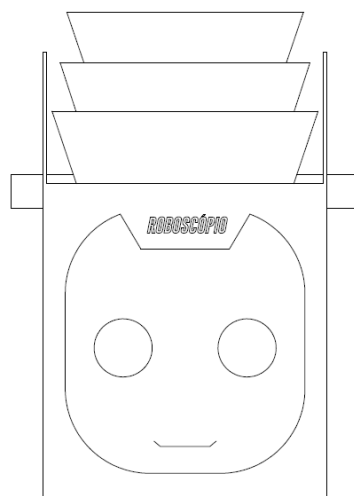
Figura 141 – Esboços do desenvolvimento do personagem



Fonte: Elaborada pela autora

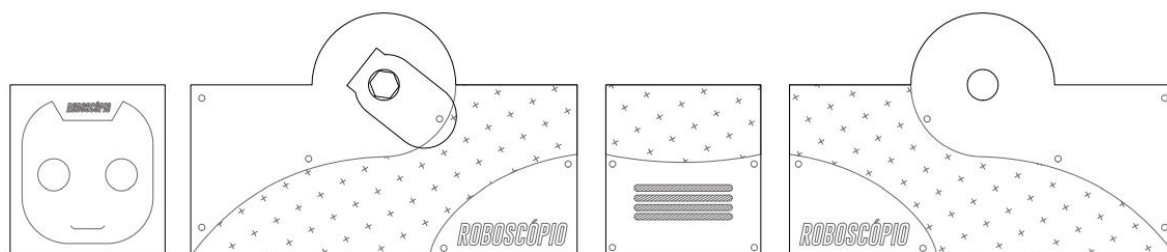
A partir dos esboços, definiu-se a estética final do robô, apelidado de Roboscópio, que será representada nas Figuras 142, 143 e 144.

Figura 142 – Design de personagem



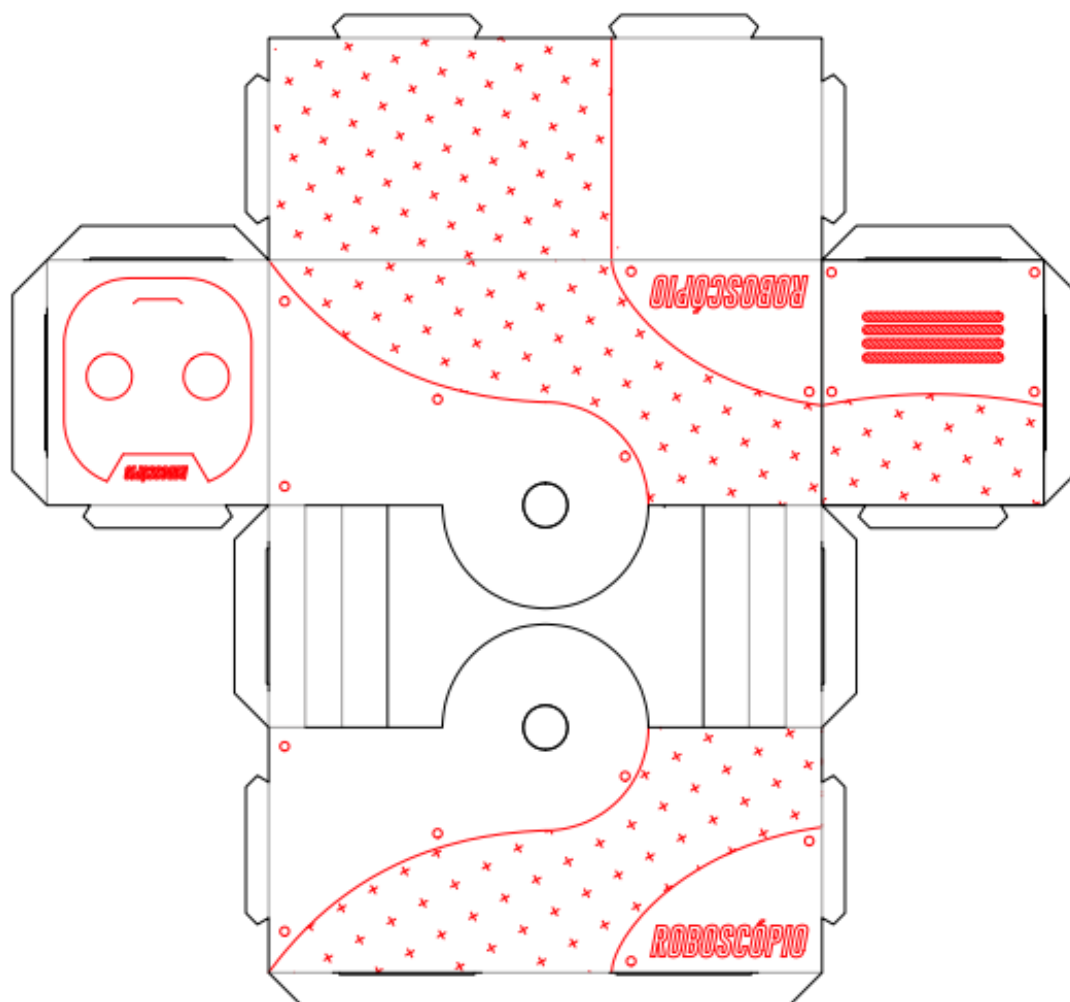
Fonte: Elaborada pela autora

Figura 143 – Vistas planificadas das faces da caixa do brinquedo projetado



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 144 – Mapeamento do desenho do personagem na caixa planificada



Fonte: Elaborada pela autora

6 REALIZAÇÃO DA SOLUÇÃO

A partir do processo de Design descrito no presente trabalho, foi desenvolvido o brinquedo óptico que será detalhado neste capítulo.

6.1 Roboscópio

O Roboscópio é um brinquedo óptico de papel que vem com as peças pré-cortadas para que o usuário o monte a partir do manual de instruções (FIGURAS 145 e 146). Sua faixa etária é para pessoas a partir de 11 anos de idade. Seu nome surgiu da junção de “robô” (pelo personagem) com “scópio” (de *scope*, que significa “olhar para”), pois trata-se de uma máquina que reproduz animação.

Figura 145 – Forma de utilização do Roboscópio



Fonte: Elaborada pela autora

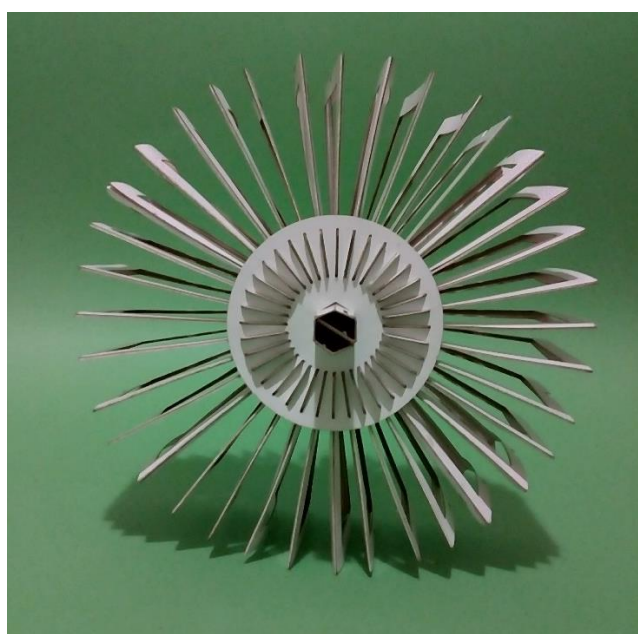
Figura 146 – Kit completo do Roboscópio



Fonte: Elaborada pela autora

Ele tem suas configurações funcionais e estruturais baseadas no Retroscópio, possuindo algumas características próprias, como os envelopes para conter os quadros de animação e a estrutura feita totalmente de papel (FIGURA 147).

Figura 147 – Característica do Roboscópio de possuir estrutura de papel com envelopes para conter quadros



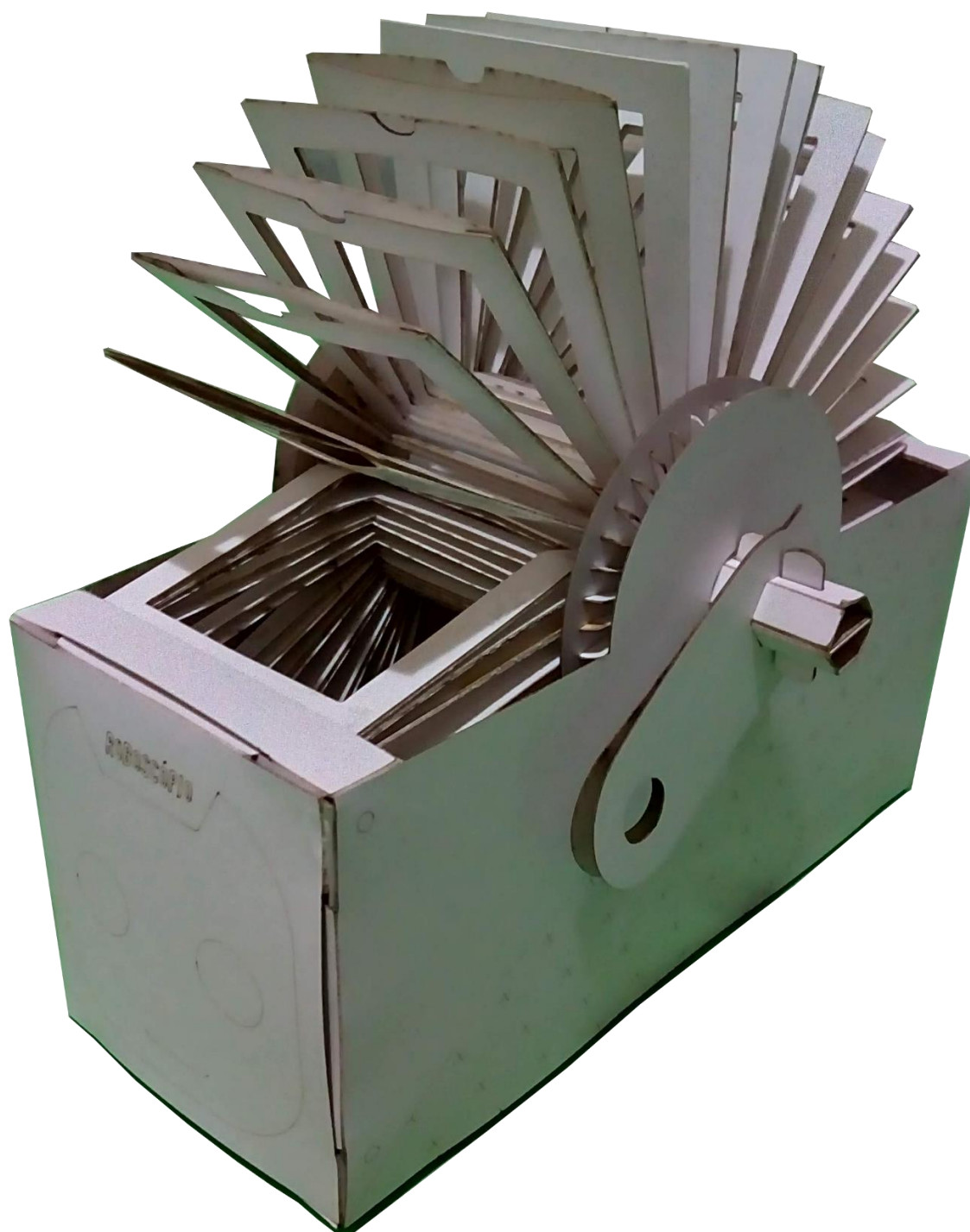
Fonte: Elaborada pela autora

Outras características interessantes do Roboscópio são que:

- a partir do manual e do uso do brinquedo, o usuário pode aprender sobre os 12 princípios da animação e sobre os fenômenos responsáveis pela visualização da animação quadro a quadro;
- ele não necessita possuir a quantidade total de quadros para gerar a animação, pois, se um envelope estiver sem quadro, o espaço vazio faz com que logo seja visualizado o próximo quadro, e, assim, a ausência não será percebida na visualização;
- por causa dos envelopes, o usuário pode trocar com mais facilidade os quadros de animação, sem precisar desmontar a estrutura;
- além da funcionalidade de gerar animação, é um item de coleção por ser um personagem;
- possui quadros com boa área de uso, dando espaço de criação e produção para os usuários estimularem a imaginação;
- pode conter duas animações ao mesmo tempo, uma na frente do envelope e outra no verso, por isso possui duas barreiras. Cada uma delas só pode ser visualizada de um lado;
- todo o sistema do brinquedo foi planejado para ser montado por encaixes, as únicas peças que necessitam de acabamento por colagem são as travas e os envelopes, e, por esse motivo, já vem colados no kit do produto;
- possui poucas peças, considerando a complexidade de seu funcionamento, e tem estrutura resistente;
- por sua estrutura ser toda de papel, sem partes cortantes, é seguro para os usuários.

A seguir serão demonstradas algumas imagens do protótipo do Roboscópio (FIGURAS 148, 149, 150, 151 e 152).

Figura 148 – Roboscópio sem quadros de animação



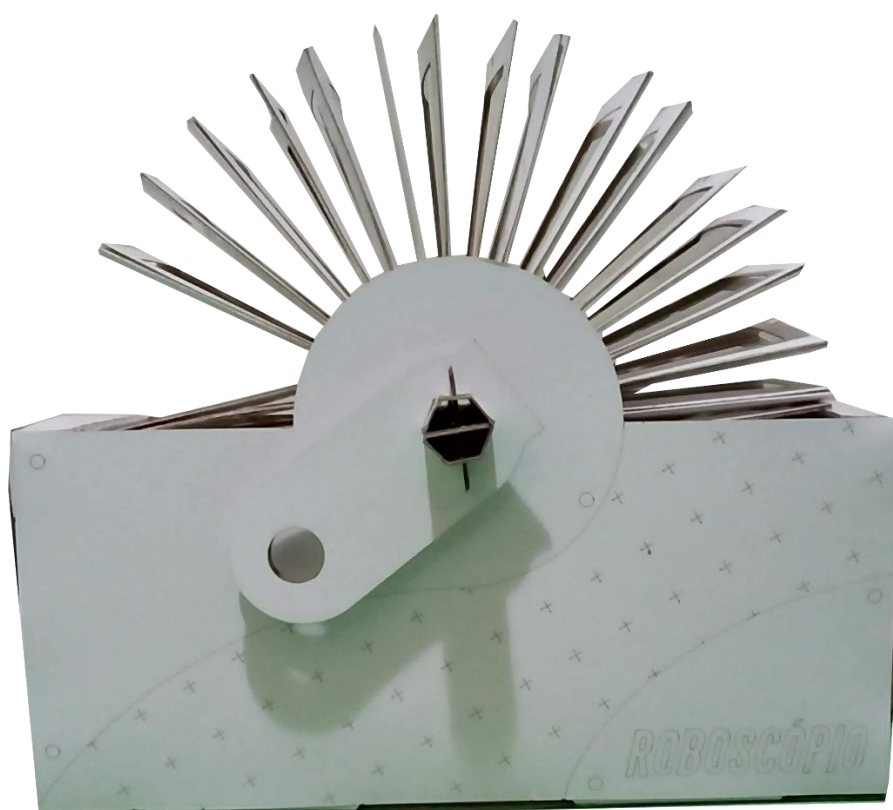
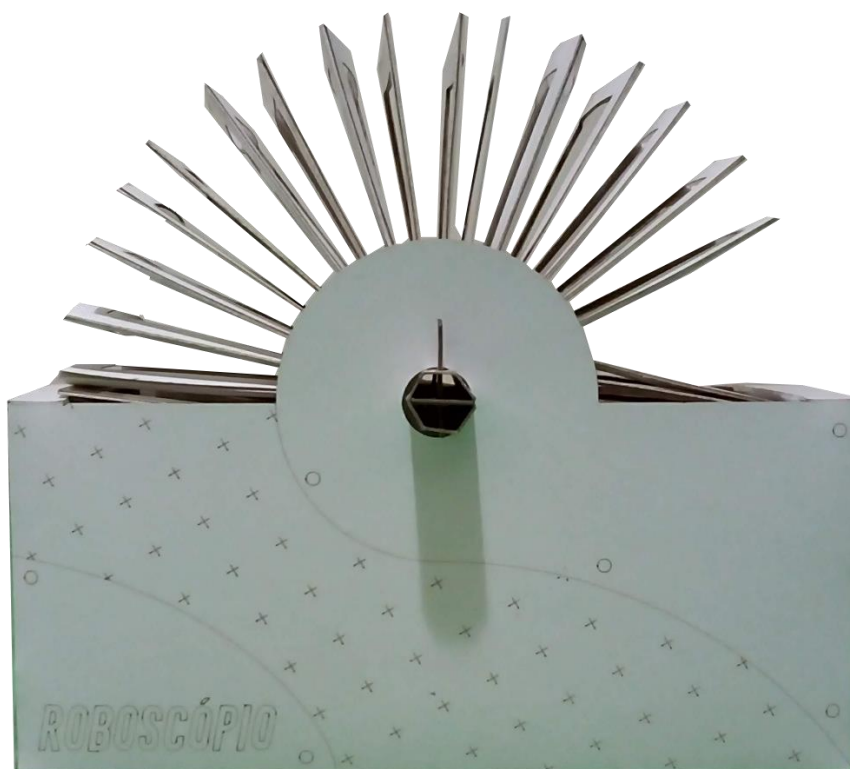
Fonte: Elaborada pela autora

Figura 149 – Roboscópio com quadros de animação



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 150 – Laterais do Roboscópio



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 151 – Parte frontal do Roboscópio



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 152 – Parte traseira do Roboscópio



Fonte: Elaborada pela autora

6.1.1 O Kit

6.1.1.1 Peças

O kit do Retroscópio vem com as seguintes peças:

- 36 envelopes (FIGURA 153);

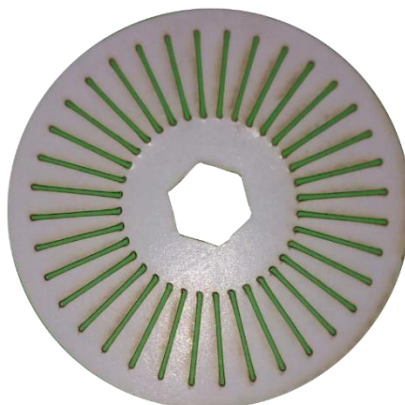
Figura 153 – Envelope



Fonte: Elaborada pela autora

- 2 aros (FIGURA 154);

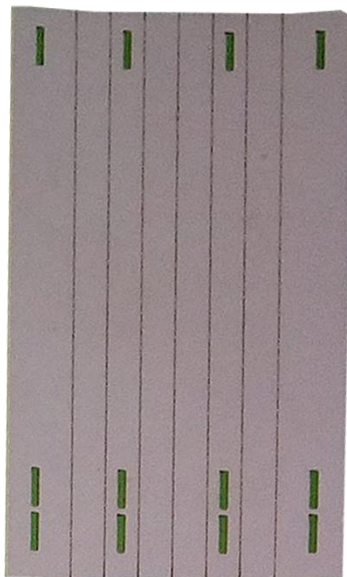
Figura 154 – Aro



Fonte: Elaborada pela autora

- 1 eixo (FIGURA 155);

Figura 155 – Eixo



Fonte: Elaborada pela autora

- 1 manivela (FIGURA 156);

Figura 156 - Manivela



Fonte: Elaborada pela autora

- 3 travas (FIGURA 157);

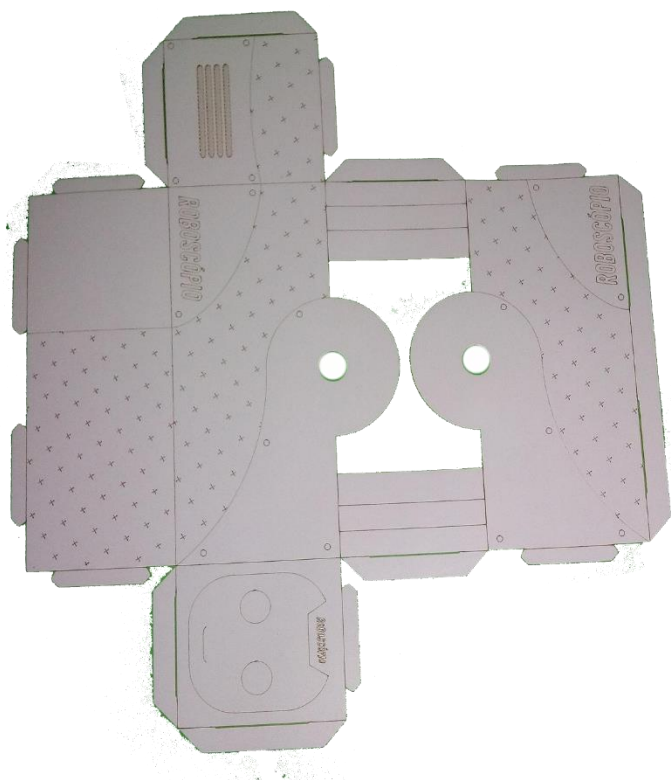
Figura 157 - Trava



Fonte: Elaborada pela autora

- 1 caixa (FIGURA 158);

Figura 158 - Caixa



Fonte: Elaborada pela autora

6.1.1.2 Manual

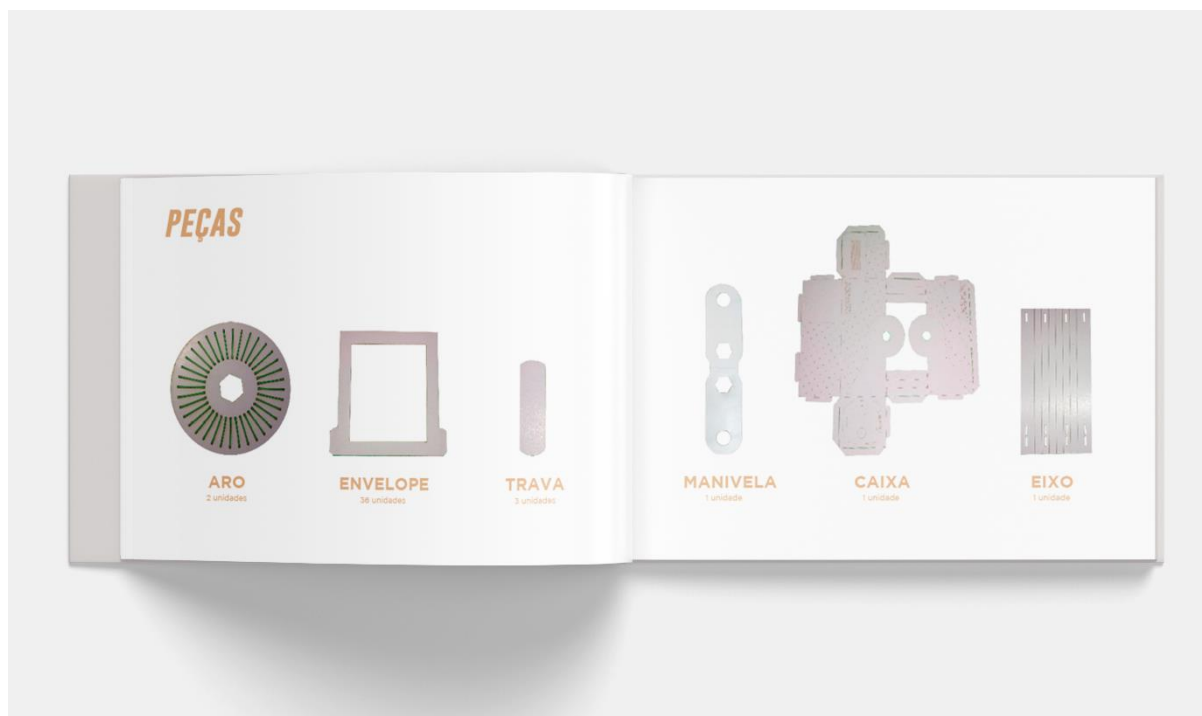
O manual de instruções contém as instruções de montagem, além das explicações dos 12 princípios da animação e do efeito phi, fenômeno responsável pela visualização da animação quadro a quadro (FIGURAS 159 a 170).

Figura 159 – Páginas 1 e 2 do Manual



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 160 – Páginas 3 e 4 do Manual



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 161 – Páginas 5 e 6 do Manual



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 162 – Páginas 7 e 8 do Manual



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 163 – Páginas 9 e 10 do Manual



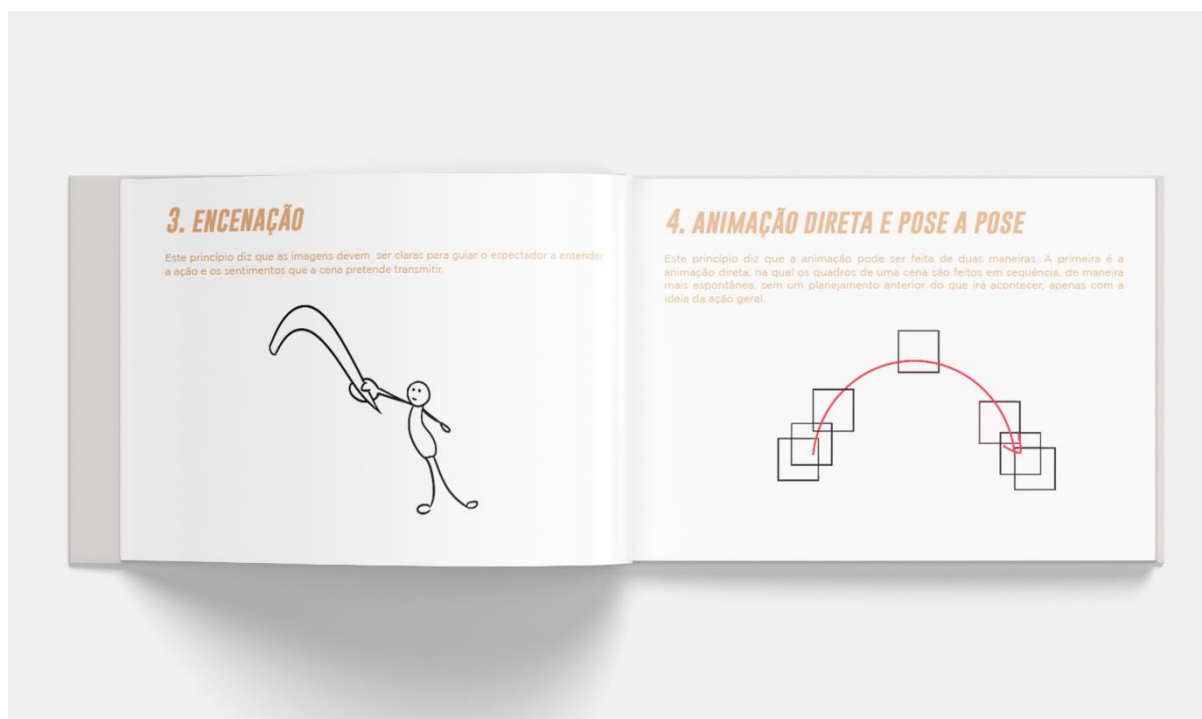
Fonte: Elaborada pela autora

Figura 164 – Páginas 11 e 12 do Manual



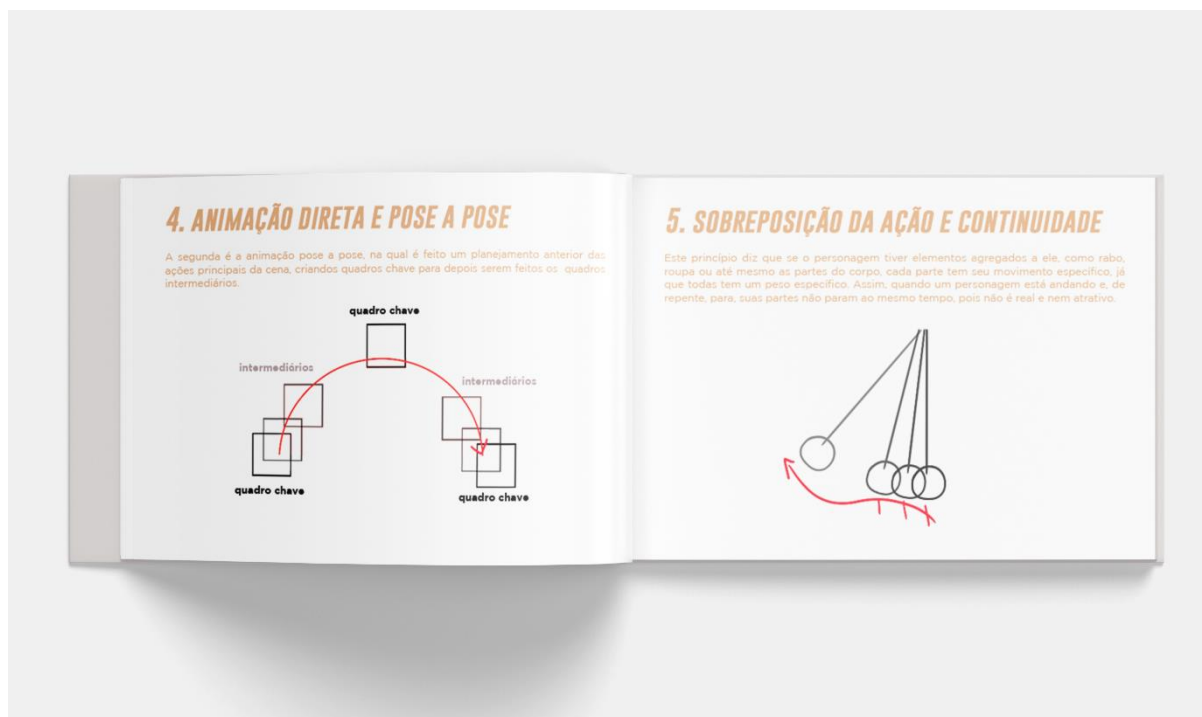
Fonte: Elaborada pela autora

Figura 165 – Páginas 13 e 14 do Manual



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 166 – Páginas 15 e 16 do Manual



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 167 – Páginas 17 e 18 do Manual



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 168 – Páginas 19 e 20 do Manual



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 169 – Páginas 21 e 22 do Manual



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 170 – Páginas 23 e 24 do Manual



Fonte: Elaborada pela autora

6.1.1.3 Gabarito de quadros de animação

No kit do Roboscópio, há um gabarito de aproveitamento de uma folha de papel A4 para o recorte de quadros de animação. É possível obter oito quadros a partir de uma folha. O gabarito vem com vincos nas delimitações dos quadros para que o usuário junte-o com a folha e dobre-a de forma fácil (FIGURAS 171 e 172).

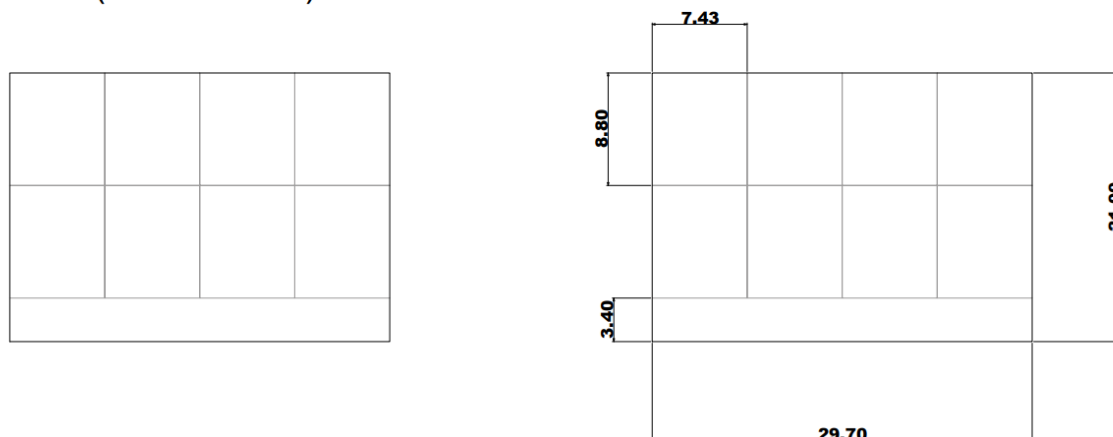
Figura 171 - Gabarito



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 172 – Desenhos do gabarito de quadros de animação sem cotas e com cotas

GABARITO (FOLHA A4)



Fonte: Elaborada pela autora

6.1.1.4 Embalagem

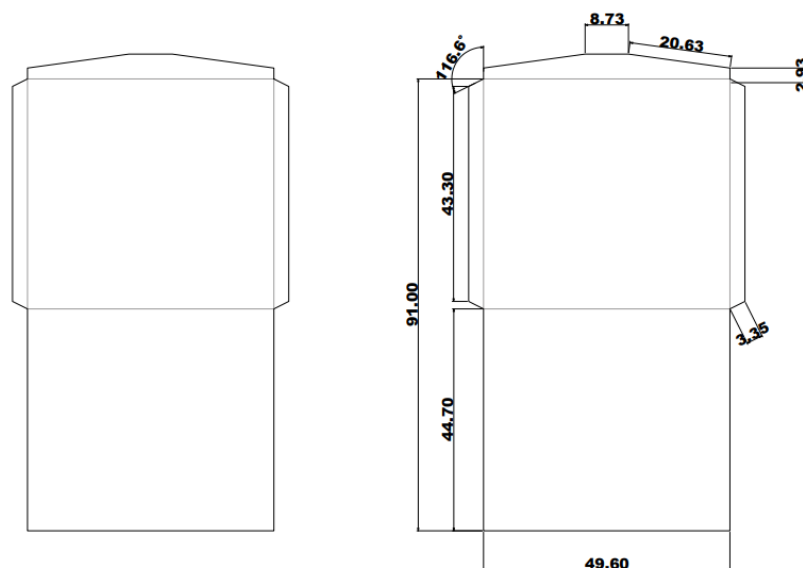
O kit do Roboscópio é oferecido em uma embalagem em forma de envelope, para facilitar o transporte e a distribuição (FIGURAS 173 e 174). Ele comporta a peça da caixa planificada; os envelopes menores, que guardam as outras peças do kit; o manual de instruções; e o gabarito de quadros.

Figura 173 - Envelope grande



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 174 – Desenhos da embalagem do kit sem cotas e com cotas



Fonte: Elaborada pela autora

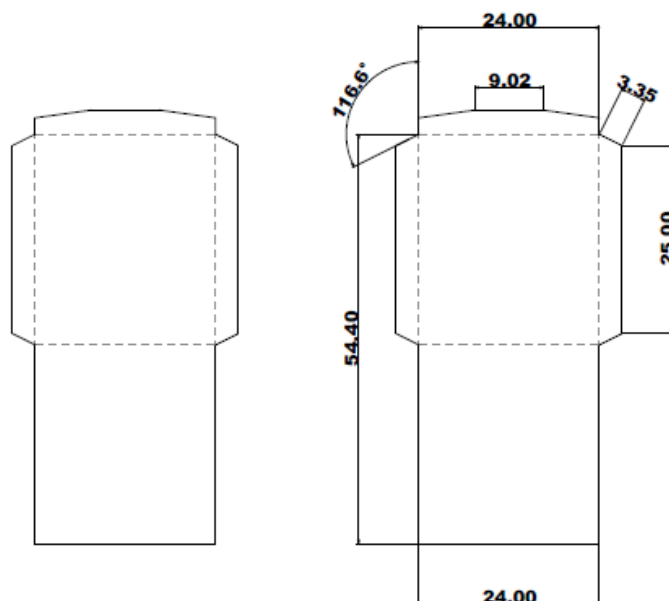
Os envelopes do brinquedo são guardados dentro de um envelope médio, detalhado nas Figuras 175 e 176.

Figura 175 - Envelope médio



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 176 – Desenhos da embalagem dos envelopes sem cotas e com cotas



Fonte: Elaborada pela autora

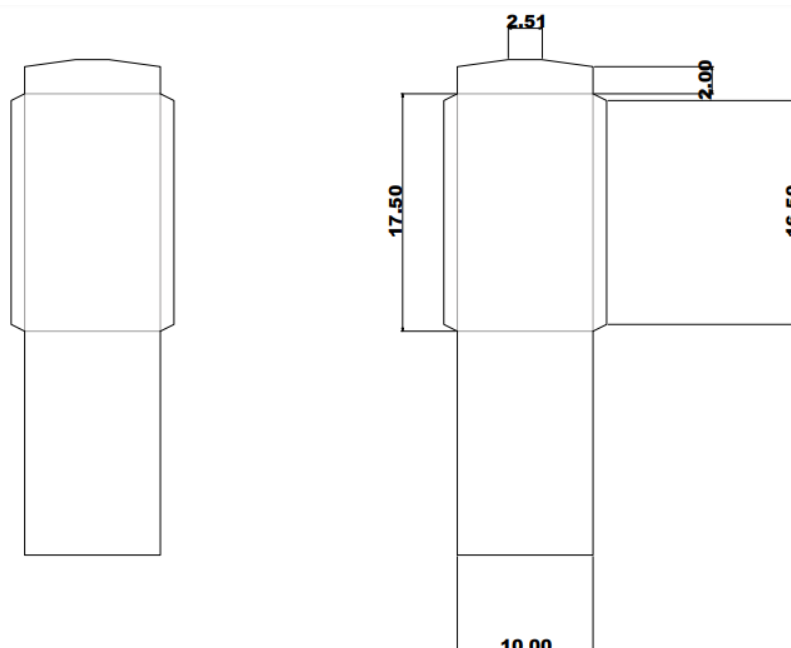
As peças menores do kit (manivela, eixo, travas e aros) são guardadas dentro de um envelope pequeno, detalhado nas Figuras 177 e 178.

Figura 177 – Envelope pequeno



Fonte: Elaborada pela autora

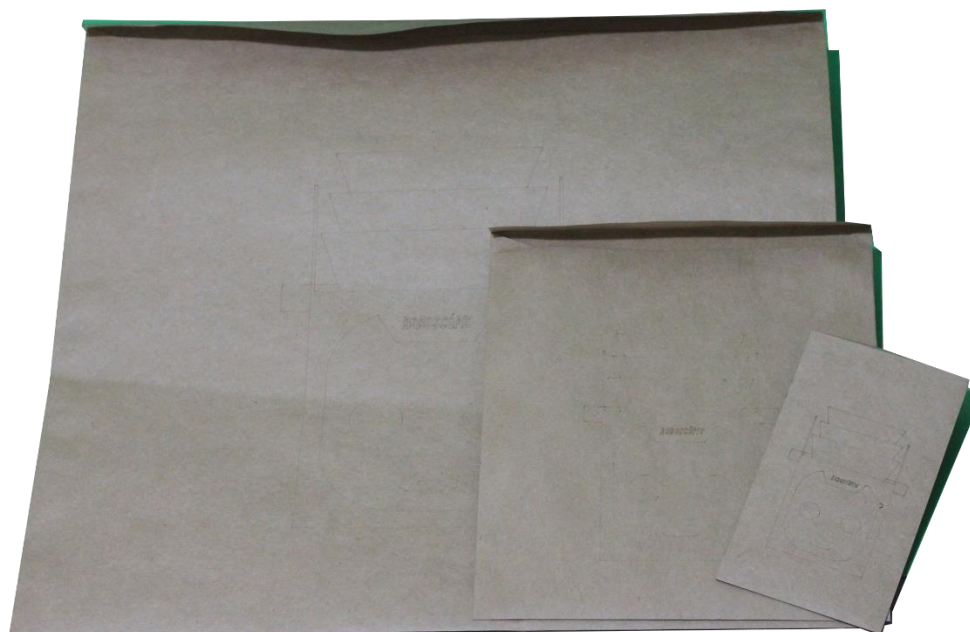
Figura 178 – Desenhos da embalagem das peças sem cotas e com cotas



Fonte: Elaborada pela autora

A Figura 179, representada a seguir, mostra o kit completo do Roboscópio.

Figura 179 – Embalagens do kit do Roboscópio



Fonte: Elaborada pela autora

6.2 Detalhamento

Pensando na fabricação do brinquedo óptico gerado no presente trabalho, o processo de fabricação das peças serão o corte a laser e a colagem manual; e os materiais utilizados para sua materialização serão:

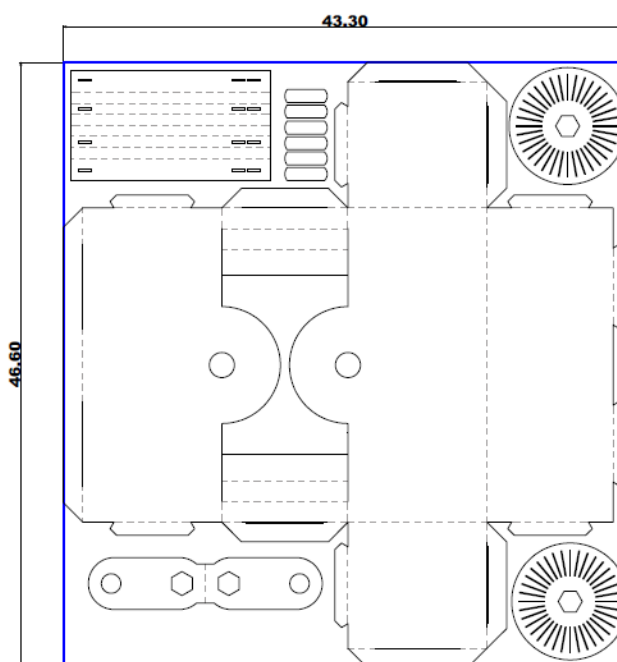
- **envelopes e gabarito de quadros:** Papel Triplex 250g/m²;
- **demais peças (manivela, travas, eixo, aros e caixa):** Papel Duplex 400g/m²;
- **embalagens:** Papel Kraft 150 g/m²;
- **manual:** Papel AP 60kg.

Nos Apêndices A, B, C e D, serão apresentados os desenhos técnicos das peças do produto desenvolvido. As pranchas 01/04 e 03/04 mostram peças sem detalhamento e as pranchas 02/04 e 04/04 mostram o detalhamento com cotas das peças.

6.3 Produção em escala e aproveitamento de material

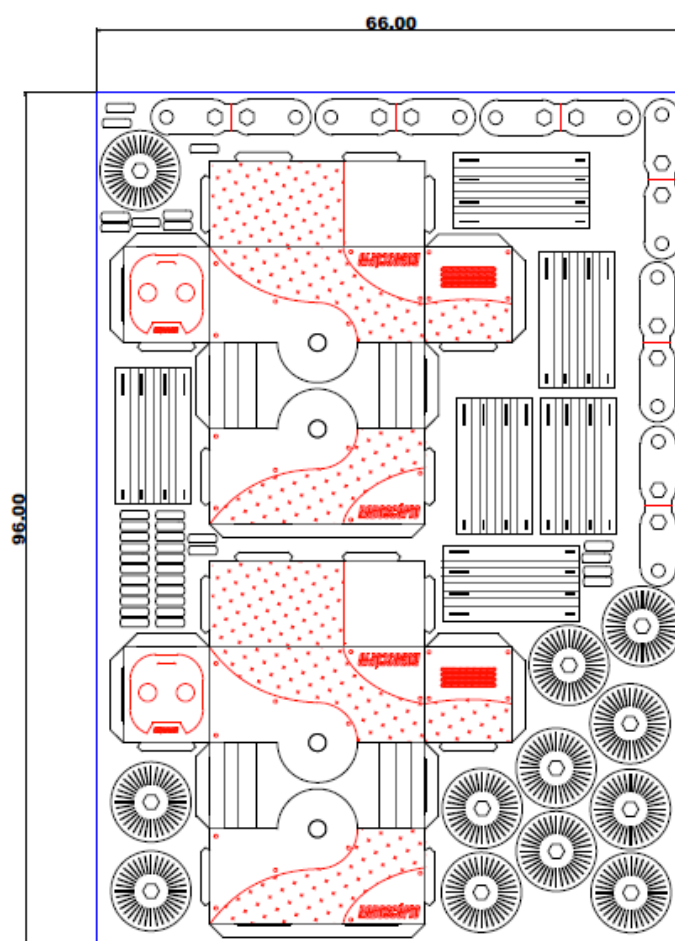
Pensando na produção em escala, os arquivos de corte das peças foram gerados visando o aproveitamento máximo dos materiais utilizados. Para isso, primeiro foi planejada a área total que um conjunto de peças feitas de Papel 400g/m² ocupa (FIGURA 180). Depois disso, foi considerada a disposição das peças na área total da folha industrial dos Papéis Duplex e Triplex que menos gerasse sobra de material. A Figura 181 mostra a disposição de seis kits de peças na folha industrial de 66x96cm (sendo que os kits estão incompletos, pois só cabiam duas peças da caixa em cada folha), porém podem ser pensadas outras disposições, separando as folhas por modelo de peça, entre outras combinações. A Figura 182 mostra a disposição de 30 peças de envelopes na folha industrial de Papel Triplex 250g/m², que mede 66x96cm.

Figura 180 – Área total que o conjunto das peças produzidas em Papel Duplex 400g/m² necessárias para a produção de uma unidade do brinquedo ocupa



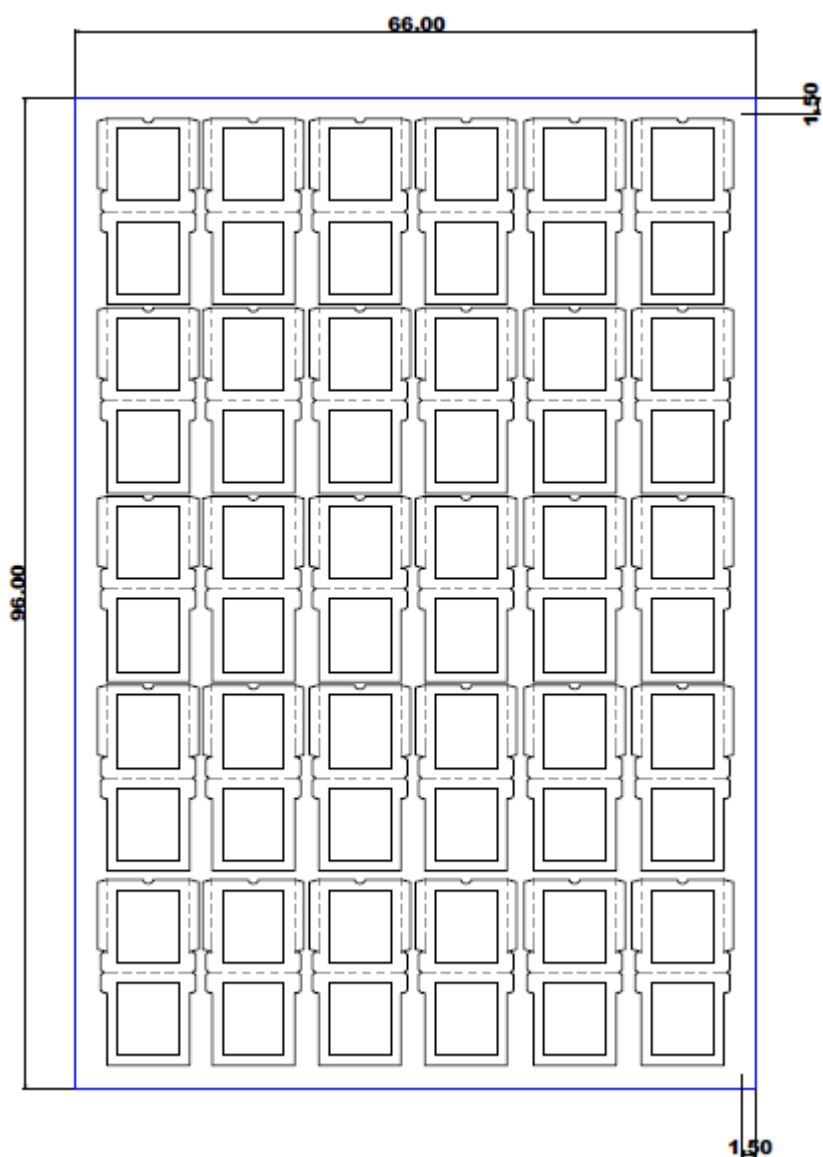
Fonte: Elaborada pela autora

Figura 181 – Área total de uma folha de Papel Duplex 400g/m² preenchida com peças para o aproveitamento máximo do material



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 182 – Área total de uma folha de Papel Triplex 250g/m² preenchida com envelopes para o aproveitamento máximo do material



Fonte: Elaborada pela autora

No caso da folha de Papel Triplex 250g/m², há sobra de material gerada pelos cortes da abertura de visualização dos quadros de animação (FIGURA 183). Por esse motivo, planeja-se o aproveitamento deste material por meio da produção de materiais acessórios no caso da produção para venda em financiamento coletivo. Estes materiais podem ser flipbooks de animação, um baralho de cartas relacionado ao personagem criado, um jogo da memória, entre outras aplicações.

Figura 183 – Sobra de material



Fonte: Elaborada pela autora

6.4 Custos

Os custos do protótipo serão detalhados a seguir:

- material: aproximadamente, R\$12,00;
- custos com corte a laser: R\$51,00.

Estes custos são para o caso da produção de apenas uma unidade do Roboscópio. Para a produção industrial, esses custos serão reavaliados, pois, com a disponibilidade de uma máquina de corte a laser apenas para este produto ou de outro equipamento para corte, como a máquina *Plotter* ou facas de corte industrial, os custos serão menores que os da terceirização do trabalho.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fim de investigar o problema proposto na **Pergunta de Pesquisa**, “Como proporcionar uma experiência de compreensão dos fenômenos intrínsecos a animação quadro a quadro e das suas técnicas por meio de um brinquedo óptico?”, utilizou-se a metodologia de Projeto de Produto Industrial Löbach (2001), que divide o projeto em quatro fases (Análise do problema, Geração de alternativas, Avaliação das alternativas e Realização da solução) para atingir o Objetivo Geral de projetar um brinquedo óptico que proporcionasse a experiência de compreensão dos fenômenos intrínsecos à animação quadro a quadro e das suas técnicas, e seus Objetivos Específicos.

A primeira fase consistiu na Pesquisa Bibliográfica, na qual a autora do projeto buscou entender como funciona a animação quadro a quadro desde seus fatos históricos até seu viés científico; e nas Análises de Similares, em que se estudaram detalhadamente os sistemas de brinquedos com funções e estruturas em comum com o projeto. A partir disso, foram gerados os Requisitos Projetuais, que serviram de diretrizes para o desenvolvimento do projeto e foram seguidos cautelosamente pela autora no decorrer do processo, como demonstram as fases de Geração e Avaliação das Alternativas. Por causa dessa necessidade de seguir requisitos, as fases de geração e avaliação das alternativas mesclaram-se durante o processo, já que a cada momento uma nova decisão era tomada e avaliada pensando no brinquedo como um todo, como observa-se pelo longo relato de desenvolvimento no capítulo 5. A partir desse processo, foi possível conceber uma solução projetual.

Conclui-se que o brinquedo óptico desenvolvido conseguiu responder a todos os **Requisitos Projetuais** definidos no início desta pesquisa. O sistema projetado (brinquedo, manual, embalagem e peças de apoio), com o pensamento de design sobre cada detalhe, considerando o ato de montar o sistema como parte do aprendizado e guiando o usuário por meio da narrativa visual e textual, prova que os brinquedos ópticos são muito mais do que parte da história do cinema, tendo um potencial didático imensurável por sua ludicidade.

Os pontos fortes deste projeto foram a inovação a partir do melhoramento estrutural do Retroscópio, com a proposição de envelopes para facilitar a troca de quadros de animação; o desenvolvimento de uma estrutura totalmente resistente utilizando-se de papel, um material normalmente associado a fragilidade; e o

desenvolvimento de uma ferramenta lúdica para o aprendizado da animação quadro a quadro a partir do Design Emocional, sendo não apenas um reprodutor de animação, como também um personagem, o que proporciona maior interesse e imersão do usuário na experiência de uso e, por consequência, maior absorção dos ensinamentos dos fenômenos e princípios da animação.

No decorrer do projeto, houve algumas **dificuldades**, tais como a limitação de disponibilidade de maquinário para corte das peças, já que as máquinas *Silhouette* foram disponibilizadas por terceiros e o corte na máquina a laser tinha custo alto por ser em poucas unidades; e pouco tempo para todo o detalhamento estético e de embalagem, pois a elaboração da estrutura do brinquedo demandou bastante tempo devido sua complexidade por ser uma estrutura de papel.

Partindo das dificuldades e tendo conhecimento de que estas poderiam ser amenizadas se houvesse uma disponibilidade maior de recursos e de tempo para aprofundamento da pesquisa, propõe-se que os **desdobramentos do projeto** sejam feitos no futuro, tendo em vista uma produção para venda em sites de financiamento coletivo ou um estudo mais detalhado em uma pesquisa de pós-graduação. Alguns dos desdobramentos propostos são: o desenvolvimento de mais personagens para o produto, para que seja feita uma linha de brinquedos que permitiria ao usuário escolher a estética com que mais se identificasse; o melhoramento do sistema de encaixe dos envelopes nos aros, para diminuir o tempo de encaixe, além de ajustes de produção; desenvolvimento de mais elementos para o kit do produto, que proporcionem ainda mais o aprendizado sobre a animação quadro a quadro e aproveitem as sobras de material, como flipbooks e kits de quadros de animação que representem cada um dos 12 princípios da animação.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, Joseph; ANDERSON, Barbara. The Myth of Persistence of Vision Revisited. **Journal of Film and Video**, Champaign, v. 45, n. 1, p. 3-12, Spring 1993. Disponível em: <http://archives.evergreen.edu/webpages/curricular/2005-2006/emergingorder/seminar/Week_1_Anderson.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- AUMONT, Jacques. **A imagem**. Tradução de Estela dos Santos Abreu e Cláudio C. Santoro. Campinas: Papyrus, 1993. (Coleção Ofício de Arte e Forma).
- BARBOSA JÚNIOR, Alberto Lucena. **Arte da animação: Técnica e estética através da história**. 2. ed. São Paulo: Editora Senac, 2005.
- BENTO, Nuno Lacerda. **Livro de Brinquedos Ópticos: Transposição do universo dos Brinquedos ópticos para o formato de livro**. 2009. Dissertação (Mestrado em Design da Imagem). Faculdade de Belas Artes Universidade do Porto, Porto, 2009. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/75160>>. Acesso em: 02 abr. 2018.
- BUCCINI, Marcos. **História do Cinema de Animação em Pernambuco**. 1. ed. Recife: Serifa Fina, 2017.
- CALEGARI, Eliana Paula; SILVA, Roseane Santos da. Redesenho de brinquedos: uma abordagem a partir do Design Emocional. **Revista de Design, Tecnologia e Sociedade**. Brasília, v.4, n.1, p.1-21, 2017. Disponível em: <<http://periodicos.unb.br/index.php/design-tecnologia-sociedade/article/download/20153/19072>>. Acesso em: 27 mai. 2018.
- CHAVES JÚNIOR, Cassimiro Carvalho. **Arte, técnica e estética investigação: animação cinematográfica**. 2009. Dissertação (Mestrado em Multimeios), Instituto de Artes, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/283995>>. Acesso em: 01 jun. 2018.
- CRARY, Jonathan. **Técnicas do observador: visão e modernidade no século XIX**. Tradução de Verrah Chamma. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012.
- CRUZ, Paula Ribeiro da. **Do Desenho Animado à Computação Gráfica: A Estética da Animação à Luz das Novas Tecnologias**. 2006. Monografia (Graduação em Produção em Comunicação e Cultura), Faculdade de Comunicação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006. Disponível em: <<http://www.bocc.ubi.pt/pag/cruz-paula-desenho-animado-computacao-grafica.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2018.
- DAMAZIO, Vera; MONT'ALVÃO, Cláudia. Prefácio. In: NORMAN, Donald A. **Design emocional: Por que adoramos (ou detestamos) os objetos do dia-a-dia**. Rio de Janeiro: Rocco, 2008.
- KICKSTARTER. **Desktop Mutoscope featuring Animations by Anna Taberko**. 2017. Disponível em: <<https://www.kickstarter.com/projects/1765367532/desktop-mutoscope-featuring-animations-by-anna-tab>>. Acesso em: 03 set. 2018.

LÖBACH, Bernd. **Design industrial** - Bases para a configuração dos produtos industriais. Tradução de Freddy Van Camp. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2001.

LUZ, Filipe Soares Branco da Costa. **Movimento na Animação**: Para uma Reclassificação Digital. 2013. Tese (Doutorado em Ciências da Comunicação), Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013. Disponível em: <<https://run.unl.pt/handle/10362/12101>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

MCCLLOUD, Scott. **Desvendando os quadrinhos**. Tradução de Helcio de Carvalho e Marisa do Nascimento Paro. São Paulo: Makron Books, 1995.

MIRANDA, Cristina. Aparelhos ópticos do século XIX e observador moderno - Introdução ao tema. *In*: Congresso Brasileiro da Comunicação, 24., 2001, Campo Grande. **Intercom**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, 2001. Disponível em: <<http://www.portcom.intercom.org.br/pdfs/98512469167714829800863374215340539561.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

MIRANDA, Maria Cristina. Novos modos de atenção, lazer, desejo e percepção - Aparelhos ópticos do século XIX. *In*: Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação, 26., 2003, Poços de Caldas. **Reunião Anual da ANPEd**. Goiânia: Gráfica Editora Vieira, 2003. p. 187-204. Disponível em: <http://www.ssl.faced.ufba.br/twiki/pub/GEC/TrabalhoAno2003/novos_modos.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

NÓBREGA, Débora da Silva. **ANIMAÇÃO QUADRO A QUADRO**: Uma experiência didática no ensino da História. Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho', Marília, 2007. Disponível em: <https://www.marilia.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/Educacao/Dissertacoes/nobrega_ds_ms_mar.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2018.

NORMAN, Donald A. **Design emocional**: Por que adoramos (ou detestamos) os objetos do dia-a-dia. Tradução de Ana Deiró. Rio de Janeiro: Rocco, 2008.

PAZMINO, Ana Veronica. **Como se cria**: 40 métodos para design de produtos. São Paulo: Blucher, 2015.

PIAGET, Jean. **Seis estudos de psicologia**. Tradução de Maria Alice Magalhães D'Amorim e Paulo Sérgio Lima Silva. 24. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1999.

PRUDÊNCIO, Sara Pires; GOMES, Carlos Alberto Eirão. O brinquedo óptico enquanto pretexto para explorar a percepção e a relação com a imagem em movimento. **Revista Matéria-Prima**, Lisboa, v. 4, n. 3, p. 196-202, set./dez. 2016. Disponível em: <http://materiaprima.fba.ul.pt/MP_v4_iss3.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

THOMAS, Frank; JOHNSTON, Ollie. **The Illusion of Life: Disney Animation**. rev. ed. New York: Hyperion, 1995.

WADE, Nicholas J. Toying with Science. **Perception**, Pion, v. 33, p.1025-1032, sep. 2004. Disponível em <<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1068/p3309ed>>. Acesso em: 5 jun. 2018.

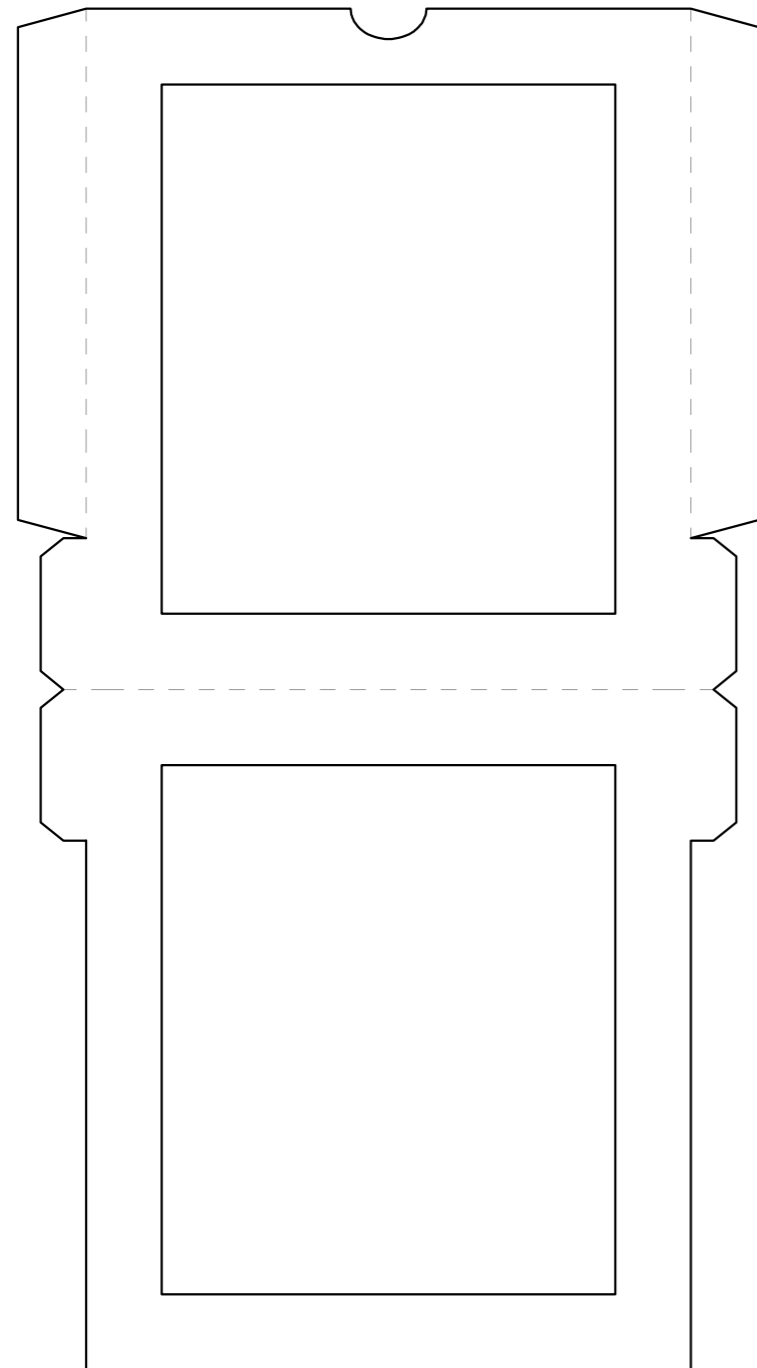
WELLS, Paul. **Understanding Animation**. London & New York: Routledge, 1998.

WILLIAMS, Richard. **The Animator's Survival Kit - A Manual of Methods, Principles and Formulas for Classical, Computer, Games, Stop-motion and internet animators**. Expanded ed. London: Faber & Faber, 2009.

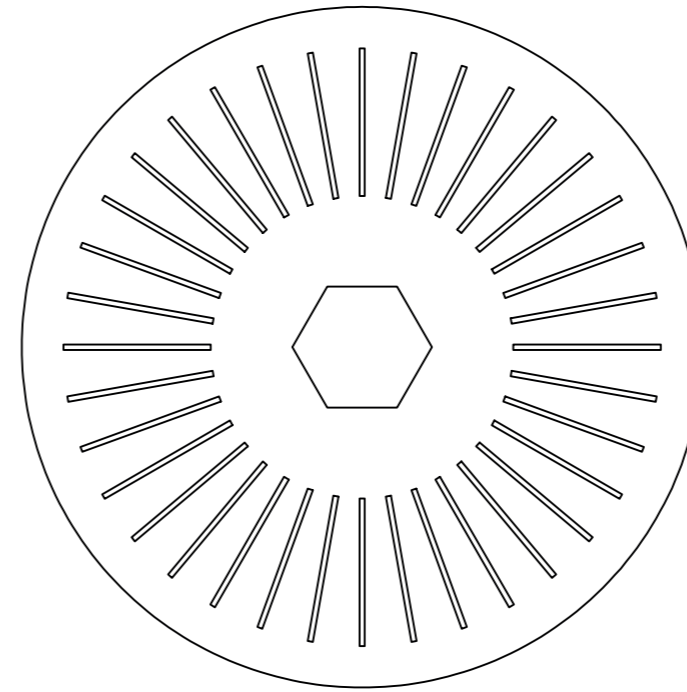
APÊNDICES

APÊNDICE A - PRANCHA DE DESENHO TÉCNICO 01/04

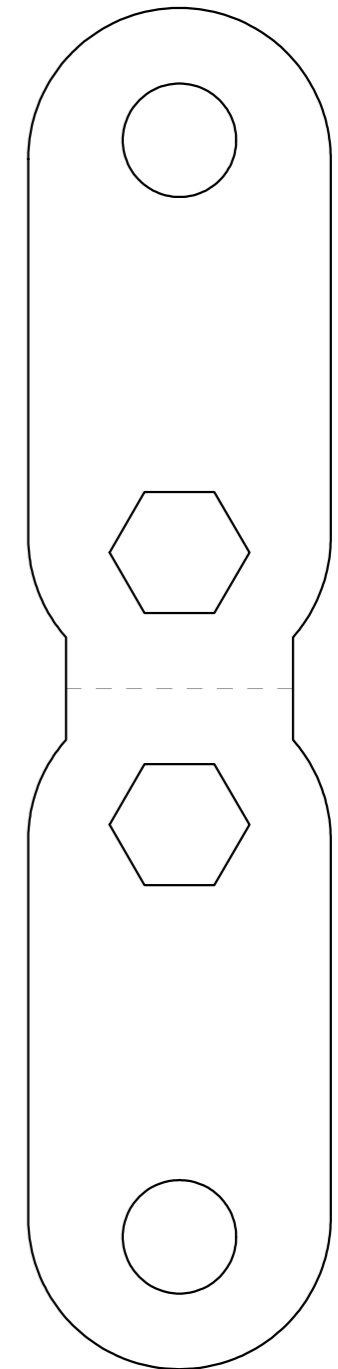
PEÇA 01: ENVELOPE



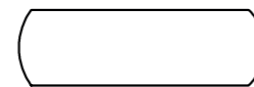
PEÇA 02: ARO



PEÇA 04: MANIVELA



PEÇA 03: TRAVA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

BRINQUEDO ÓPTICO: UM MEIO PARA A COMPREENSÃO DA ANIMAÇÃO QUADRO A QUADRO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM DESIGN

NOME: SARA MARIA MARQUES BASTOS

MAT.: 374305

JUN/2019

CENTRO DE TECNOLOGIA | DEPTO. DE ARQ. E URB. E DESIGN | CURSO DE DESIGN

ESC.:
1/1

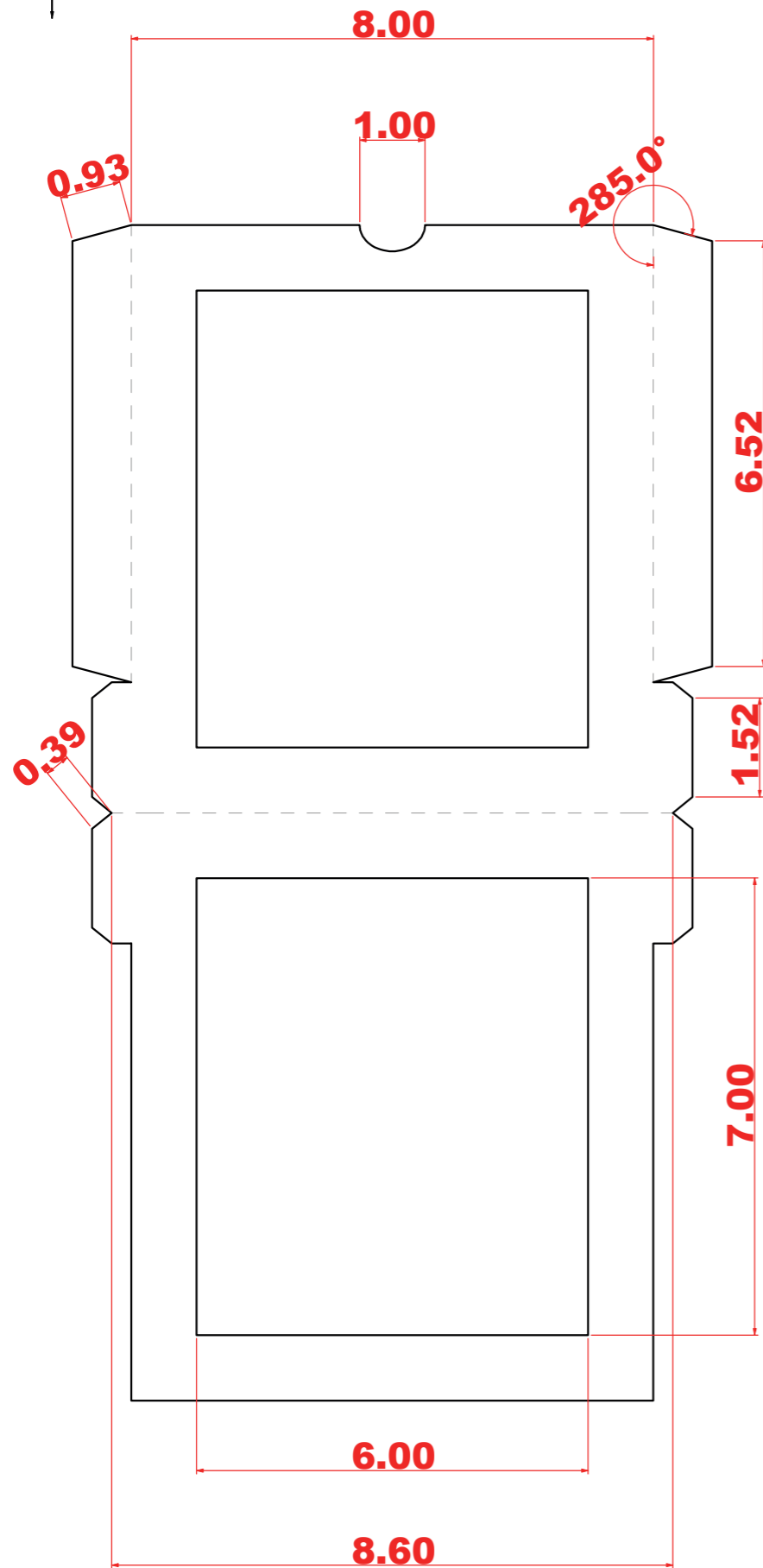
UND.:
cm



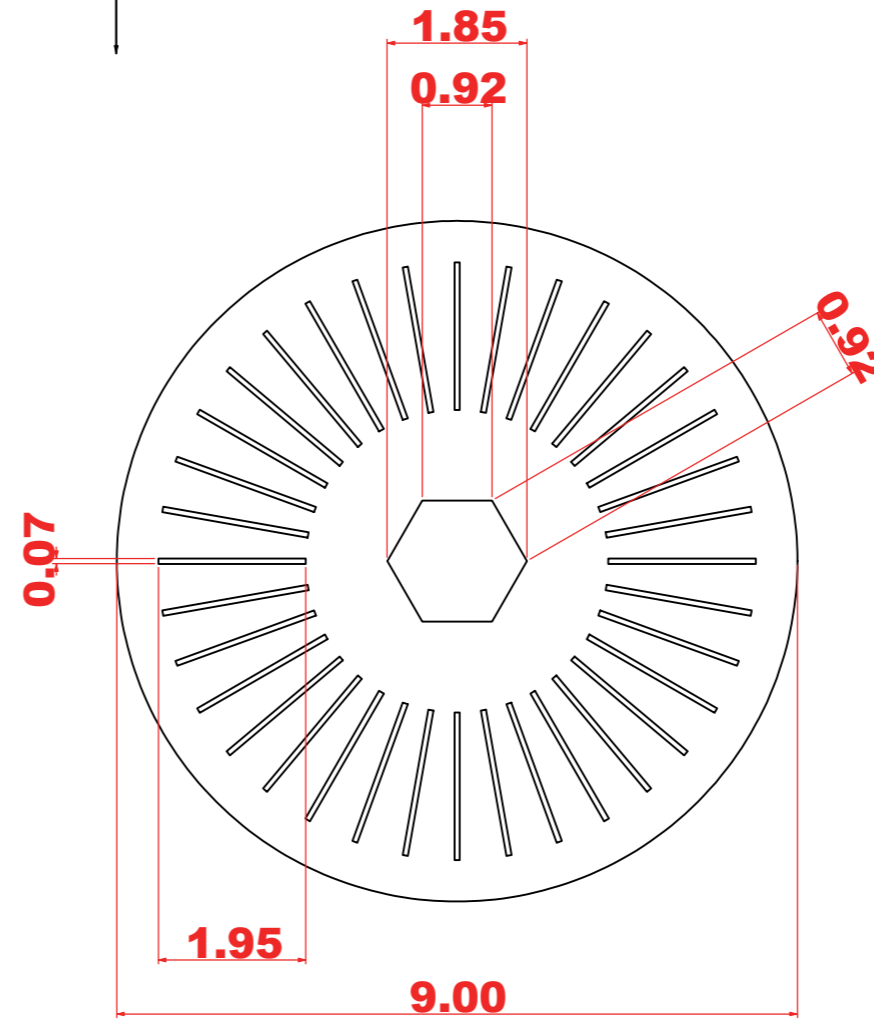
01/04

APÊNDICE B - PRANCHA DE DESENHO TÉCNICO 02/04

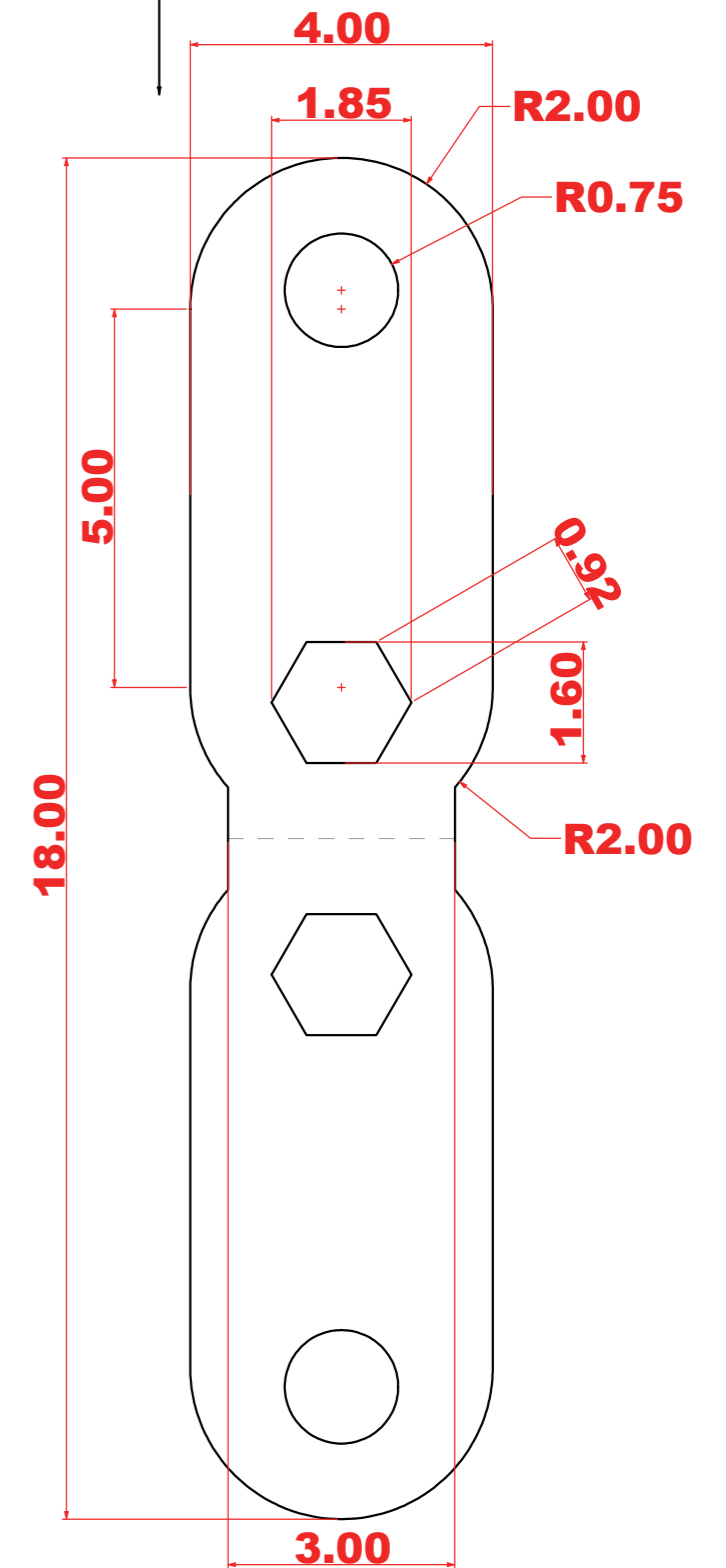
PEÇA 01: ENVELOPE



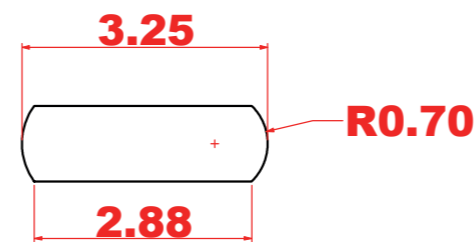
PEÇA 02: ARO



PEÇA 04: MANIVELA



PEÇA 03: TRAVA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

BRINQUEDO ÓPTICO: UM MEIO PARA A COMPREENSÃO DA ANIMAÇÃO QUADRO A QUADRO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM DESIGN

NOME: SARA MARIA MARQUES BASTOS

MAT.: 374305

JUN/2019

CENTRO DE TECNOLOGIA | DEPTO. DE ARQ. E URB. E DESIGN | CURSO DE DESIGN

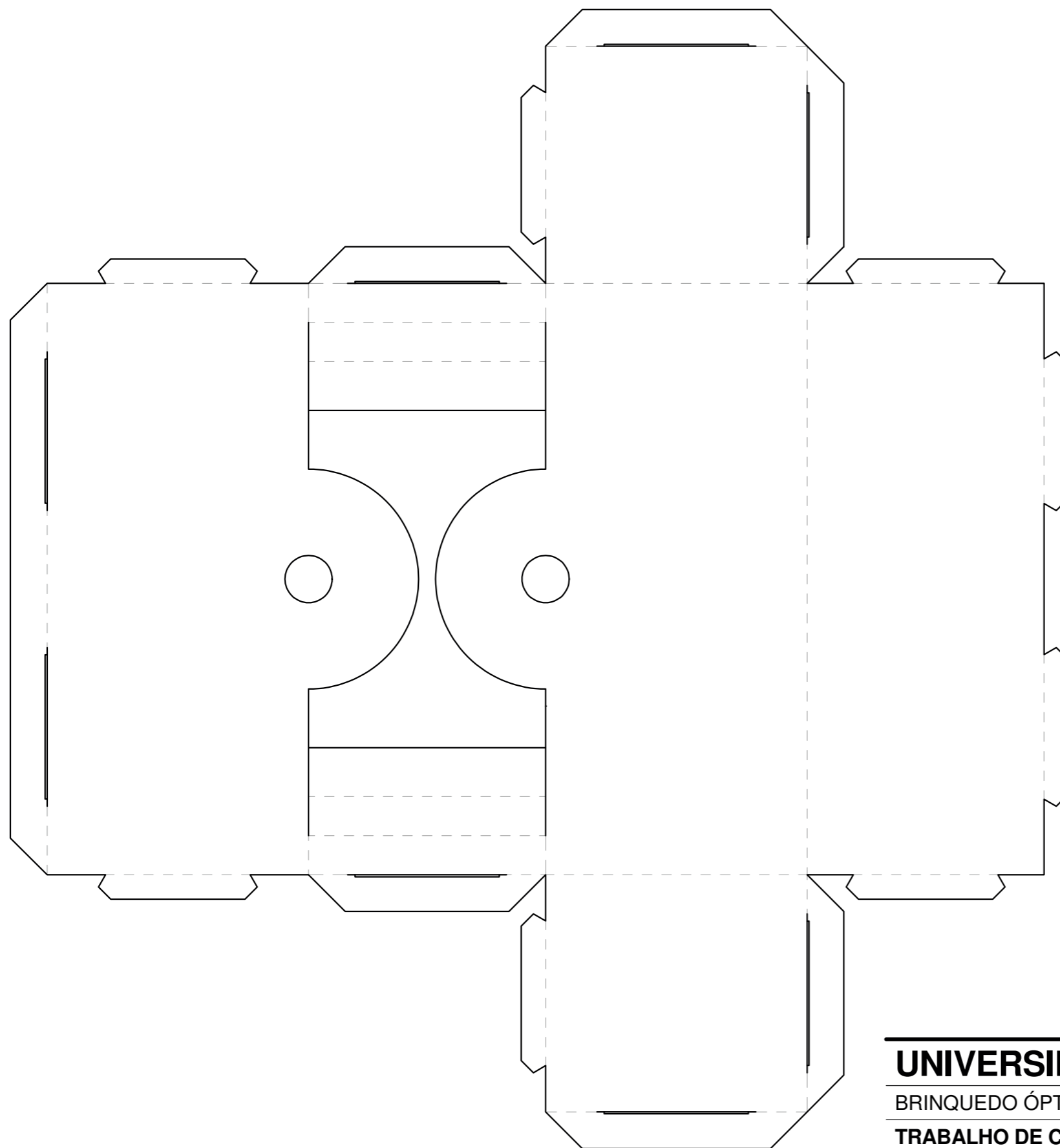
ESC.:
1/1

UND.:
cm



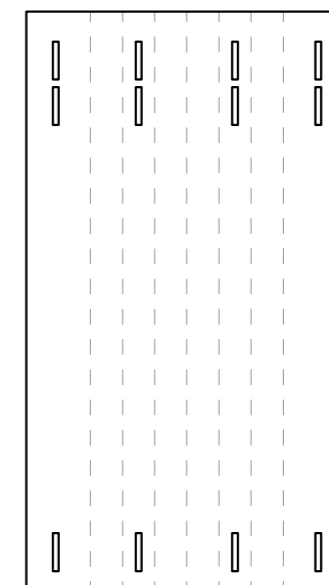
02/04

APÊNDICE C - PRANCHA DE DESENHO TÉCNICO 03/04



PEÇA 05: CAIXA

PEÇA 06: EIXO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

BRINQUEDO ÓPTICO: UM MEIO PARA A COMPREENSÃO DA ANIMAÇÃO QUADRO A QUADRO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM DESIGN

NOME: SARA MARIA MARQUES BASTOS

MAT.: 374305

JUN/2019

CENTRO DE TECNOLOGIA | DEPTO. DE ARQ. E URB. E DESIGN | CURSO DE DESIGN

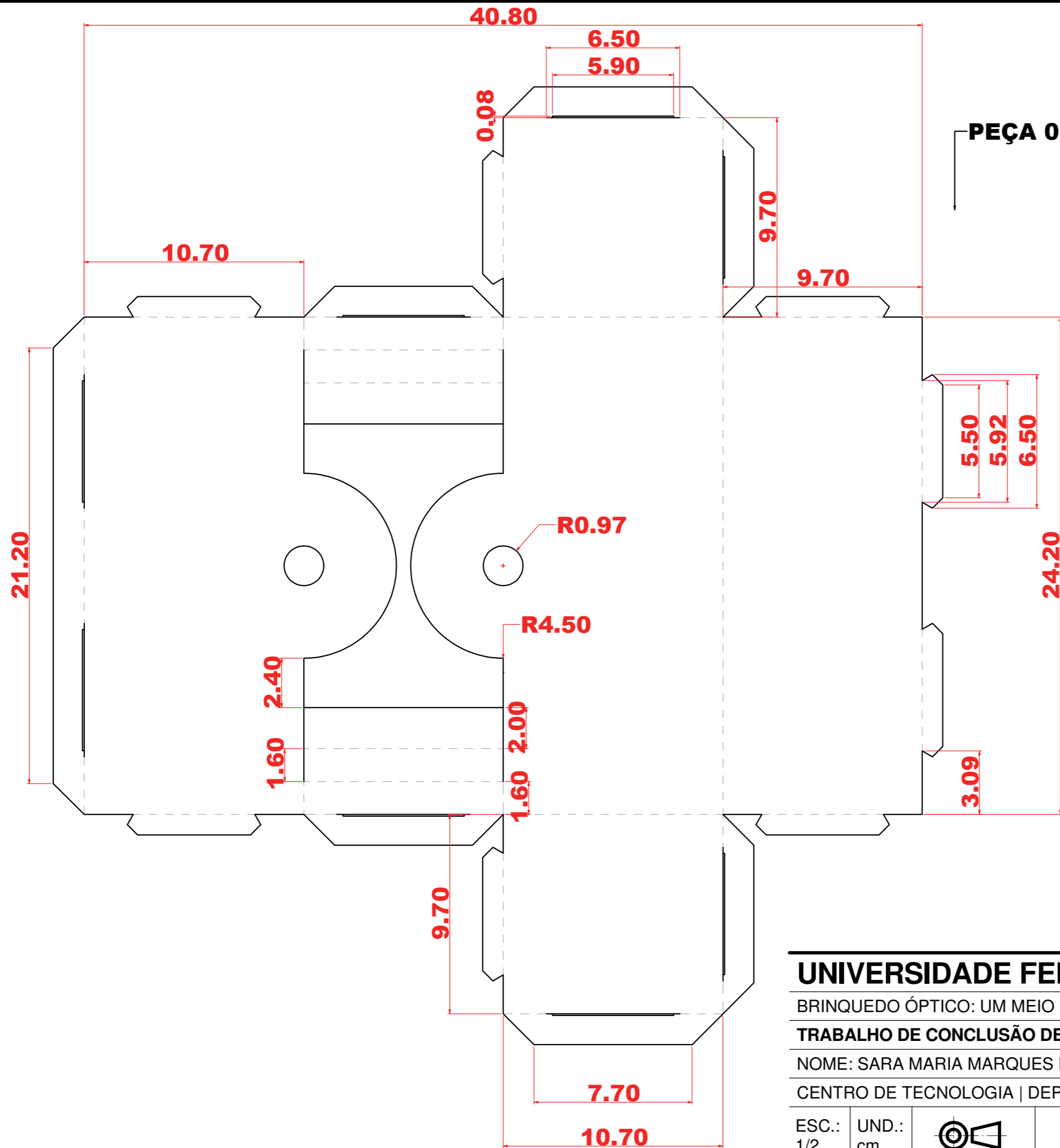
ESC.:
1/2

UND.:
cm

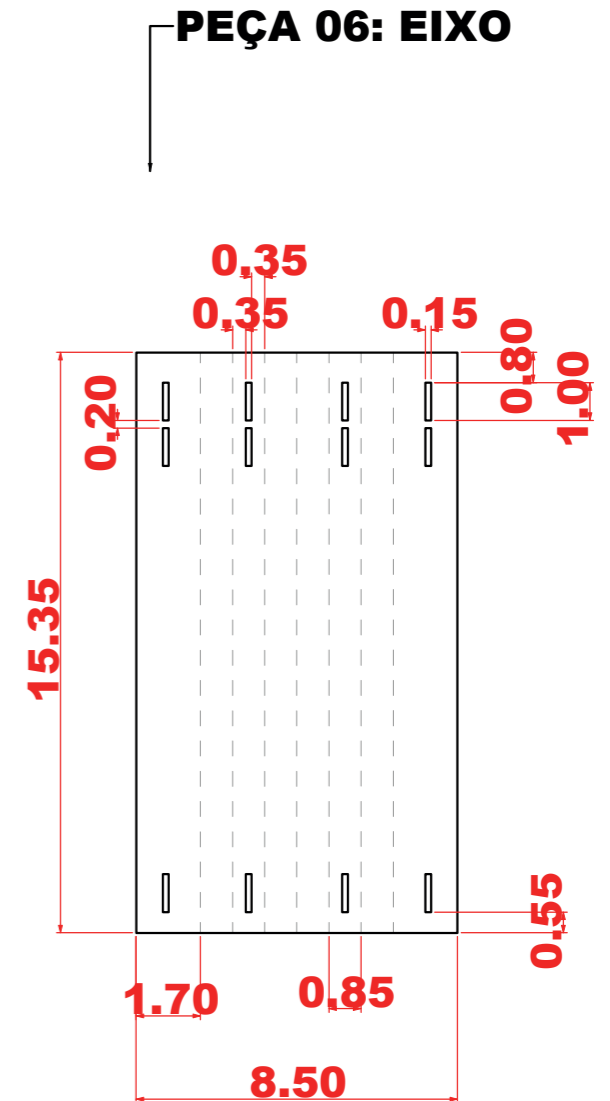


03/04

APÊNDICE D - PRANCHA DE DESENHO TÉCNICO 04/04



PEÇA 05: CAIXA



PEÇA 06: EIXO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

BRINQUEDO ÓPTICO: UM MEIO PARA A COMPREENSÃO DA ANIMAÇÃO QUADRO A QUADRO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM DESIGN

NOME: SARA MARIA MARQUES BASTOS

MAT.: 374305

JUN/2019

CENTRO DE TECNOLOGIA | DEPTO. DE ARQ. E URB. E DESIGN | CURSO DE DESIGN

ESC.:
1/2

UND.:
cm

