

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Curso de Desenho Industrial

Projeto de Produto

Relatório de Projeto de Graduação

Controlador para animação esquelética 2D - QFRAME



Vítor Bruno Santos da Costa

Escola de Belas Artes

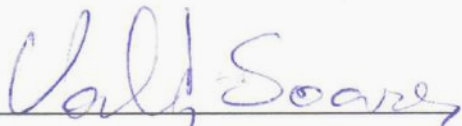
Departamento de Desenho Industrial

Controlador para animação esquelética 2D - QFRAME

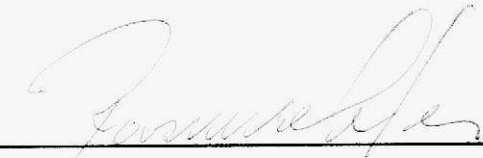
Vítor Bruno Santos da Costa

Projeto submetido ao corpo docente do Departamento de Desenho Industrial da Escola de Belas Artes da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Desenho Industrial/ Habilitação em Projeto de Produto.

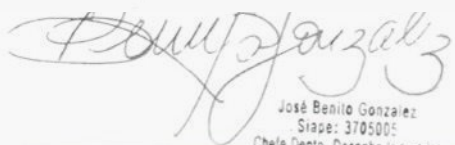
Aprovado por:



Prof. Dr. Valdir Ferreira Soares



Prof. Dr. Roosevelt da Silva Teles



José Benito Gonzalez
Siape: 3705005
Chefe Depto. Desenho Industrial
EBA/UF RJ

Prof. . José Benito Sanchez Gonzalez

Rio de Janeiro, Maio de 2023

CIP - Catalogação na Publicação

S237c Santos da Costa, Vítor Bruno
Controlador para animação esquelética 2D - QFRAME
/ Vítor Bruno Santos da Costa. -- Rio de Janeiro,
2023.
116 f.

Orientador: Valdir Soares.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Belas Artes, Bacharel em Desenho Industrial, 2023.

1. Periférico de entrada. 2. Design de
eletrônicos. 3. Animação digital. 4. Interação Humano
computador. 5. Ergonomia. I. Soares, Valdir,
orient. II. Título.

Resumo do Projeto submetido ao Departamento de Desenho Industrial da EBA/UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Desenho Industrial.

Controlador para animação esquelética 2D – QFRAME

Vítor Bruno Santos da Costa

Abril de 2023

Orientador: Professor Valdir Ferreira Soares

Departamento de Desenho Industrial/Projeto de Produto

Estudo desenvolvido com o objetivo de apresentar um projeto de controlador adequado ao exercício da animação esquelética digital, em especial sob o regime de teletrabalho. Apóia-se na literatura existente sobre design de teclados e temas adjacentes, assim como na análise do mercado e em testes com protótipos físicos para sugerir soluções aos problemas encontrados durante a observação no trabalho real ou reportados por meio de enquete. Por fim, detalha um projeto de produto baseado nas informações levantadas.

Abstract of Summary presented to Industrial Design Course – EBA/UFRJ as partial fulfillment of requirements for approval in graduation of Bachelor Degree in Industrial Design – Qualification in Product Design

Controller for skeletal 2D animation – QFRAME

Vítor Bruno Santos da Costa

April 2023

Adviser: Professor Valdir Ferreira Soares

Department of Industrial Design/Product Design

Study developed with the aim of presenting a controller project suitable for digital skeletal animation, especially under remote work conditions. Bases itself on existing literature on keyboard design and related topics, as well as market analysis and testing with physical prototypes, to suggest solutions to problems encountered during real work observation or reported through surveys. Finally, it details a product design based on the information gathered

Lista de figuras

Figura 1 – Fases do processo de design	5
Figura 2 – Fatores de análise do problema	6
Figura 3 – Desenho de cinco figuras sequenciais pintadas em um vaso no sítio da Cidade Queimada, Irã. Final da metade do 3º Milênio A.C.	9
Figura 4 – Sequência de desenhos cria uma ilusão de movimento	10
Figura 5 – Esquema representando células de animação sobrepostas	10
Figura 11 – Quadro de Katsudō Shashin (1907), um dos primeiros exemplos de filmes de animação.	11
Figura 12 - Quadro de Fuga das Galinhas (2000), um exemplo do processo de stop-motion.	11
Figura 13 – Interface do Software de animação TVPaint	12
Figura 14 – Quadro de God of War (2018), jogo vendeu mais de 22 milhões de cópias	13
Figura 15 – Exemplo de Rig de personagem em pose padrão	14
Figura 16 – Peça de “braço” sendo transformada por rotação	14
Figura 17 – Vista distante de uma cadeia de nodos que compõem um rig	15
Figura 18 – Banco de desenhos de bocas	16
Figura 19 – Rig de personagem com controles de deformação visíveis	16
Figura 20 – Peça de “braço” sendo transformada por deformação	17
Figura 21 – Ferramenta de “Onion Skin” representando quadros adjacentes na linha do tempo	18
Figura 22 – Distribuição de áreas de atuação entre os respondentes	19
Figura 23 – Distribuição da idade dos respondentes por faixa etária	20
Figura 24 – Distribuição de modalidade de trabalho entre os respondentes	21
Figura 25 – Distribuição de carga de trabalho reportada, em horas semanais	22
Figura 26 – Distribuição da renda mensal dos respondentes por faixas	23
Figura 27 – Distribuição de ambiente de trabalho entre respondentes	24
Figura 28 – Distribuição de tipo de computador utilizado por número de menções	25

Figura 29 – Divisão entre usuários e não-usuário de mouse	26
Figura 30 – Divisão entre usuários e não-usuário de teclado	26
Figura 31 – Divisão entre usuários e não-usuário de mesa digitalizadora	27
Figura 32 – Ordenamento de Softwares de animação por número de menções	27
Figura 33 – Divisão entre usuários e não-usuários do software ToonBoom Harmony	28
Figura 34 – Divisão entre usuários que reportam ou não dores relacionadas ao trabalho	29
Figura 35 – Distribuição de graus de intensidade de dores descritos	29
Figura 36 – Mapeamento de dores descritas por número de menções	30
Figura 37 – Desenho da alternativa A	37
Figura 38 – Desenho da alternativa B	38
Figura 39 – Desenho da alternativa C	39
Figura 40 – Desenho da alternativa A1	42
Figura 41 – Desenho da alternativa A2	43
Figura 42 – Desenho da alternativa A3	44
Figura 43 – Exemplo de configuração de fileiras escalonadas, encontrada usualmente em teclados	49
Figura 44 – Máquina de escrever Remington Portable (1920) com layout de fileiras escalonadas	49
Figura 45 – Exemplo de configuração ortolinear	50
Figura 46 – Configuração de colunas escalonadas, letras incluídas para facilidade de referência	51
Figura 47 – Teclado Maltron L90, com dois nichos de polegar próximos ao centro	51
Figura 48 – Esquema de eixos de rotação de um teclado	52
Figura 49 – Supinação e pronação do antebraço	53
Figura 50 – Desvios radial e ulnar dos punhos	54
Figura 51 – Flexão e Extensão dos pulsos	55
Figura 52 – Teclado desmontado, revelando uma membrana de domos de borracha	56

Figura 53 – Uma série de interruptores mecânicos sortidos da marca Cherry MX	57
Figura 54 – Interruptor de baixo perfil Choc V2, da Kailh	57
Figura 55 – Mouse Ambidestro M190, da Logitech	58
Figura 56 – Esquema sugerido de relação entre controles e funções	59
Figura 57 – Modelo de teste em uma de suas configurações	60
Figura 58 – Exemplo de uso do modelo de testes	61
Figura 59 – Modelo 3D baseado na configuração selecionada	61
Figura 60 – Modelo 3D baseado na configuração selecionada	62
Figura 61 – Modelagem final do produto	63
Figura 62 – Dimensões gerais do produto	63
Figura 63 – Vista explodida	64
Figura 64 – Caixa	65
Figura 65 – Circuito Impresso	66
Figura 66 – Exemplo de conector USB-C	66
Figura 67 – Chapa	67
Figura 68 – Knob A	67
Figura 69 – Knob B	68
Figura 70 – Knob C	68
Figura 71 – Roda de Scroll	69
Figura 72 – Parte inferior da caixa com pés antiderrapantes	70
Figura 73 – Suporte angulado em uma de suas configurações	70
Figura 74 – Suporte em sua posição retraída	71
Figura 75 – Tampa	71
Figura 76 – Tecla simples	72
Figura 77 – Detalhe do encaixe da tecla simples	72
Figura 78 – Tecla dupla	73
Figura 79 – Detalhe do encaixe da tecla dupla	73
Figura 80 – Estabilizador	74

Figura 81 – Interruptor	74
Figura 82 – Parafusos sextavados internos de cabeça chata em vários comprimentos	75
Figura 83 – Exemplo de placa de circuito impresso em FR-4	78
Figura 84 – Renderização A	78
Figura 85 – Renderização B	79
Figura 86 – Renderização C, demonstrando o suporte inclinável em uso	79
Figura 87 - Logotipo em diferentes paletas	80

Lista de tabelas

Tabela 1 – Análise de funções do software ToonBoom Harmony	31
Tabela 2 – Análise de similares parte 1	32
Tabela 3 – Análise de similares parte 2	33
Tabela 4 – Análise de similares parte 3	34
Tabela 5 – Análise de similares parte 4	35
Tabela 6 – Critérios de avaliação de características de produtos	36
Tabela 7 – Critérios de avaliação de características de produtos	41
Tabela 8 – Relação entre funções e controles	47
Tabela 9 – Relação de componentes	65

Sumário

Introdução	1
I - Elementos da proposição	2
I.1. Tema Projetual	2
I.2. Justificativa	2
I.3. Público Alvo	3
I.4. Objetivos	3
I.5. Resultados Esperados	4
I.6. Metodologia	5
I.6.1 Fase de preparação	5
I.6.2 Fase da geração	7
I.6.3. Fase da avaliação	7
I.6.4. Fase da realização	7
II – Levantamento e Análise de dados	9
II.1. Contexto Histórico	9
II.2. Análise da Atividade	13
II.3. Análise do Público Alvo	18
II.3.1. Questionário	18
II.3.1.1. Área de atuação	19
II.3.1.2. Faixa etária	20
II.3.1.3. Modalidade de trabalho	20
II.3.1.4. Carga de trabalho semanal	22
II.3.1.5. Renda mensal	23
II.3.1.6. Ambiente de trabalho	23
II.3.1.7. Computador utilizado	24
II.3.1.8. Periféricos utilizados	25

II.3.1.9. Software utilizados	27
II.3.1.10. Dores relacionadas ao trabalho	28
II.4. Análise da Relação do Homem e Objeto	30
II.5. Análise de Similares	32
II.5.1. Conclusões da Análise	35
III – Conceituação e Desenvolvimento do Projeto	36
III.1. Geração de Alternativas	36
III.1.1. Etapa de desenho livre	36
III.1.1.1. Alternativa A	37
III.1.1.2. Alternativa B	38
III.1.1.3. Alternativa C	39
III.1.1.4. Conclusões da etapa de desenho livre	40
III.1.2. Etapa de desenho direcionado	41
III.1.2.1. Alternativa A1	42
III.1.2.2. Alternativa A2	43
III.1.2.3. Alternativa A3	44
III.1.2.4. Conclusões da etapa de desenho direcionado	45
III.2. Detalhamento do Projeto	46
III.2.1. Escolha de controles	46
III.2.2. Ergonomia	48
III.2.2.1. Layout de colunas escalonadas	49
III.2.2.2. Adaptações para o polegar	51
III.2.2.3. Inclinações	52
III.2.2.3.1. Eixo longitudinal	53
III.2.2.3.2. Eixo vertical	54
III.2.2.3.3. Eixo lateral	54
III.2.2.4. Espessura	55
III.2.2.5. Teclas mecânicas de perfil baixo	56

III.2.2.6. Ambidestria	58
III.2.3. Atribuição dos controles	59
III.2.4. Modelo físico de teste	60
IV – Resultado do Projeto	63
IV.1. Proposta Final	63
IV.1.1. Dimensionamento Geral	63
IV.1.2 Componentes	64
IV.2. Detalhamento dos componentes	65
IV.2.1. Caixa	65
IV.2.2. Circuito impresso	66
IV.2.3. Chapa	67
IV.2.4. Knobs ou Controles rotativos	67
IV.2.5. Roda de Scroll	69
IV.2.6. Pés Antiderrapantes	70
IV.2.7. Suporte inclinável	70
IV.2.8. Tampa	71
IV.2.9. Tecla (Keycap) simples	72
IV.2.10. Tecla (Keycap) dupla	73
IV.2.11. Estabilizador	74
IV.3. Itens de série	74
IV.3.1. Interruptor (Switch)	74
IV.3.2. Parafusos	75
IV.4. Materiais e processos	76
IV.4.1 ABS	76
IV.4.2 Alumínio	76
IV.4.3. Borracha	77
IV.4.4. Substrato da Placa de Circuito	77
IV.5. Visualizações	78

IV.6. Título e marca

80

Conclusão

81

INTRODUÇÃO

A crescente indústria brasileira de animação digital sofreu transformações que até então perduram em decorrência da pandemia do vírus COVID-19: as especificidades do trabalho permitiram, em muitos casos, a transição da maior parte da produção para o contexto remoto. Mesmo após o relaxamento das medidas de segurança, estúdios continuaram implementando teletrabalho, integralmente ou em modalidade híbrida.

Este momento coloca em evidência um número de questões acerca do trabalho digital e remoto. Sem o ambiente controlado de estúdios, os trabalhadores podem se encontrar expostos a novos fatores que põem em perigo sua saúde física e mental, e fatores de risco até então intrínsecos ao trabalho digital podem ser potencializados. Estas condições estão também atreladas a uma possível queda na produtividade que, por sua vez, pode ocasionar em cargas de trabalho excessivas, mais um fator de risco aos trabalhadores do meio.

O desenvolvimento deste projeto busca, portanto, investigar as particularidades do trabalho de animação digital e remoto na atual indústria de animação, identificar problemas específicos ao exercício da profissão e, então, propor uma ferramenta de trabalho que ofereça soluções a esses problemas, ao mesmo tempo que evita deficiências encontradas em periféricos já oferecidos no mercado.

I - Elementos da proposição

I.1. Tema Projetual:

A forma como se pensa e formata o trabalho está sob constante transformação. A pandemia da COVID-19 ocasionou uma súbita mudança no paradigma da organização da produção, impossibilitando ou, ao menos, dificultando a realização da jornada de trabalho de inúmeras indústrias da forma como era outrora convencionada. Nesse contexto, um grande número de profissionais teve seu primeiro contato com o trabalho a domicílio.

O trabalho em casa, porém, já era há muito tempo uma realidade para uma parcela dos profissionais do meio da animação, uma indústria ainda relativamente jovem e crescente no âmbito nacional: certamente não é incomum encontrar animadores, ou profissionais de áreas relacionadas (riggers, storyboarders, cenaristas) que já atuavam de seus lares desde antes da recente pandemia, muitos destes atuando de forma autônoma. Esta modalidade de trabalho, porém, apresenta desafios únicos a serem enfrentados: jornadas irregulares, ambientes de trabalho inusuais ou improvisados, e condições variáveis de disposição de equipamentos são fatores que afetam a produtividade e podem pôr em risco a saúde dos profissionais. É buscando atender a estas questões que é feita a proposta deste projeto.

I.2. Justificativa

O desejo pela execução da proposta aqui apresentada surge, em grande parte, de experiências de trabalho do autor com o exercício da animação em diferentes contextos, tanto presenciais quanto remotos, e com o resultante diálogo com um grande número de profissionais da área e de áreas adjacentes. Também influenciam a decisão por esta proposta as experiências de buscar por produtos que se adéquem a este tipo de trabalho, atrás de um maior conforto e da otimização da produção, buscas estas que são frequentemente frustradas por aquilo que é atualmente oferecido no mercado, pelos motivos apontados a seguir.

Apresentam-se, então, os pontos principais que delineiam a motivação por trás da execução deste projeto: primeiramente, a representação deste tipo de dispositivo no contexto do mercado nacional de consumo deixa muito a desejar. Existe pouca variedade, os produtos são difíceis de encontrar e os preços são realisticamente inacessíveis, sendo sua maioria (ou todos) importados. Além disto, muitos desses produtos são dispostos como acessórios “premium”, ou adereços, e não como ferramentas de trabalho, assim como buscam abranger uma ampla gama de públicos com um projeto de produto (e de marketing) genericamente útil. Este projeto, por sua vez, pretende atender às necessidades específicas do corpo profissional da área de animação, o que envolve também tratar de problemas e riscos intrínsecos a esta modalidade de trabalho. E esta solução deve, é evidente, apresentar-se de forma acessível e compatível com a realidade de um profissional médio da área.

Ainda, as já mencionadas insuficiências de produtos semelhantes no mercado nacional servem logicamente como potencializador para a execução do projeto, que possui um vácuo para preencher, e cuja performance pode sinalizar a viabilidade ou não de desenvolvimentos subsequentes nesta direção.

I.3. Público Alvo

O projeto busca atender a profissionais da indústria de animação digital esqueletal (cut-out), especificamente animadores, com um foco na força de trabalho que realiza sua função na condição de teletrabalho, ou home-office.

I.4. Objetivos

Apresenta-se como objetivo geral deste projeto a elaboração de um dispositivo que transforme positivamente, em uma série de fatores, a atividade laboral dos profissionais da indústria da animação.

Apresentam-se também os seguintes objetivos específicos:

Analisar os fluxos de trabalho de profissionais da área de animação;

Analisar as relações de interface entre controladores físicos e processos digitais;

Desenvolver uma ferramenta que permita maior otimização do tempo e esforço dos profissionais;

Desenvolver um estudo do exercício da atividade em questão, e elaborar um projeto ergonômico que atenda às questões específicas da mesma;

Pensar o processo de fabricação do produto a fim de viabilizar o acesso a ele pelo corpo profissional de forma compatível com sua realidade financeira;

Verificar a viabilidade teórica e de demanda de projetos de ferramentas voltadas a atividades digitais específicas.

I.5. Resultados Esperados

Espera-se que o projeto apresente uma melhora nas condições de trabalho do animador, oferecendo uma ferramenta acessível ao profissional médio, que proporcione uma experiência confortável e que atenda às questões de saúde do mesmo: tanto diretamente em evitar e/ou aliviar problemas como lesões por esforço, quanto indiretamente ao auxiliar na otimização do tempo em que é feito o trabalho, tarefa que se faz mais importante ainda em uma indústria notória por prazos apertados e cultura de “crunch”, grandes agravantes de más condições.

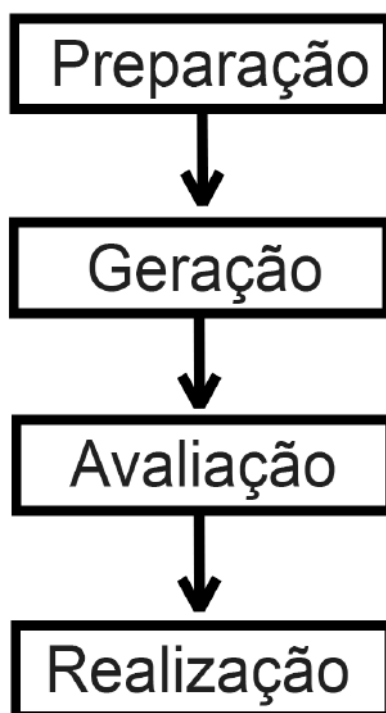
É esperado também que a pesquisa realizada revele informações sobre a viabilidade deste tipo de ferramenta, abrindo a possibilidade de desenvolvimento de alternativas a esta e outras áreas de produção.

I.6. Metodologia

O desenvolvimento deste projeto foi estruturado primariamente com base na metodologia de Bernd Löbach, conforme descrita no livro *“Design Industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais.”*, 1ª Edição pela Editora Blücher, e tradução por Freddy Van Camp. A escolha foi feita, em grande parte, baseada na maior familiaridade com o método que foi desenvolvida ao decorrer do curso de graduação.

Em sua metodologia, Löbach prevê a separação do processo criativo nas seguintes quatro etapas:

Figura 1 – Fases do processo de design



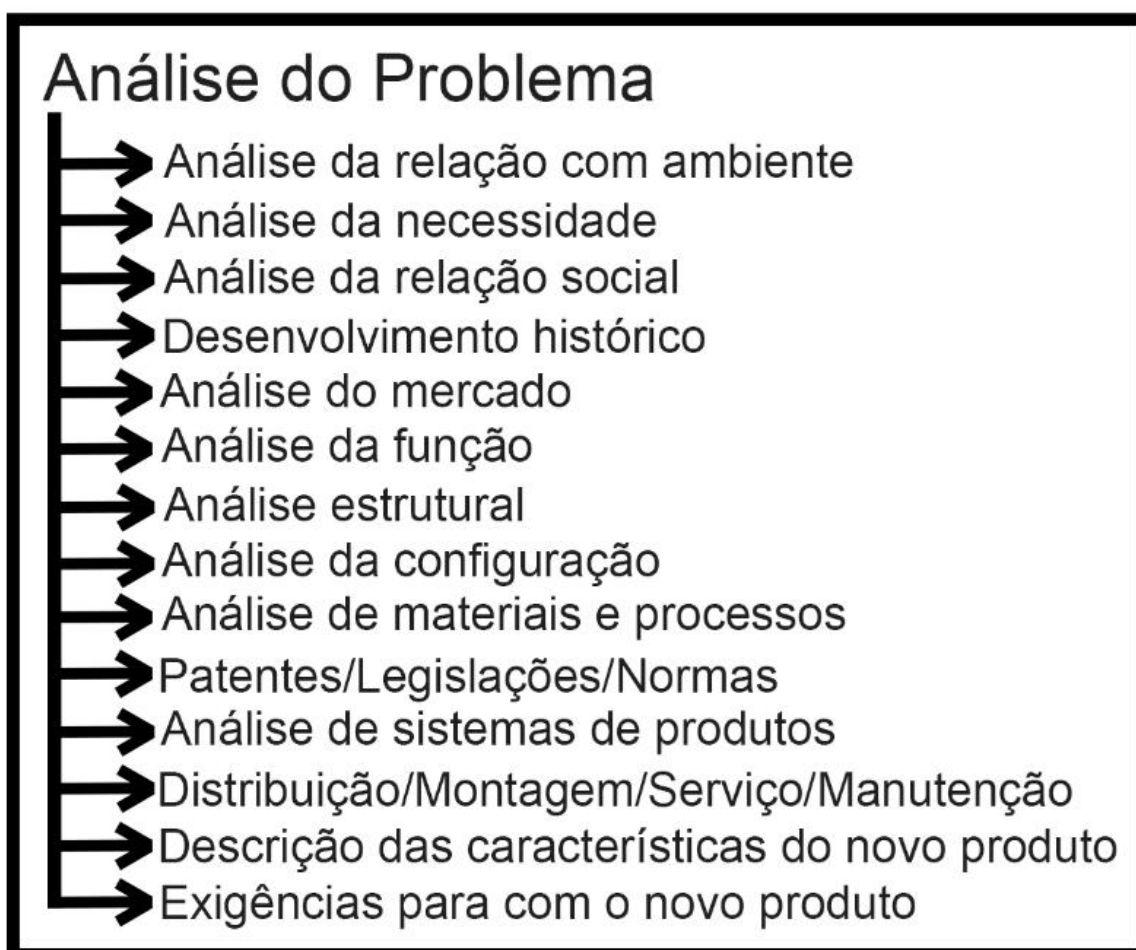
Fonte: acervo pessoal

I.6.1 Fase de preparação

Nesta etapa inicial, ocorre a primeira descrição do problema a ser enfrentado, que, uma vez identificado, deve ser sujeito a uma pesquisa e análise mais ampla e profunda, a fim de resgatar um grande número de informações que formarão a base do processo de

solução. Em sua bibliografia, Löbach define um grande número de fatores passíveis de análise durante a análise do problema:

Figura 2 – Fatores de análise do problema



Fonte: acervo pessoal

A fase de preparação culmina, então, na definição do problema, que consiste em uma visão bem definida do projeto tanto em suas especificidades como no amplo contexto em que se define. Esta clareza é vital para a real compreensão da tarefa, e para a definição das metas e prioridades do projeto.

No contexto deste projeto, a fase de preparação corresponde ao capítulo II – Levantamento e Análise de Dados.

I.6.2 Fase da geração

Nesta etapa, deve se valer das análises realizadas previamente a fim de dar início ao processo de geração de alternativas. Nesta etapa, é vital que o processo criativo não seja inicialmente inibido por um julgamento exacerbadamente lógico: o objetivo principal desta fase é simplesmente a criação da maior quantidade possível de alternativas através da livre associação de ideias, alimentada na pesquisa realizada.

Conforme essa etapa progride, as ideias determinadas como mais promissoras podem receber um maior detalhamento (na forma de mais rascunhos, modelos tridimensionais e detalhes, por exemplo), e é encorajada a combinação entre aspectos destas até chegar em um número seletivo de opções a serem avaliadas a seguir.

No contexto deste projeto, a fase de geração corresponde à primeira metade do capítulo III – Conceituação do Projeto.

I.6.3. Fase da avaliação

Nesta etapa, as alternativas desenvolvidas na fase anterior são confrontadas com os critérios estabelecidos na fase de preparação, a fim de selecionar a ideia mais apta ao problema descrito. Esta alternativa, portanto, segue para a fase final do processo criativo.

No contexto deste projeto, a fase de avaliação corresponde à segunda metade do capítulo III – Conceituação do Projeto.

I.6.4. Fase da realização

Nesta etapa, a alternativa isolada previamente é refinada com o intuito de se adequar o máximo possível ao problema exposto. Para isto, é importante se valer de características favoráveis de alternativas já descartadas, caso necessário. Após o processo de aperfeiçoamento, a alternativa deve ser documentada e detalhada com o fim de possibilitar

sua materialização. Para este propósito, são utilizados recursos que descrevam com precisão os elementos do produto imaginado: desenhos técnicos, modelos tridimensionais, especificações materiais, entre outros, são ferramentas vitais para a conclusão do projeto.

No contexto deste projeto, a fase de realização corresponde aos capítulos IV – Desenvolvimento do Projeto, e V – Resultado do Projeto.

II – Levantamento e Análise de dados

II.1. Contexto Histórico

A animação é um método no qual uma série de imagens estáticas, denominadas “quadros” ou “frames” é rapidamente mostrada em sequência, de forma a provocar ao espectador a ilusão de movimento. As origens formais desta mídia são difíceis de se precisar, com possíveis precursores podendo ser traçados até em pinturas de caverna do período paleolítico, onde podem ser observadas possíveis tentativas de simulação de movimento.

Figura 3 – Desenho de cinco figuras sequenciais pintadas em um vaso no sítio da Cidade Queimada, Irã. Final da metade do 3º Milênio A.C.



Fonte: Wikipedia. Link: https://en.wikipedia.org/wiki/Early_history_of_animation

No entanto, é geralmente aceito que a história da animação moderna começa em 1888, após a criação e subsequente emergência do filme de celulóide como material primário utilizado na produção audiovisual, que permitiu o desenvolvimento da chamada “animação tradicional”. Neste método, os personagens (ou qualquer elemento a ser animado) são desenhados em poses levemente diferentes, correspondentes às ações pretendidas, em uma série de células de animação, folhas de uma espécie de papel transparente (originalmente filme de celulose, mais tarde substituído por alternativas por ser altamente inflamável), a série de desenhos é então fotografada e tocada rapidamente em sequência, criando a ilusão de movimento.

Figura 4 – Sequência de desenhos cria uma ilusão de movimento



Fonte: Everypixel. Link: <https://www.everypixel.com/image-6625474446971893275>

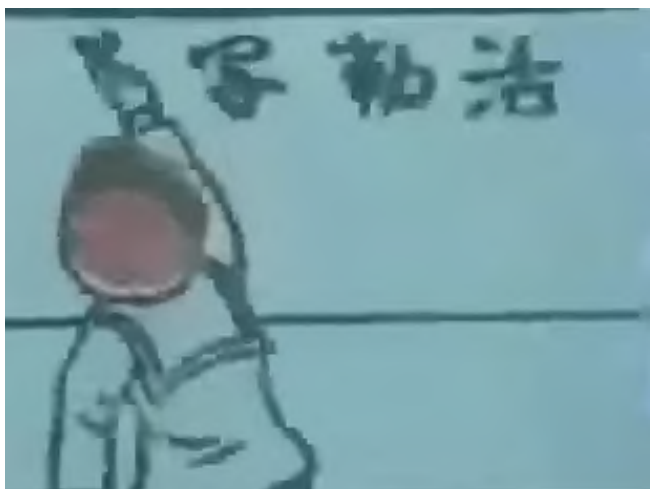
Figura 5 – Esquema representando células de animação sobrepostas



Fonte: The History of Animation. Link: <http://history-of-animation.webflow.io/>

Este marco representa o surgimento do formato no qual os filmes de animação que estamos acostumados a assistir na televisão, no cinema, e em nossos computadores e smartphones se desenvolveram e consagraram.

Figura 11 – Quadro de *Katsudō Shashin* (1907), um dos primeiros exemplos de filmes de animação.



Fonte: Wikipedia. Link: https://pt.wikipedia.org/wiki/Katsud%C5%8D_Shashin.

Desde então, a forma de produzir animação passou por diversas transformações, com o surgimento de novos processos – como o stop-motion, que envolve a posagem e fotografia de bonecos ou modelos físicos a fim de criar sequências de imagens – assim como a adaptação de métodos tradicionais a tecnologias emergentes, através de softwares e hardwares que permitem a realização do processo de animação de forma semelhante à tradicional, mas com as conveniências da produção digital.

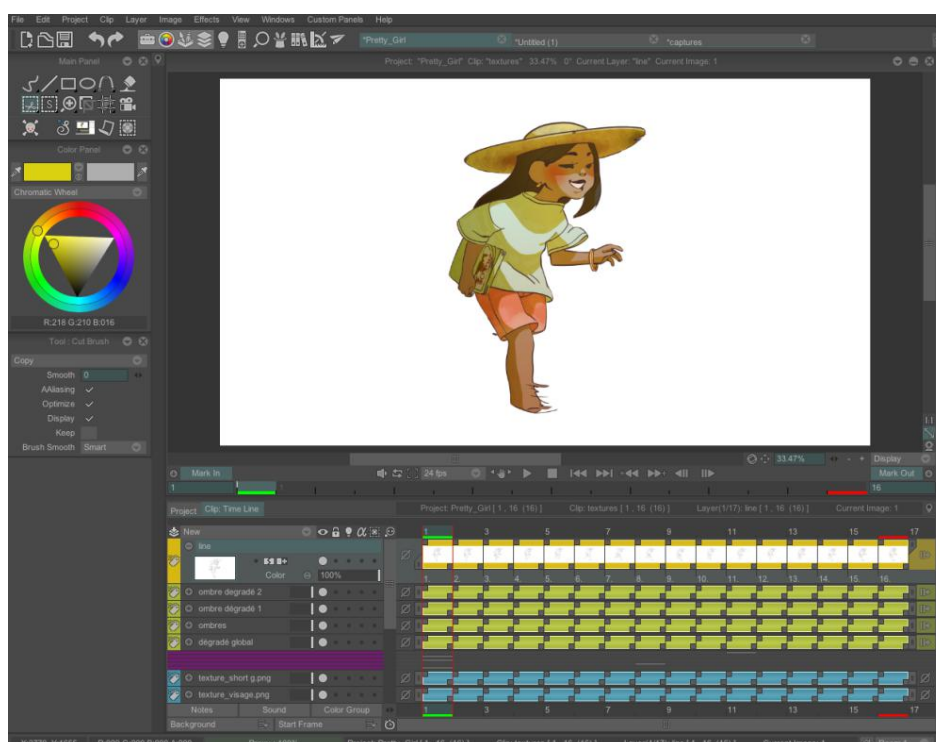
Figura 12 - Quadro de *Fuga das Galinhas* (2000), um exemplo do processo de stop-motion.



Fonte: G1. Link:

<https://g1.globo.com/pop-arte/cinema/noticia/2020/06/23/fuga-das-galinhas-2-e-anunciado-20-anos-apos-o-primeiro-filme.ghtml>

Figura 13 – Interface do Software de animação TVPaint



Fonte: TVPaint. Link:

<https://www.tvpaint.com/doc/tvp11/index.php?id=lesson-first-approach-drawers-more>

Na atualidade, é prontamente evidente que a animação conquistou o seu lugar cativo no entorno comum: desde premiadas longas-metragens de animação e séries televisivas em serviços de *streaming* até peças publicitárias e elementos animados na interface de aplicativos, a ilusão de movimento está presente nas telas de todos os tamanhos com a quais interagem-se diariamente.

Há ainda evidências de que as indústrias animadas se tornam cada vez mais populares e rentáveis no mundo inteiro: por exemplo, figura anualmente, desde 2009, como uma parcela acima de 10% de todas as vendas de ingresso de cinema mundialmente, tendo atingido seu pico de 29.90% em 2019. Para além disso, vale pontuar que a indústria dos videogames, responsável por mais da metade do valor de toda a indústria de entretenimento mundial, emprega a animação em massa em suas produções.

Figura 14 – Quadro de God of War (2018), jogo vendeu mais de 22 milhões de cópias



Fonte: Polygon. Link:

<https://www.polygon.com/god-of-war-ragnarok-guide/23428725/god-of-war-full-story-lore-recap-ps4-ps5>

II.2. Análise da Atividade

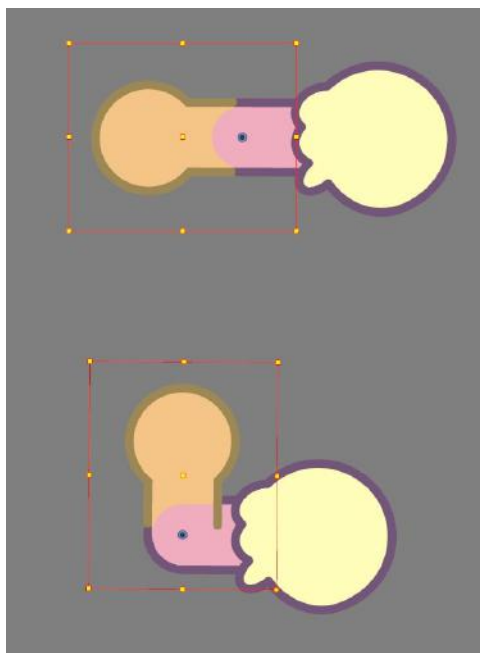
A animação *cut-out*, ou animação esquelética, é um método de produção de animação digital em duas dimensões que utiliza uma hierarquia pré-configurada de controles, ou “ossos”, conhecida como *rig* ou esqueleto, que é associada às partes diferentes de um personagem, permitindo que este seja posado sem a necessidade da criação de novos desenhos para cada pose, através de operações de transformação básicas: rotação, escala e translação destas “peças”.

Figura 15 – Exemplo de Rig de personagem em pose padrão



Fonte: acervo pessoal

Figura 16 – Peça de “braço” sendo transformada por rotação

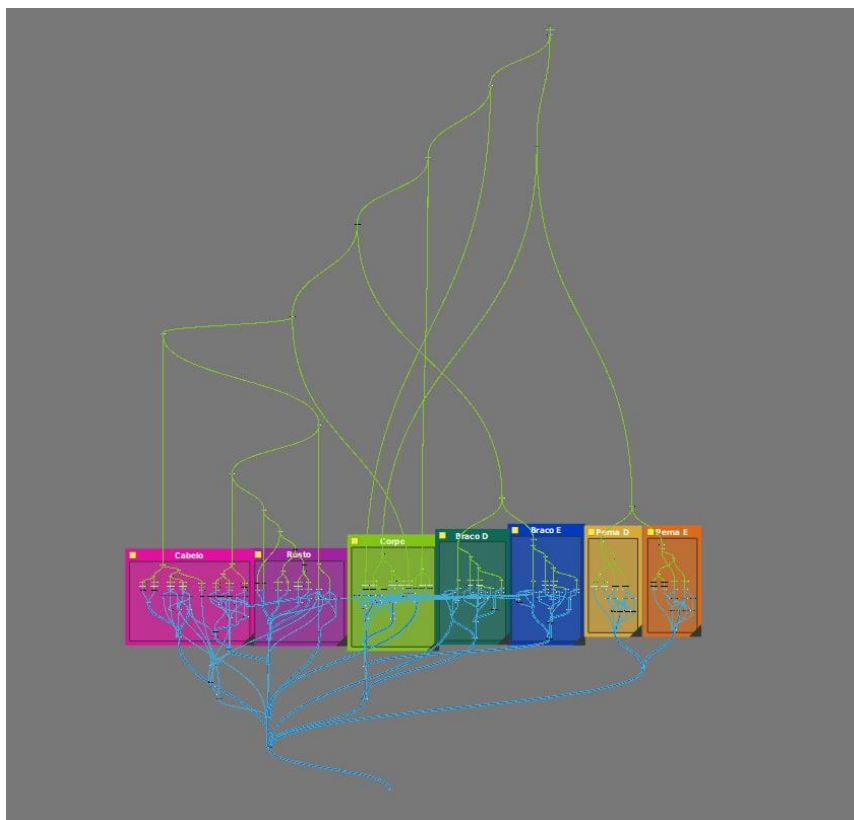


Fonte: acervo pessoal

Os rigs são componentes complexos, e geralmente são criados e atualizados por um profissional específico, conhecido como rigger, a fim de atender às demandas da produção

da forma mais eficaz possível. Diversos elementos devem ser pensados e configurados de forma a facilitar o trabalho do animador, mantendo, ao mesmo tempo, a qualidade visual do personagem.

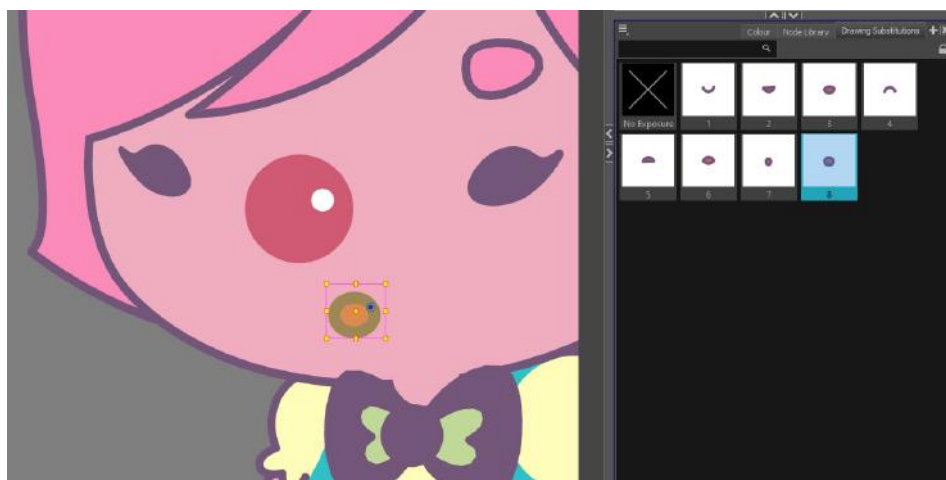
Figura 17 – Vista distante de uma cadeia de nodos que compõe um rig



Fonte: acervo pessoal

Para evitar que animadores tenham que criar novos desenhos constantemente, é comum que os rigs venham previamente munidos de uma série de desenhos que representam diferentes poses e pontos de vista das diversas partes do personagem. Este conjunto de imagens é comumente chamado de “banco de desenhos”.

Figura 18 – Banco de desenhos de bocas



Fonte: acervo pessoal

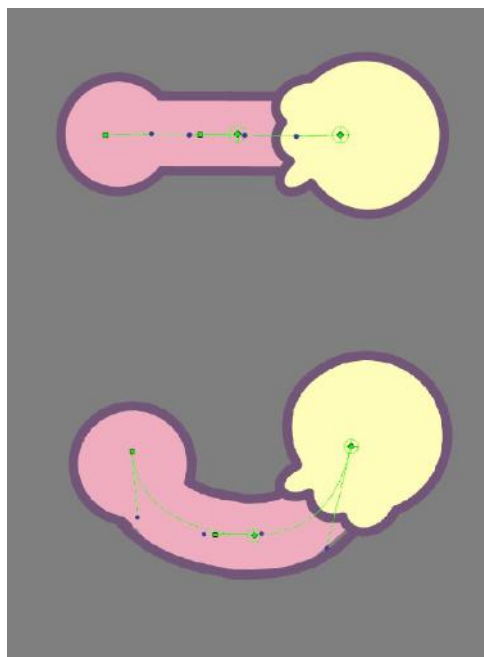
Além dos bancos de desenhos e poses e das operações de transformação básicas, o rigger pode implementar a função de deformação à sua criação, permitindo que os desenhos do rig sejam transformados com um grande grau de liberdade, e possibilitando ainda mais versatilidade ao animador no momento de criar poses.

Figura 19 – Rig de personagem com controles de deformação visíveis



Fonte: acervo pessoal

Figura 20 – Peça de “braço” sendo transformada por deformação

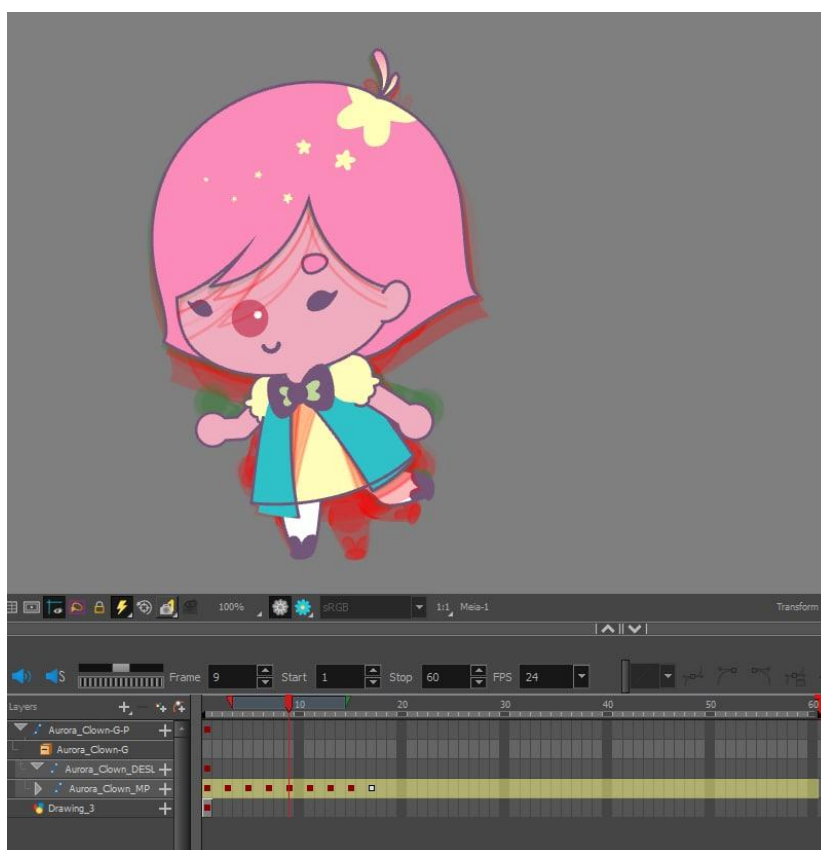


Fonte: acervo pessoal

O uso de um rig ainda permite que o software automaticamente faça a interpolação entre poses, ou seja: quando apresentado com duas poses-chave de um rig, o software é capaz de calcular as poses de intervalo que representam a transição entre ambas, facilitando o processo de animação.

Por ser um processo de animação digital, a animação cut-out conta ainda com outras funções comumente disponíveis a este meio, como a ferramenta de o “onion-skinning”, que permite a visualização de quadros anteriores e posteriores ao mesmo tempo de forma instantânea e facilmente ajustável, facilitando assim a coesão da animação, e evitando que o animador perca tempo indo e voltando entre os frames. Outro exemplo de vantagem advinda da animação digital, e talvez uma das maiores, é a facilidade com que se pode tocar e assistir a animação a qualquer momento, em qualquer estágio de sua produção e de forma quase instantânea.

Figura 21 – Ferramenta de “Onion Skin” representando quadros adjacentes na linha do tempo



Fonte: acervo pessoal

II.3. Análise do Público Alvo

II.3.1. Questionário

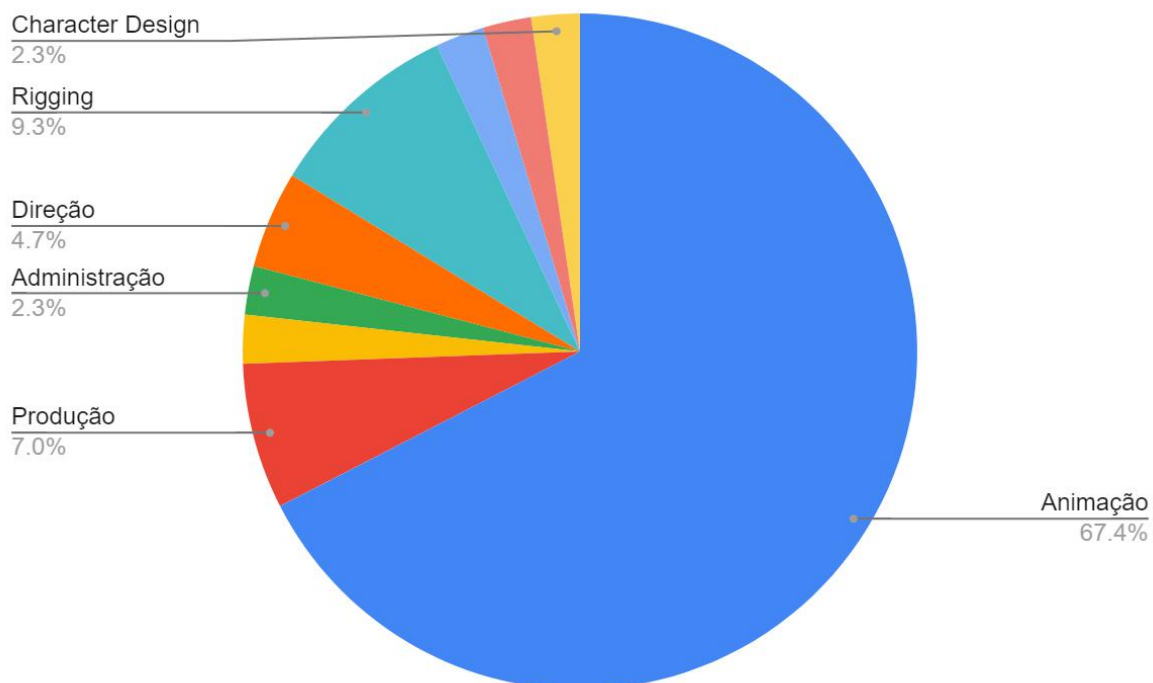
A fim de informar o desenvolvimento do projeto acerca das realidades do público-alvo no âmbito do trabalho, foi realizada a aplicação de um questionário online, visando atingir profissionais da área de animação digital. A plataforma utilizada para a criação, publicação, resposta e análise destes dados foi o *Google Forms*. O questionário foi divulgado em grupos e comunidades relacionadas ao exercício da profissão de animador, e contou com a participação voluntária de **43 respondentes, 28 dos quais são animadores**. O resultado da aplicação é apresentado e analisado a seguir:

II.3.1.1. Área de atuação

A indústria de animação emprega, embora costumeiramente em menor número, uma grande variedade de trabalhadores além dos animadores propriamente ditos. Era esperado, portanto, que os respondentes advindos de grupos sobre animação fossem empregados em áreas diversas. A primeira questão, portanto, serviu para restringir as respostas somente ao público-alvo intencional.

Como pode ser observado, a maior parcela de respostas recebidas foram de Animadores. Em um segundo lugar distante, estão os Riggers, cujo trabalho apresenta uma interseção considerável no seu uso de ferramentas e comandos com os animadores. Ainda assim, foi tomada a decisão de não incluí-los na análise, a fim de manter claro o foco do desenvolvimento. **A partir deste gráfico, todos os outros do questionário consideram apenas as respostas dos Animadores.**

Figura 22 – Distribuição de áreas de atuação entre os respondentes



Fonte: acervo pessoal

II.3.1.2. Faixa etária

A definição das faixas etárias prevalentes são essenciais para ter uma compreensão básica e objetiva do público-alvo, assim como para estimar dados antropométricos.

Como esperado, todos os respondentes se encontram dentro da idade hábil de trabalho. Pode-se observar uma concentração de usuários na faixa entre 25 e 35 anos.

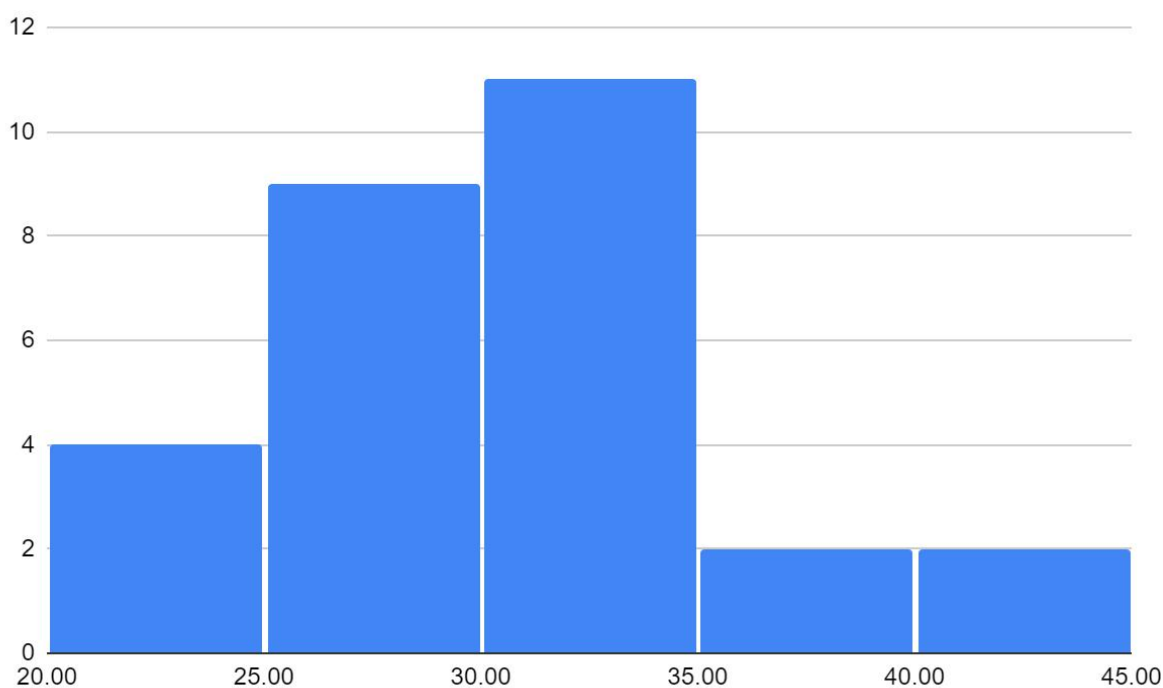


Figura 23 – Distribuição da idade dos respondentes por faixa etária

Fonte: acervo pessoal

II.3.1.3. Modalidade de trabalho

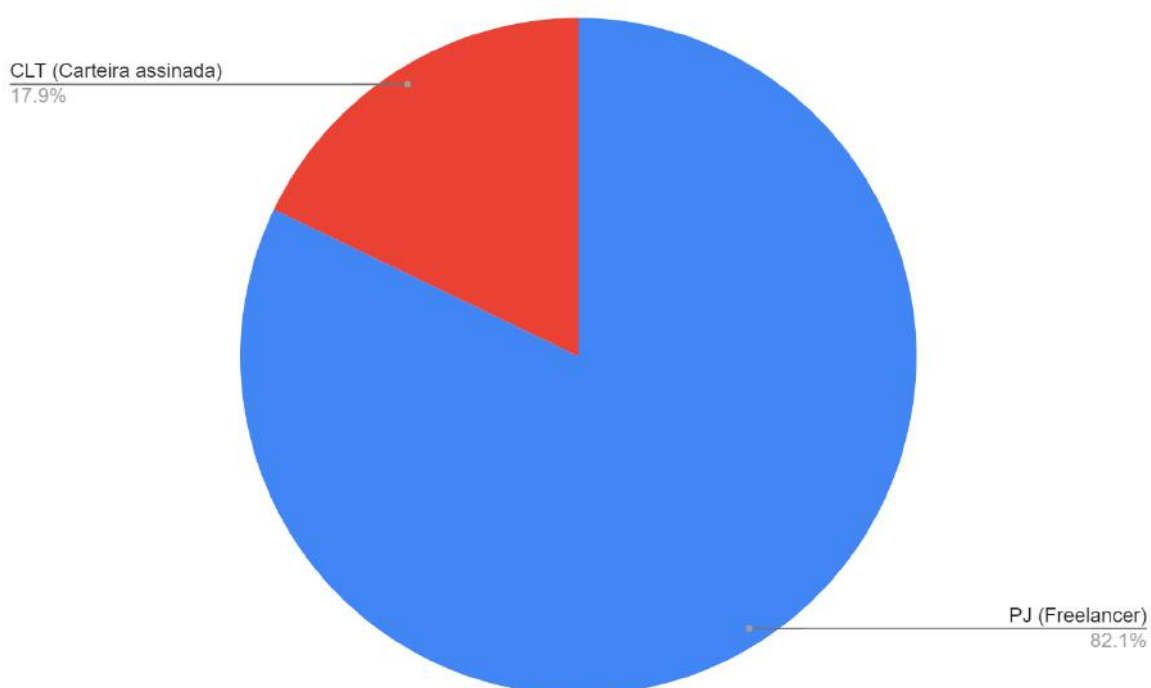
Trabalhadores na modalidade *Freelancer*, ou seja, PJ (Pessoa Jurídica), não são amparados pelos mesmos direitos que suas contrapartes com carteira assinada (CLT). Notoriamente, trabalhadores em regime CLT devem ter a sua segurança e saúde asseguradas pelo empregador, e têm direito a auxílio-doença em caso de afastamento por

doenças, o que inclui lesões por esforço repetitivo. O Trabalhador na modalidade PJ se encontra, portanto, em uma situação de maior vulnerabilidade no que diz respeito a lesões advindas do exercício do trabalho.

Para além disso, trabalhadores CLT normalmente utilizam equipamento fornecido pelo empregador, o que garante, além de uma diminuição considerável de gastos, uma maior padronização das ferramentas utilizadas. Em contraste, é comum que trabalhadores PJ tenham que utilizar seus próprios equipamentos.

As respostas da enquete apresentam um número muito maior de trabalhadores em regime PJ, o que reforça a necessidade por soluções melhores de ergonomia, e deve auxiliar a informar a direção do projeto como um todo.

Figura 24 – Distribuição de modalidade de trabalho entre os respondentes



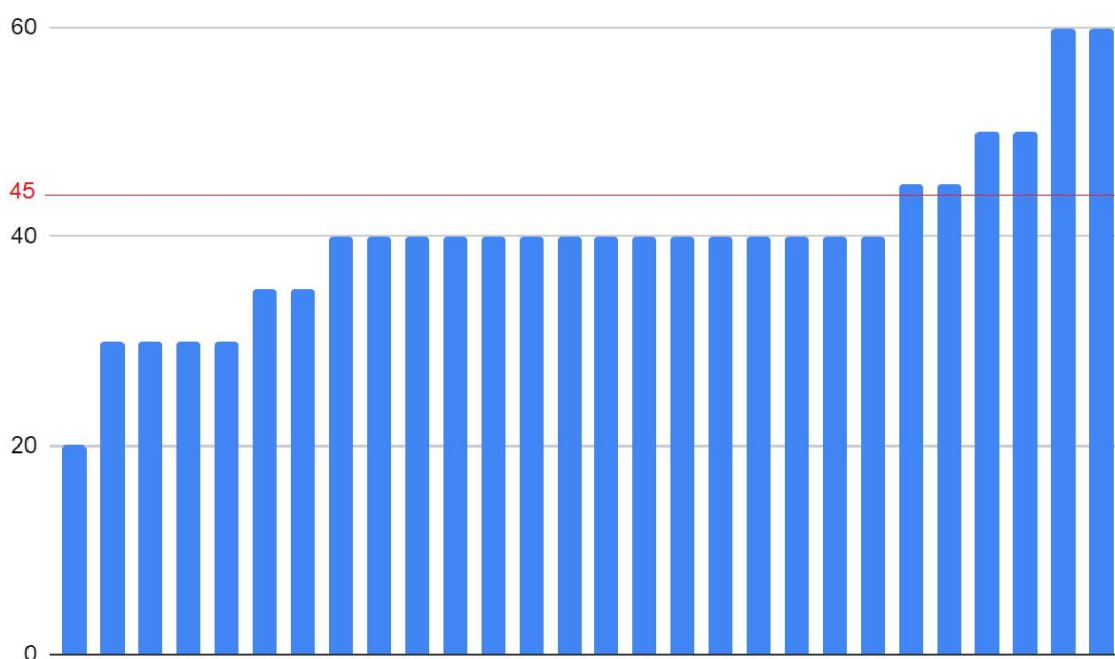
Fonte: acervo pessoal

II.3.1.4. Carga de trabalho semanal

A carga máxima de trabalho semanal prevista na Consolidação das Leis de Trabalho é de 44 horas. No entanto, não é incomum que trabalhadores na indústria de animação exerçam horários além do previsto por lei para atingir prazos de entrega, numa prática conhecida como “crunch”. Além disso, trabalhadores sem carteira assinada comumente realizam trabalhos em mais de um projeto ao mesmo tempo, ultrapassando este limite e aumentando o risco de lesões advindas do exercício do trabalho.

As respostas obtidas apresentam um número não-trivial de anomalias na carga regular de trabalho. Todos os respondentes que realizam mais de 44 horas semanais são da modalidade PJ.

Figura 25 – Distribuição de carga de trabalho reportada, em horas semanais

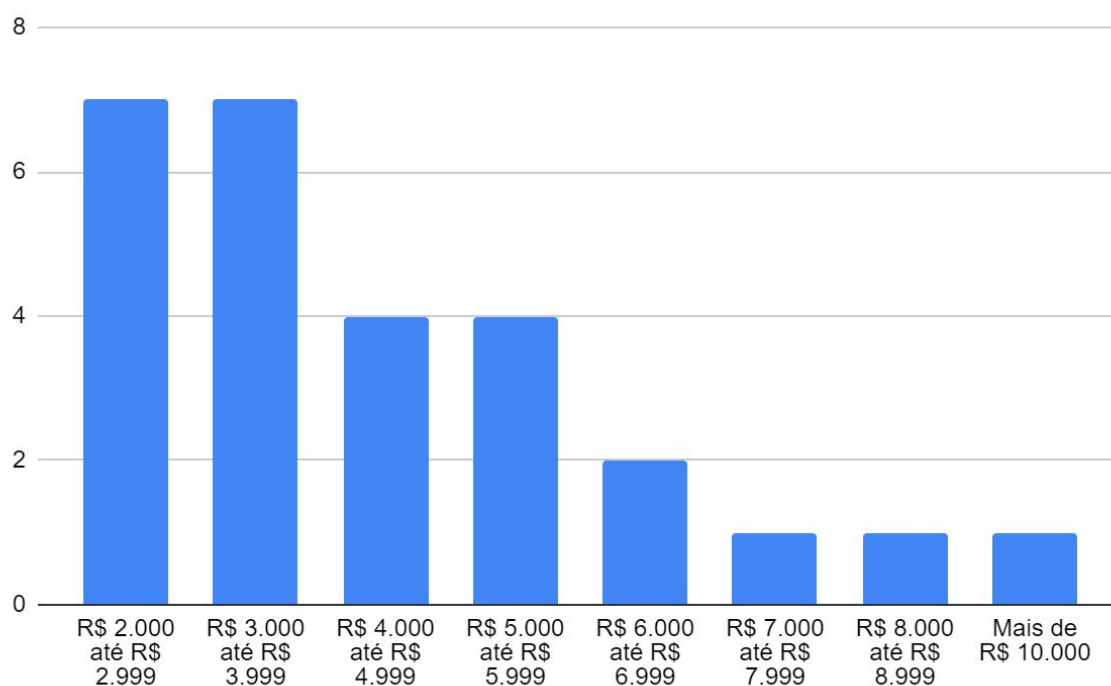


Fonte: acervo pessoal

II.3.1.5. Renda mensal

A distribuição de renda apresentada sugere uma concentração em faixas abaixo de R\$ 4000 reais ao mês. Esta informação deve guiar escolhas feitas durante o desenvolvimento do projeto no que diz respeito ao custo de, por exemplo, componentes, materiais e métodos utilizados, a fim de maximizar a viabilidade de acesso do produto pelo público.

Figura 26 – Distribuição da renda mensal dos respondentes por faixas



Fonte: acervo pessoal

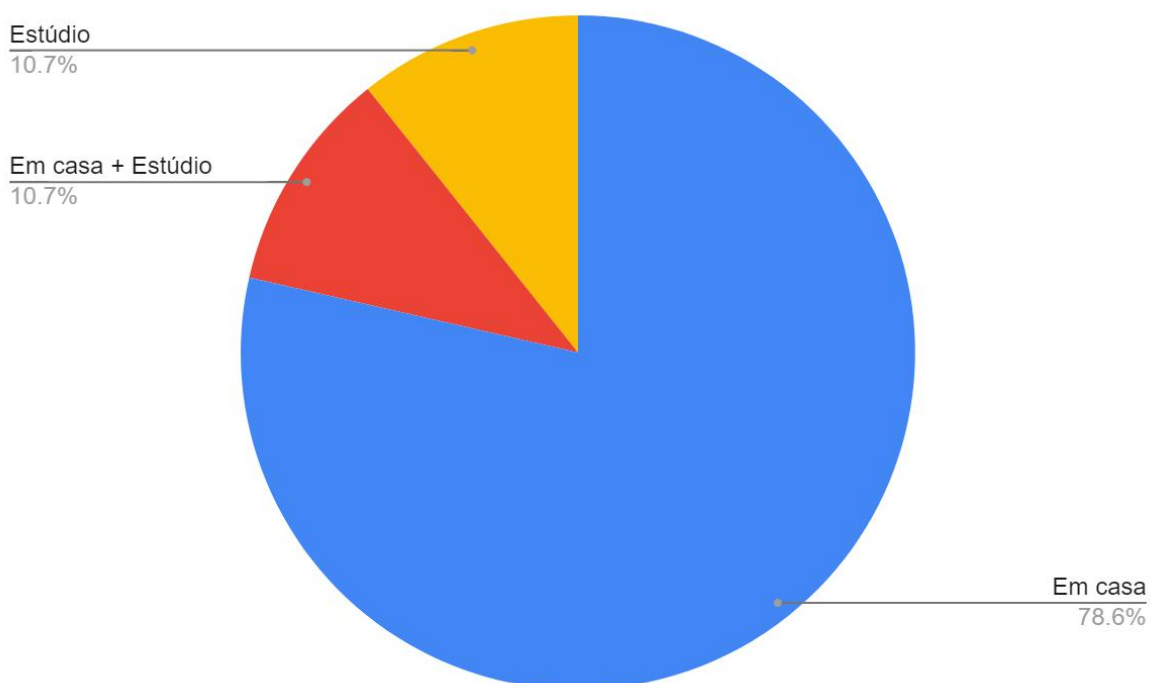
II.3.1.6. Ambiente de trabalho

O ambiente de trabalho auxilia a determinar qual o tipo de padronização de posto de trabalho pode ser esperada. Trabalhadores que realizam sua função em suas casas costumam operar em posto de trabalho altamente variáveis, sem necessariamente cogitar

medidas de segurança ou conforto, o que aumenta o risco de lesões no exercício do trabalho.

O gráfico apresenta uma alta porcentagem de trabalhadores operando de seus lares: se contabilizados os respondentes que realizam pelo menos parte do trabalho em casa, o número chega a 89,3%.

Figura 27 – Distribuição de ambiente de trabalho entre respondentes



Fonte: acervo pessoal

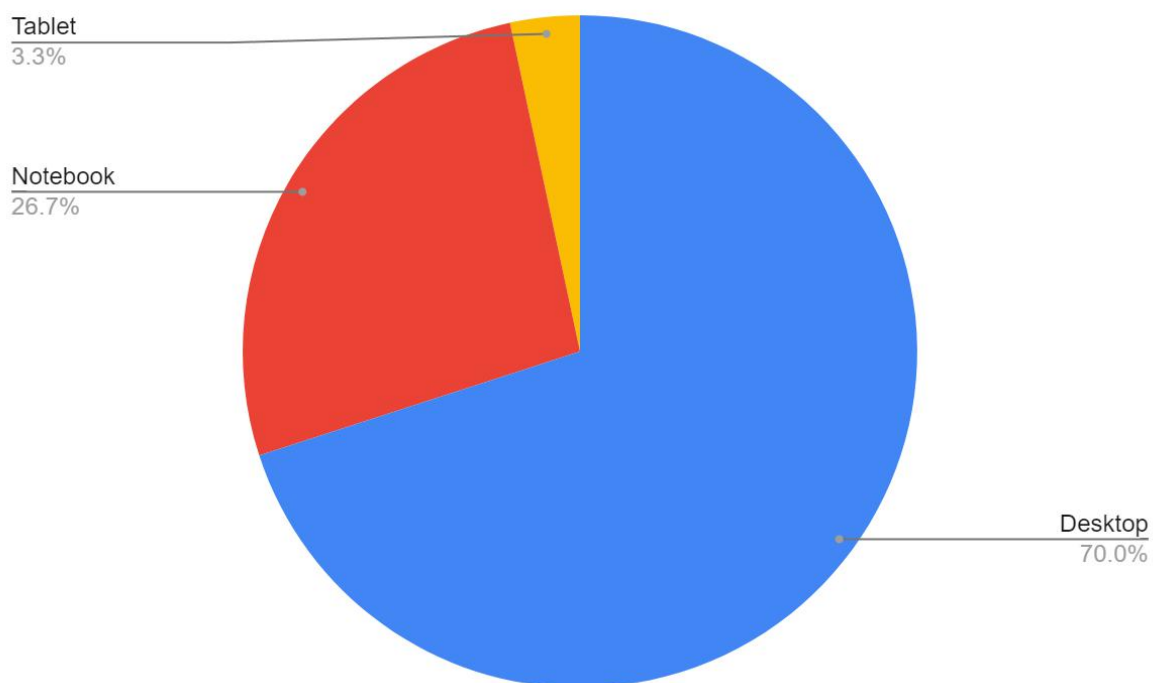
II.3.1.7. Computador utilizado

O quesito de tipo de computador utilizado para a realização do trabalho revela o tipo de compatibilidade que deve ser pensada para o projeto e, em algum nível, a configuração de posto de trabalho que pode ser esperada dos respondentes: Desktops (computadores de mesa) costumam ser utilizados rotineiramente no mesmo local fixo, enquanto Notebooks (computadores portáteis) podem representar uma maior variação no local de trabalho entre

sessões. Tablets, por sua vez, apresentam uma maior possibilidade de locomoção durante a mesma sessão de uso, e comumente não apresentam espaço para uso de periféricos.

As respostas obtidas apresentam uma notável preferência ao uso de Desktops, com uma grande diferença de respostas se comparado ao uso de Notebooks, que fica em segundo lugar. O uso de Tablets representa uma restrita minoria.

Figura 28 – Distribuição de tipo de computador utilizado por número de menções



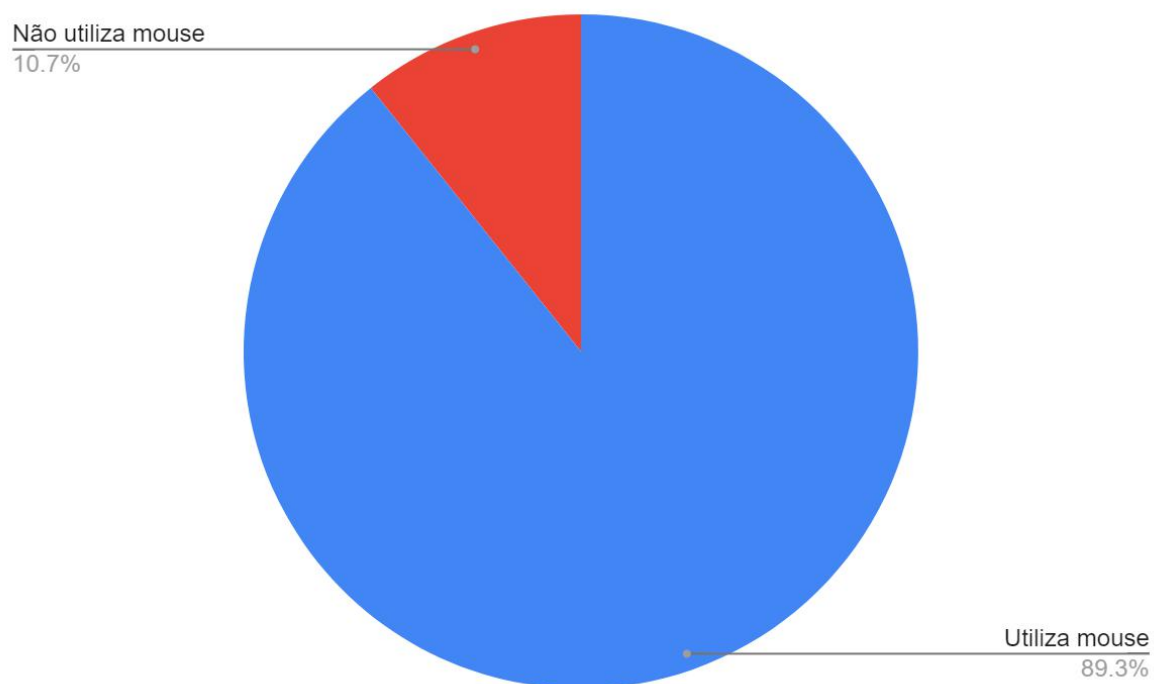
Fonte: acervo pessoal

II.3.1.8. Periféricos utilizados

Saber quais são os periféricos utilizados pelo público-alvo no exercício do trabalho é vital para determinar qual o nicho a ser ocupado pelo produto pretendido. Os dados adquiridos revelam uma relativa uniformidade na configuração dos respondentes, com a grande maioria utilizando uma combinação de mesa digitalizadora, mouse e teclado.

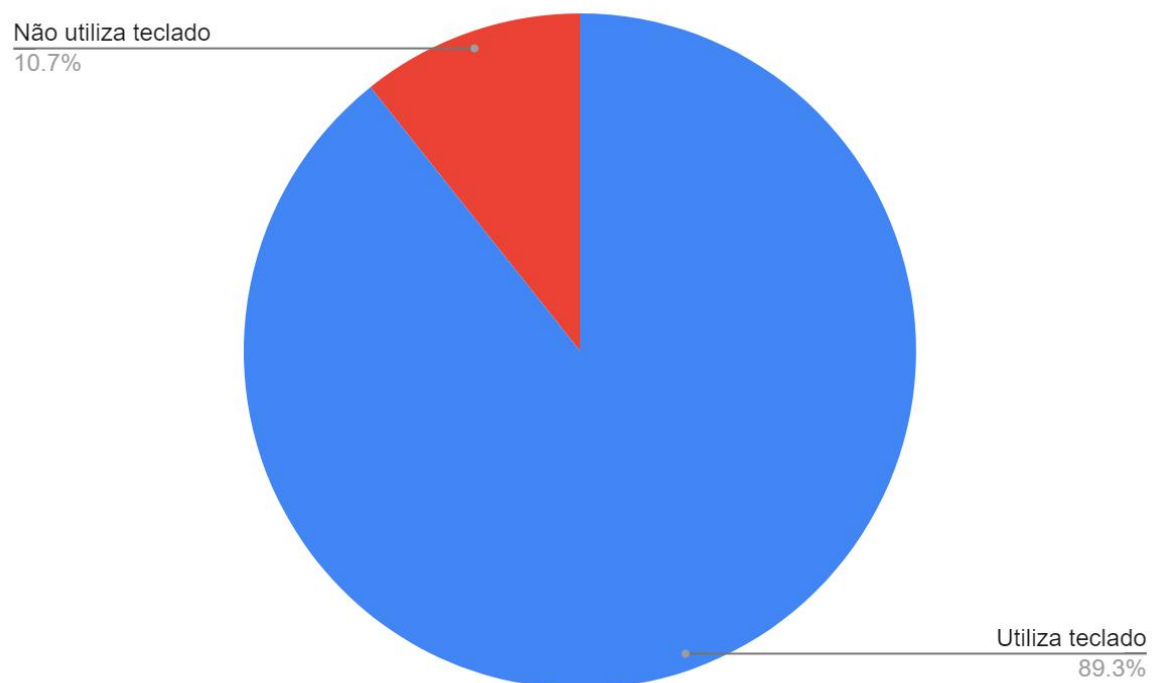
Os gráficos a seguir representam a distribuição de usuários entre cada um dos três periféricos mencionados:

Figura 29 – Divisão entre usuários e não-usuário de mouse



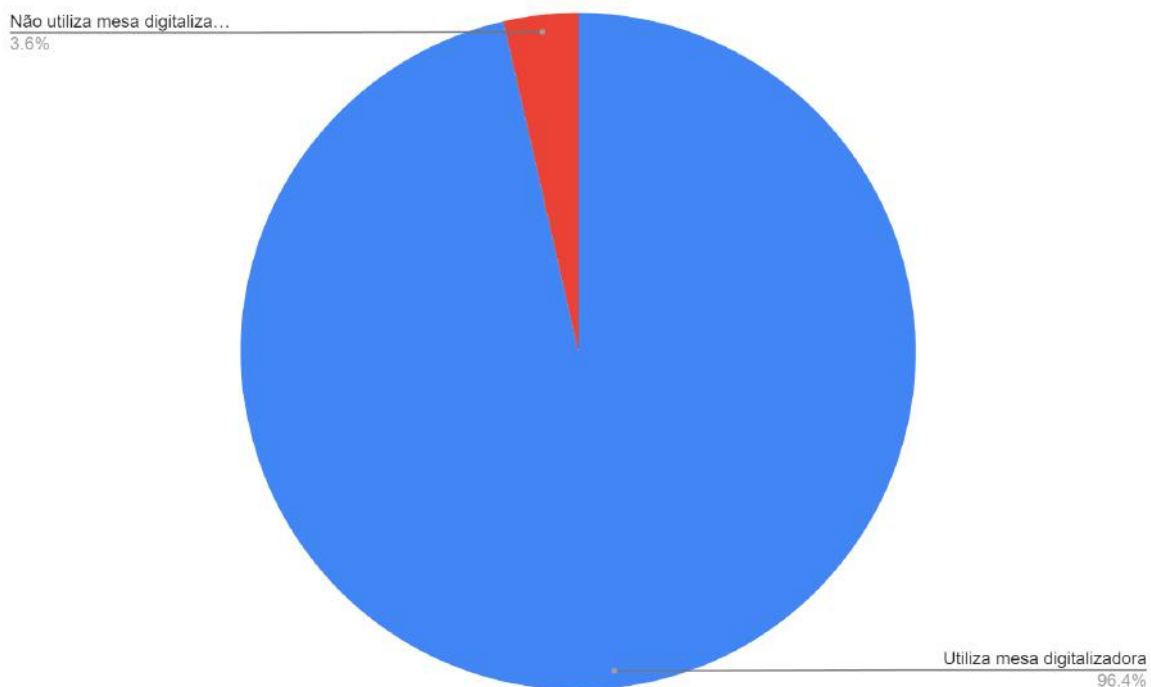
Fonte: acervo pessoal

Figura 30 – Divisão entre usuários e não-usuário de teclado



Fonte: acervo pessoal

Figura 31 – Divisão entre usuários e não-usuário de mesa digitalizadora

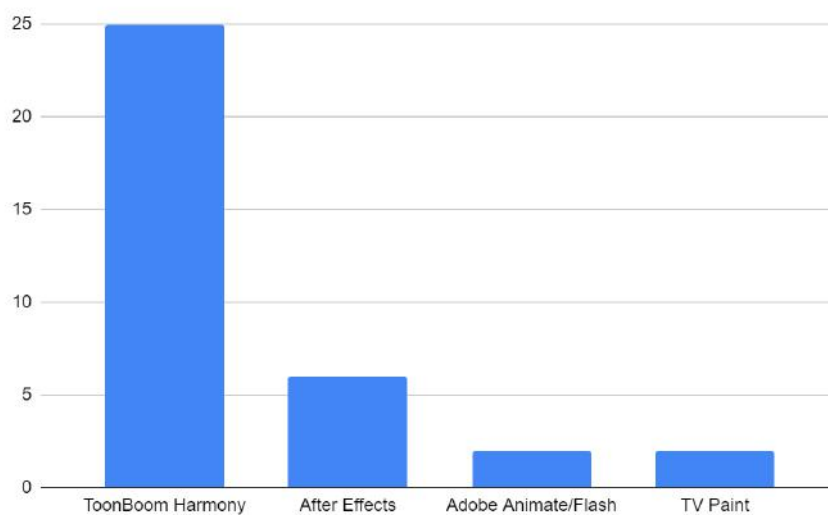


Fonte: acervo pessoal

II.3.1.9. Software utilizados

O software utilizado pelo público-alvo para realizar o seu trabalho é um fator de altíssima importância para definir os tipos de interfaces e interações que o desenvolvimento do produto deve priorizar.

Figura 32 – Ordenamento de Softwares de animação por número de menções

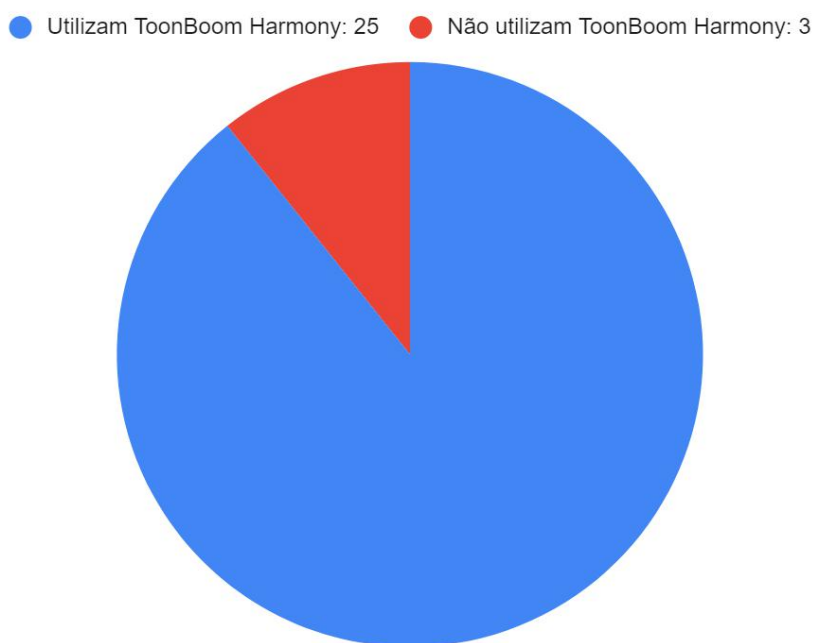


Fonte: acervo pessoal

Conforme esperado, a maioria absoluta das respostas incluíram unicamente o programa ToonBoom Harmony como ferramenta de trabalho, enquanto poucos outros mencionaram a utilização de algum outro software em conjunto com este. Há ainda uma diminuta minoria que afirma não fazer uso do ToonBoom Harmony em seu trabalho.

Para melhor ilustrar a dominância da resposta mais escolhida, outro gráfico foi criado, dividindo os respondentes entre os que utilizam ou não o software líder da indústria:

Figura 33 – Divisão entre usuários e não-usuários do software ToonBoom Harmony



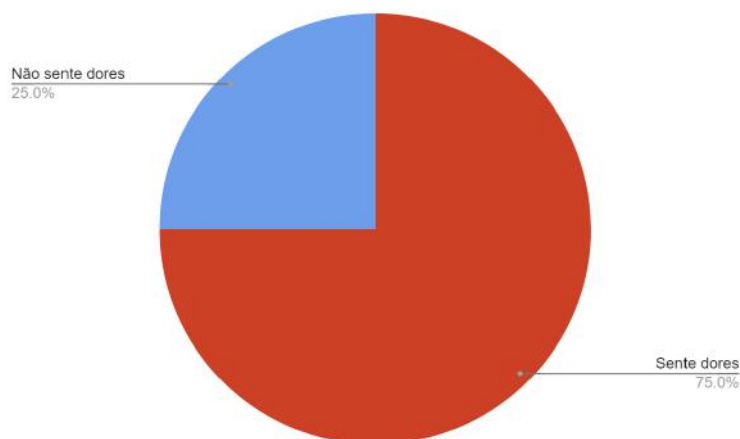
Fonte: acervo pessoal

II.3.1.10. Dores relacionadas ao trabalho

Dado o conjunto de condições adversas já observadas, é esperado que uma parcela dos respondentes sinta algum tipo de desconforto relacionado ao exercício do seu trabalho.

O gráfico a seguir revela que uma parcela majoritária reporta alguma espécie de dor advinda do exercício da sua profissão.

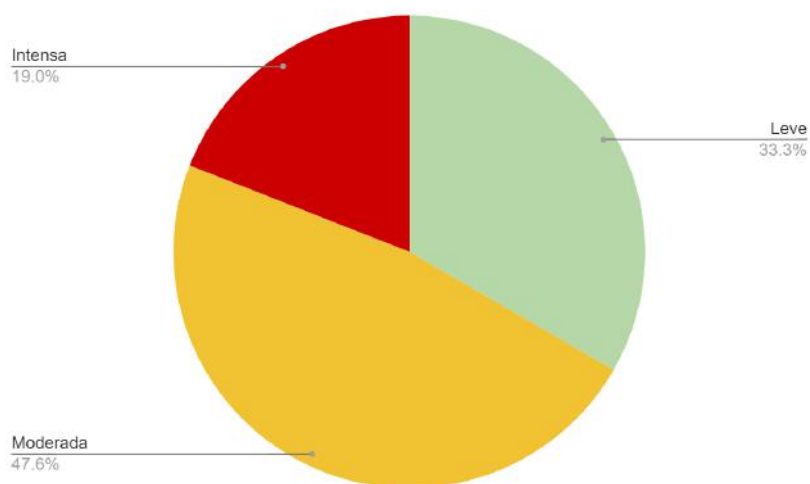
Figura 34 – Divisão entre usuários que reportam ou não dores relacionadas ao trabalho



Fonte: acervo pessoal

Uma questão adicional foi incluída no questionário, pedindo para os respondentes qualificarem suas dores em uma escala entre leve, moderada e intensa. Uma parcela de 66,6% descreveu suas dores como pelo menos moderada, com 19% do total usando a descrição "intensa".

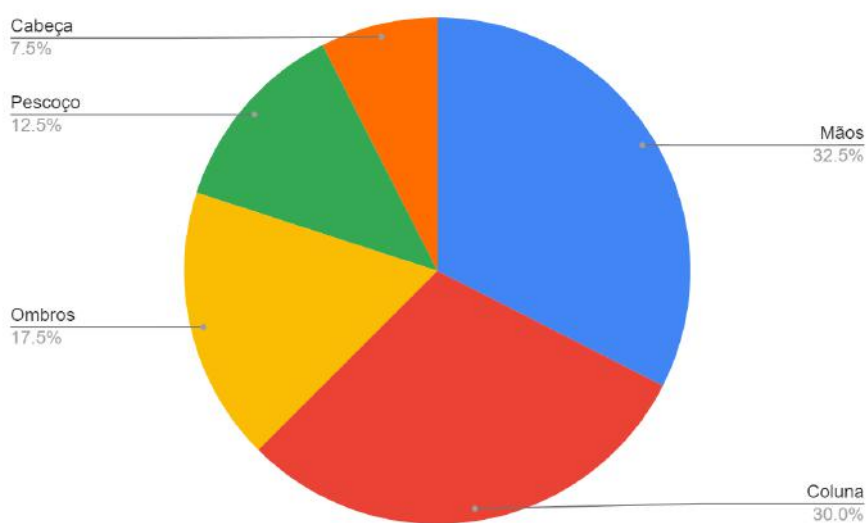
Figura 35 – Distribuição de graus de intensidade de dores descritos



Fonte: acervo pessoal

Foi incluída, ainda, uma questão sobre o local das dores sentidas pelos respondentes. Neste índice, dores nas mãos e pulsos lideraram, com dores na coluna ocupando um segundo lugar próximo. Dores nos ombros aparecem em terceiro lugar.

Figura 36 – Mapeamento de dores descritas por número de menções



Fonte: acervo pessoal

II.4. Análise da Relação do Homem e Objeto

Durante a fase de pesquisa, foi realizada uma observação presencial do trabalho de um profissional de animação, seguida de uma breve entrevista com finalidade de esclarecer os dados observados. O trabalho em questão consistia na produção de alguns segundos de animação 2d cut-out em algumas cenas para um projeto de série para televisão. O objetivo central desta etapa foi a coleta de dados referentes ao uso da interface física (teclado convencional, tablet com display, monitor) e virtual (software ToonBoom Harmony).

A observação durou cerca de 1 hora, e a subsequente entrevista se deu em cerca de 15 minutos. Durante esta etapa da pesquisa, os comandos da interface foram categorizados

a partir de diversas características, e tiveram sua frequência e prioridade de uso ordenada conforme a tabela seguinte:

Tabela 1 – Análise de funções do software ToonBoom Harmony

Função	Frequência de uso (A = maior)	Utilizadas em conjunto	Frequentemente repetido	Comando segurado	Binário (ligado/desligado)
Zoom in / Zoom out	A				
Subir / Descer Hierarquia	A				
Avançar / Regredir Timeline	A				
Avançar / Regredir Keyframe	A				
Criar Keyframe	B				
Mover Tela	A				
Desfazer / Refazer	A				
Salvar Arquivo	B				
Render da cena	C				
Estender exposição	C				
Deletar Keyframe	B				
Copiar / Colar	B				
Troca de desenho	B				
Ligar / Desligar Deform	B				
Virar Horizontal	C				
Virar Vertical	C				
Foco no componente	B				
Ligar / Desligar modo de animação	B				
Girar tela	C				




Fonte: acervo pessoal

II.5. Análise de Similares

Como parte da pesquisa, foi realizado um apanhado de produtos disponíveis no mercado que apresentassem propostas semelhantes às discorridas neste projeto. A falta de produtos voltados exatamente para o mesmo público-alvo incentivou este levantamento a tornar-se relativamente abrangente, incluindo uma série de dispositivos de entrada com estruturas distintas.

Os produtos listados foram então associados com seus preços de mercado, e tiveram seus pontos positivos e negativos listados conforme percebidos no contexto do desenvolvimento do projeto.

Tabela 2 – Análise de similares parte 1

Nome	Tourbox Neo	Loupedeck+	Loupedeck CT
Imagem			
Preço	R\$ 3000	R\$ 2200	R\$ 5000
Positivo	<ul style="list-style-type: none"> - 11 Botões e 3 knobs TODOS em formatos bem diferentes - Boa disposição dos controles no sentido da facilidade de acesso 	<ul style="list-style-type: none"> - Enorme número de botões, knobs e sliders marcados - LED indicador de modo 	<ul style="list-style-type: none"> - Grande número de botões e knobs marcados - Displays touch customizáveis, incluindo no knob central
Negativo	<ul style="list-style-type: none"> - Má disposição dos controles no sentido do acesso simultâneo 	<ul style="list-style-type: none"> - Exige muito deslocamentos das mãos 	<ul style="list-style-type: none"> - Exige grande deslocamentos das mãos




- Posição do pulso pro acesso a todos os controles

- Posição do pulso

- Posição do pulso

Fonte: acervo pessoal

Tabela 3 – Análise de similares parte 2

Nome	Monogram	Delux Designer	Logitech Craft
Imagem			
Preço	600 USD (Kit Photo Console)	118 USD	R\$ 1500
Positivo	<ul style="list-style-type: none"> - Modular, extremamente customizável - Grande variedade de botões 	<ul style="list-style-type: none"> - Apoio embutido - Grande número de teclas com fácil acesso simultâneo 	<ul style="list-style-type: none"> - Grande número de teclas com fácil acesso simultâneo
Negativo	<ul style="list-style-type: none"> - Posição do pulso 	<ul style="list-style-type: none"> - Apenas um knob - Exige muito deslocamentos das mãos - Posição do pulso - Pouca variedade de botões 	<ul style="list-style-type: none"> - Exige muito deslocamentos das mãos - Posição do pulso - Pouca variedade de botões




Fonte: acervo pessoal

Tabela 4 – Análise de similares parte 3

Nome	Clip Studio Tabmate	Razer Tartarus Pro	Wacom ExpressKey Remote
Imagem			
Preço	80 USD	R\$ 1050	R\$ 1000
Positivo	<ul style="list-style-type: none"> - Compacto - Fácil de locomover - Posição dos botões facilita discernimento 	<ul style="list-style-type: none"> - Apoio embutido - LEDs indicadores de modo - Bom número de teclas com fácil acesso simultâneo - Posicionamento dos botões na lateral 	<ul style="list-style-type: none"> - Bom número de teclas com possibilidade limitada de acesso simultâneo - LEDs indicadores de modo - Relevo para discernimento dos botões
Negativo	<ul style="list-style-type: none"> - Controle apenas com o polegar, portanto zero possibilidade de ativação simultânea - Pouca variedade de botões 	<ul style="list-style-type: none"> - Pouca variedade de botões - Posição do pulso 	<ul style="list-style-type: none"> - Estreito, desconfortável para as mãos - Pouca variedade de botões - Posição do pulso

Fonte: acervo pessoal

Tabela 5 – Análise de similares parte 4

Nome	Xencelabs Quick Keys	Mouses Verticais	Teclados Split
Imagem			
Preço	100 USD		
Positivo	<ul style="list-style-type: none"> - Bom número de teclas com possibilidade limitada de acesso simultâneo - Display indicativo customizável - Relevo para discernimento dos botões 	<ul style="list-style-type: none"> - Posição extremamente natural de pulso - Teclas com fácil acesso simultâneo 	<ul style="list-style-type: none"> - Posição natural de pulso - Grande número de teclas com fácil acesso simultâneo - Apoio de pulso
Negativo	<ul style="list-style-type: none"> - Estreito, desconfortável para as mãos - Pouca variedade de botões - Poucos botões - Posição do pulso 	<ul style="list-style-type: none"> - Poucos controles - Pouca variedade de botões 	<ul style="list-style-type: none"> - Exige duas mãos - Pouca variedade de botões

Fonte: acervo pessoal

II.5.1. Conclusões da Análise

A análise de similares revela que, apesar de nenhuma das opções apresentar uma solução especializada para o trabalho de animação, existe uma grande variedade de

estruturas diferentes que poderão ser exploradas na geração de alternativas, assim como um número de funções e soluções a serem consideradas no desenvolvimento do projeto.

III – Conceituação e Desenvolvimento do Projeto

III.1. Geração de Alternativas

Baseado nas informações levantadas nas etapas anteriores do projeto, o processo de geração de alternativas foi iniciado. Tendo em mente a grande variedade de possíveis configurações que o produto final poderia tomar, tendo em mente os resultados da análise de similares, foi tomada a decisão de dividir este processo em etapas: partindo de um processo criativo extremamente descompromissado com questões práticas do design, até uma etapa de maior detalhamento do projeto.

III.1.1. Etapa de desenho livre

Neste primeiro momento do desenvolvimento de ideias e formas, buscou-se contemplar o objeto em suas várias configurações imagináveis, evitando impor um viés de preferência baseado nas alternativas formais pesquisadas até então. Buscou evitar-se também um apego significativo no que diz respeito à lógica e/ou funcionalidade dos elementos incluídos e das configurações representadas. Nesta etapa, portanto, o foco se encontrou na ampla exploração de possibilidades.

O processo consistiu, de forma prática, de uma série de desenhos realizados em sequência, utilizando mídias digitais e tradicionais. Uma seleção destes é apresentada a seguir, acompanhados de uma análise de seus pontos positivos e negativos percebidos, junto de uma nota representando o quão próximo de essencial ou irreconciliável cada uma deles é em relação ao ideal do projeto, de acordo com a seguinte legenda:

(---)	(--)	(-)	(+)	(++)	(+++)
Crítico	Péssimo	Ruim	Bom	Ótimo	Essencial

Fonte: acervo pessoal

III.1.1.1. Alternativa A

Figura 37 – Desenho da alternativa A



Fonte: acervo pessoal

Esta alternativa apresenta um layout relativamente plano, com teclas, scrolls e knobs posicionados sobre uma superfície regular. Existe uma preocupação em posicionar controles de rotação preferencialmente no lado direito, onde se torna possível a realização do movimento de “beliscar” para operá-los. A alternativa conta ainda com uma almofada removível/opcional, que nesta etapa pode representar um suporte de pulso ou de palma.

Pontos Positivos:

- (+++) Base plana apresenta grande possibilidade de configurações de controles;
- (++) Posicionamento que toma vantagem da posição natural do polegar;
- (++) Formato semelhante a um teclado tradicional é familiar e intuitivo, de simples fabricação;

(+++)
Configuração exige pouco ou nenhum movimento dos pulsos;

Pontos Negativos:

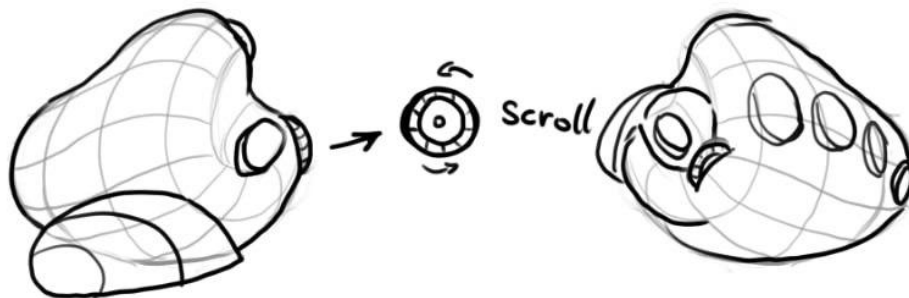
(-) Rodas de scroll posicionadas de forma muito próxima apresentam um ponto de confusão na experiência de uso;

(-) Rodas de scroll posicionadas próximas da posição do dedo mínimo significam uma grande carga física para uma parte pouco adequada do corpo;

(-) Configuração apresentada dos knobs representa um obstáculo físico no alcance de outros controles;

III.1.1.2. Alternativa B

Figura 38 – Desenho da alternativa B



Fonte: acervo pessoal

Esta alternativa consiste em uma forma orgânica e adequada de forma tridimensional à pega humana. A configuração de controles apresenta teclas posicionadas de forma análoga aos dedos de uma mão. Há a inclusão de uma roda de scroll do lado equivalente ao dedo polegar.

Pontos Positivos

(++) O formato tridimensionalmente adequado à pega pode representar um grande nível de conforto se bem executado;

(+++) Configuração exige pouco ou nenhum movimento dos pulsos;

Pontos Negativos

(--) Formas tridimensionalmente adequadas à pega são extremamente complexas, tanto em fabricação quanto em desenvolvimento, e exigem recursos possivelmente fora do escopo deste projeto;

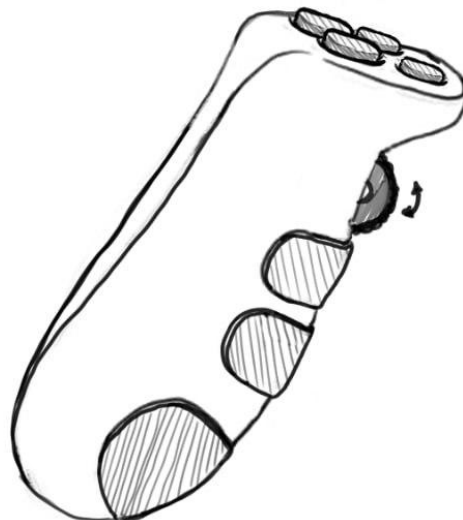
(--) Pouca possibilidade para posicionamentos e tipos de controles por conta do formato;

(---) Espaço extremamente limitado para controles;

(-) Formato espaçoso e pouco portátil;

III.1.1.3. Alternativa C

Figura 39 – Desenho da alternativa C



Fonte: acervo pessoal

A alternativa C consiste de um objeto em formato semelhante ao de um controle remoto, e pensado para ser segurado como tal. A estrutura conta com uma série de controles em seu topo, em uma posição de acesso do dedo polegar, e uma série de controles no seu lado traseiro, na posição da pega dos outros dedos. A traseira inclui ainda uma roda de scroll para uso com o dedo indicador.

Pontos Positivos

- (+) Extremamente portátil;
- (+) Pode ser livremente movimentado durante o uso, de forma a se adequar à postura do usuário;

Pontos Negativos

- (---) Espaço extremamente limitado para controles;
- (---) Dificuldade de implementação de controles variados
- (--) Não aproveita bem a maioria dos dedos;
- (--) Não incentiva uma posição confortável ou saudável para as mãos;

III.1.1.4. Conclusões da etapa de desenho livre

O levantamento de alternativas e análise de seus pontos positivos e negativos tornou possível não apenas a exploração de possibilidades de estrutura do projeto em um nível macro, como também o reconhecimento de possíveis problemas e vantagens que diversos tipos de estrutura poderiam apresentar.

Todas as alternativas apresentam possibilidades amplas e distintas no que diz respeito a conforto e segurança. A análise das características levantadas de cada uma deixou claro que um dos elementos mais essenciais e cuja ausência é mais difícil de

contornar, a depender da configuração escolhida, é a possibilidade de quantidade de controles, que devem corresponder realisticamente ao número de funções pontuadas na seção **II.4. Análise da Relação do Homem e Objeto**.

Com base nesta análise, a **alternativa A** foi selecionada como candidata mais viável ao desenvolvimento do projeto, graças a sua capacidade de abrigar um grande número e variedade de controles diferentes, além de apresentar pontos negativos mais facilmente contornáveis. Havia ainda, no entanto, uma grande variedade de possibilidades de exploração dentro do modelo escolhido.

III.1.2. Etapa de desenho direcionado

Após a exploração de configurações na etapa precedente, realizada na etapa anterior, realizou-se uma etapa de desenhos adicional, buscando melhor explorar a alternativa escolhida, assim como possivelmente apresentar soluções para os problemas mais prontamente evidentes, como os já apontados na análise preliminar, antes de adentrar no detalhamento do projeto.

O processo consistiu de uma série de desenhos realizados sequencialmente, utilizando mídias digitais. Estes são apresentados a seguir, com uma análise de pontos positivos e negativos, acompanhada do mesmo sistema de legendas utilizado na etapa de desenho livre, repetida aqui por conveniência de referência:

Tabela 7 – Critérios de avaliação de características de produtos

(---)	(--)	(-)	(+)	(++)	(+++)
Crítico	Péssimo	Ruim	Bom	Ótimo	Essencial

Fonte: acervo pessoal

III.1.2.1. Alternativa A1

Figura 40 – Desenho da alternativa A1



Fonte: acervo pessoal

Esta alternativa apresenta uma estrutura plana, com 4 colunas de 4 teclas em seu topo, acompanhadas de duas rodas de scroll, posicionadas acima destas. O lado direito é ocupado por uma variedade de knobs. O espaço entre esses dois nichos contém uma única tecla em orientação diagonal.

Pontos Positivos

- (+) Formato simples;
- (++) Número adequado de teclas;
- (++) Aproveitamento de todos os dedos da mão, embora o polegar seja pouco aproveitado;
- (++) Adição de scrolls em posição conveniente;

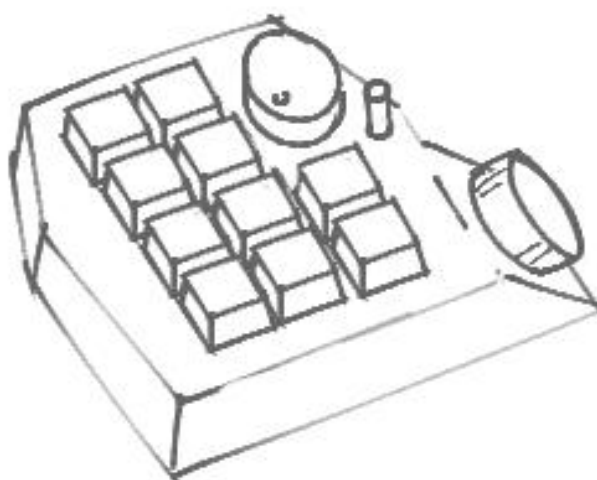
Pontos Negativos

- (--) Conflitos claros de alcance entre knobs;

- (--) Alta carga de controles na posição do dedo mínimo;
- (--) Pouco aproveitamento do polegar;
- (-) Tecla diagonal em posição não-intuitiva;

III.1.2.2. Alternativa A2

Figura 41 – Desenho da alternativa A2



Fonte: acervo pessoal

A alternativa A2 apresenta uma superfície irregular com 3 colunas com 4 teclas cada, uma delas sendo reduzida em 2 teclas para fim de acomodar um knob na parte superior. Além deste, o outro ponto notório da estrutura é a adição de uma seção inclinada com um knob, com o acesso do dedo polegar em mente.

Pontos Positivos

- (++) Knob posicionado no alcance natural do dedo indicador;
- (+) Knob do polegar em posição possivelmente eficaz;

Pontos Negativos

- (-) Poucas teclas ;
- (-) Sem aproveitamento do dedo mínimo;

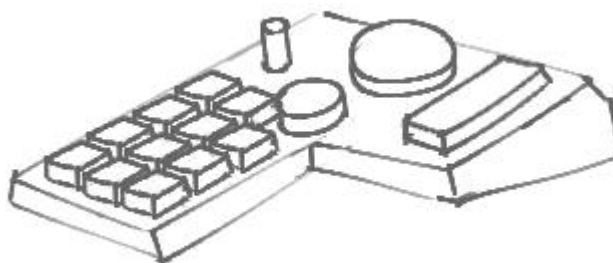
(--) Possíveis conflitos de alcance entre controles;

(--) Formato desnecessariamente complexo;

(--) Pouco aproveitamento do polegar;

III.1.2.3. Alternativa A3

Figura 42 – Desenho da alternativa A3



Fonte: acervo pessoal

Esta alternativa apresenta uma estrutura plana elevada em um dos lados, com 4 colunas de 3 botões cada, uma delas sendo reduzida em 2 teclas para a finalidade de acomodar um knob na parte inferior, onde este pode ser acessado pelos dedos indicador e polegar ao mesmo tempo. A seção da direita contém outros knobs e botões posicionados para acesso com o dedo polegar.

Pontos Positivos

(+) Formato simples;

(+) Número aceitável de teclas;

(+++) Aproveitamento de todos os dedos da mão;

(++) Knob Posicionado em acesso simultâneo dos dedos indicador e polegar;

(+) Possibilidade de inclinação da estrutura;

Pontos Negativos

- (-) Carga de botões para o dedo mínimo igual aos outros;
- (--) Espaço hábil não aproveitado por conta tamanho reduzido do teclado;
- (-) Possível problema de inacessibilidade entre knobs;

III.1.2.4. Conclusões da etapa de desenho direcionado

O desenvolvimento de alternativas baseado em uma opção já selecionada confirmou a possibilidade de ampla exploração do espaço de design limitado previamente.

A **alternativa A3** foi selecionada como modelo principal a ser desenvolvido tanto por suas características positivas pontuadas, especialmente o formato que incentiva o melhor aproveitamento de todos os dedos da mão, assim como por suas características negativas mais facilmente contornáveis. No entanto, diversas propriedades das outras alternativas revelam possibilidades a serem implementadas durante o desenvolvimento posterior da alternativa A3.

III.2. Desenvolvimento do projeto

A etapa de desenvolvimento começou a partir dos desenhos produzidos e selecionados nas etapas anteriores. Apesar de já haver algum nível de racionalidade por trás das decisões tomadas, inúmeras questões do design ainda deveriam ser consideradas e solucionadas para que o projeto se aproximasse de sua realização. Para tal, informações levantadas em diversas das etapas prévias, assim como de novas fontes, foram introduzidas ao processo de análise.

III.2.1. Escolha de controles

A primeira questão-chave confrontada na etapa de desenvolvimento foi a de quantos, e quais tipos, de botões, knobs e outros controladores deveriam ser incluídos no projeto. A prioridade da resolução desta questão se deve ao fato de toda a forma do produto ser uma função dos elementos de sua interface.

Para fins da realização desse processo decisório, a tabela apresentada previamente em “*II.4. Análise da Relação do Homem e Objeto*”, que descreve características de diversas funções de softwares de animação cut-out, teve seus elementos ordenados e associados a possíveis elementos de interface físicos, baseado nas características observadas, chegando a uma configuração sugerida, da maneira apresentada na tabela a seguir:

Tabela 8 – Relação entre funções e controles

Função	Tipo de controle sugerido
Zoom in / Zoom out	Giratório
Subir / Descer Hierarquia	Giratório
Avançar / Regredir Timeline	Giratório
Avançar / Regredir Keyframe	Giratório
Criar Keyframe	Tecla
Mover Tela	Tecla
Desfazer / Refazer	Tecla
Salvar Arquivo	Tecla
Render da cena	Tecla
Estender exposição	Tecla
Deletar Keyframe	Tecla
Copiar / Colar	Tecla
Troca de desenho	Tecla
Ligar / Desligar Deform	Tecla
Virar Horizontal	Tecla
Virar Vertical	Tecla
Foco no componente	Tecla
Ligar / Desligar modo de animação	Tecla
Girar tela	Tecla

Fonte: acervo pessoal

Nesta tabela, o tipo “giratório” representa controles que realizam comandos diferentes quando rotacionados para um lado e para o outro, como knobs e botões rotativos. Já o tipo “tecla” significa botões que simplesmente realizam um comando quando apertados.

III.2.2. Ergonomia

Como observado na etapa de Levantamento e Análise de dados, uma parcela considerável dos respondentes reporta sentir dores relacionadas ao trabalho, principalmente nas mãos, coluna, ombros e pescoço. Tais sintomas são indicativos de Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORTs), comuns entre trabalhadores que dependem necessariamente do uso de computadores em suas tarefas. Posturas normalmente tomadas durante a operação de teclados como supinação do antebraço, flexão e extensão dos pulsos e deviação ulnar/radial são reiteradamente associadas a sintomas e desordens musculoesqueléticas em diversos estudos. (SILVA et al., 2020; BAKER, 2013).

Muitas das características presentes em interfaces de teclados tradicionais podem ter suas origens traçadas a designs dos primórdios das máquinas de escrever, há mais de um século atrás. Embora muitos aperfeiçoamentos tenham sido desenvolvidos e popularizados, o equipamento ainda carrega pesadas heranças do seu passado no que diz respeito a conforto e prevenção de lesões, na medida em que seu uso contemporâneo, na função de interface entre humano e software, frequentemente em muito se difere das intenções originais de seu projeto.

Dadas as similaridades da alternativa selecionada a um perfil de teclado tradicional, casadas com a designação deste projeto como ferramenta de trabalho, torna-se indispensável a investigação de alternativas presentes no mercado, assim como da literatura disponível no que diz respeito a melhores – e piores – práticas no desenvolvimento de teclados.

Com estas informações em mente, as seguintes medidas foram estudadas e aplicadas conforme apropriado para alcançar um projeto que proporcione uma experiência segura e confortável a seu usuário:

III.2.2.1. Layout de colunas escalonadas

A começar por uma das supracitadas heranças das máquinas de escrever: o teclado tradicional tem suas teclas dispostas em uma configuração na qual as teclas são dispostas lateralmente de forma regular, à maneira de criar fileiras horizontais. Por outro lado, a ordenação vertical das teclas segue um padrão escalonado, onde as teclas imediatamente acima ou abaixo de cada tecla determinada se encontram lateralmente deslocadas.

Figura 43 – Exemplo de configuração de fileiras escalonadas, encontrada usualmente em teclados



Fonte: acervo pessoal

Figura 44 – Máquina de escrever Remington Portable (1920) com layout de fileiras escalonadas

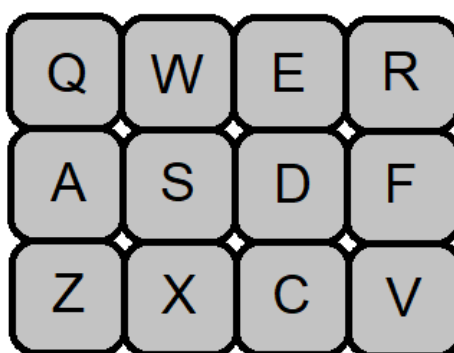


Fonte: Loup Vaillant. Link: <https://loup-vaillant.fr/articles/better-keyboards>

Este layout foi uma solução encontrada para contornar o problema de sobreposição dos braços mecânicos de uma máquina de escrever, um obstáculo do qual, patentemente, teclados modernos não compartilham.

Esta configuração, é nítido, não acompanha a forma e o movimento naturais dos dedos humanos e introduzem, então, a necessidade de movimentos laterais adicionais para o alcance das teclas, propiciando uma maior fadiga ao usuário. Uma possível solução, presente em uma pequena parcela de produtos disponíveis no mercado, é de um layout ortolinar, onde todas as teclas são dispostas em uma matriz regular.

Figura 45 – Exemplo de configuração ortolinar

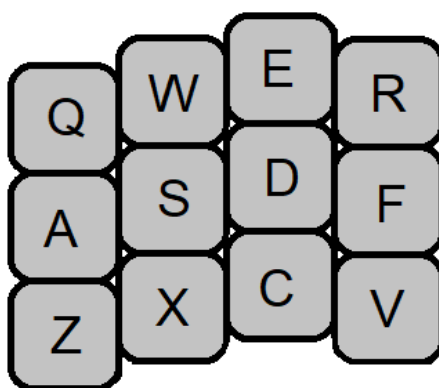


Fonte: acervo pessoal

A disposição das teclas em linhas verticais soluciona a mencionada necessidade de movimentos laterais dos dedos, e é portanto mais apropriada do que a tradicional a um design de teclado que busca maximizar o conforto. No entanto, uma adaptação adicional foi trazida para este projeto: uma vez que não existe a pretensão de substituir um teclado tradicional na tarefa da digitação, que se traduziria na necessidade de um número consideravelmente mais alto de teclas, o design em desenvolvimento pode associar cada coluna de teclas a um dos dedos da mão, reduzindo de forma significativa a movimentação requerida para seu uso. Portanto, buscando alcançar uma configuração que melhor se

adeque ao formato das mãos em postura natural, foi introduzido um deslocamento entre as colunas verticais de teclas, conforme mostra a ilustração a seguir:

Figura 46 – Configuração de colunas escalonadas, letras incluídas para facilidade de referência



Fonte: acervo pessoal

III.2.2.2. Adaptações para o polegar

A fim de proporcionar uma posição mais próxima da natural aos polegares dos usuários, alguns teclados ergonômicos implementam um nicho ao lado da matriz principal, com teclas anguladas de forma a facilitar o acesso e a movimentação dos polegares. Esta característica foi adaptada e aproveitada no desenvolvimento.

Figura 47 – Teclado Maltron L90, com dois nichos de polegar próximos ao centro



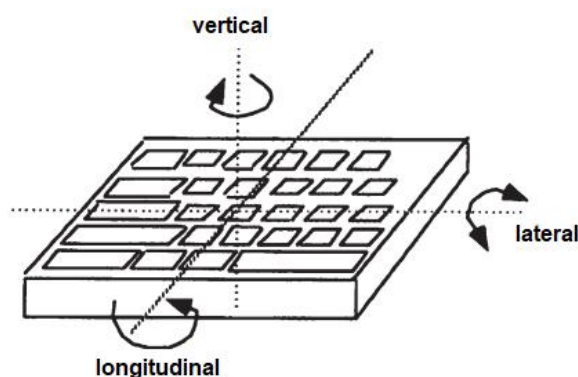
Fonte: Maltron. Link:

http://www.maltron.com/store/p20/Maltron_L90_dual_hand_fully_ergonomic_%283D%29_keyboard_-_US_English.html

III.2.2.3. Inclinações

Conforme mencionado previamente, o modelo de periférico tradicional incentiva a tomada de posturas arriscadas por parte de seu usuário, possivelmente causando ou agravando condições adversas ao longo de um período prolongado e repetido de uso. Para compreender como as possibilidades espaciais de transformação em três dimensões podem ajudar a aliviar estes riscos, é importante esclarecer a linguagem a ser utilizada. Para tal, a figura apresentada a seguir será usada como modelo:

Figura 48 – Esquema de eixos de rotação de um teclado



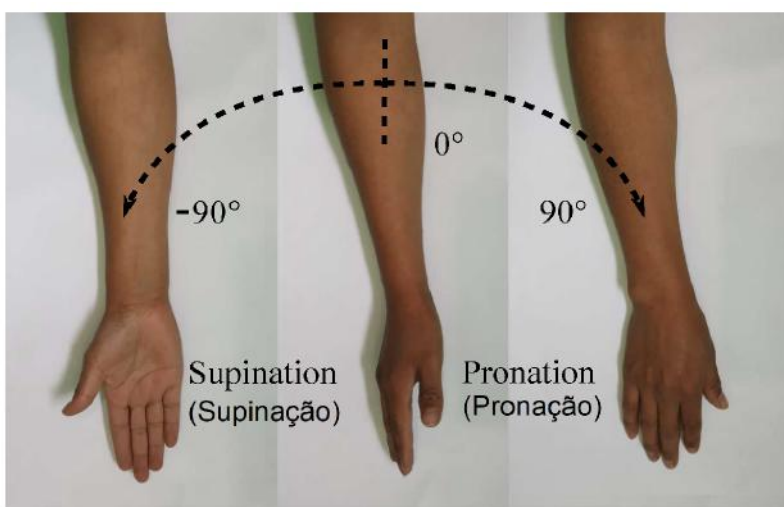
Fonte: REMPEL, 2008. (modificada pelo autor)

Se denominarmos o eixo imaginário que mais se aproxima de um paralelismo com o antebraço do operário como longitudinal (da frente para trás), e o eixo que aponta para cima quando o objeto descansa sobre uma superfície como vertical (de cima para baixo), o eixo restante é denominado lateral (da esquerda para a direita). Estas convenções serão utilizadas nas seções a seguir para descrever as inclinações do periférico.

III.2.2.3.1. Eixo longitudinal

Teclados tradicionais costumam não apresentar variações de inclinação no eixo longitudinal, adotando um formato que exige a pronação do antebraço até um ponto próximo de seu limite anatômico. Tal postura exige a ativação de uma série de músculos e pode causar fadiga no usuário se mantida por períodos prolongados de tempo (FREIVALDS, 2011). Diversos estudos sugerem faixas diferentes de pronação do antebraço a fim de maximizar o conforto e minimizar o risco de lesões, com base em artigos consultados, um valor mínimo por volta de 60° foi escolhido como referência para o desenvolvimento do projeto. (KROEMER, 1972; ZIPP et al., 1983).

Figura 49 – Supinação e pronação do antebraço



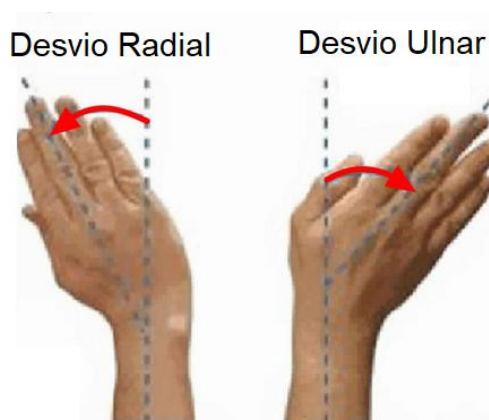
Fonte: CAMACHO-RAMIREZ et al., 2022 (traduções pelo autor)

Com base nestas informações, e a fim de introduzir a possibilidade de diversas inclinações no eixo longitudinal ao produto, foi tomada a decisão de incluir um suporte ajustável ao design que suporte ângulos desde o mais raso (90° de pronação) até por volta de 60° de pronação, para que o usuário possa ajustá-lo conforme suas preferências.

III.2.2.3.2. Eixo vertical

Por virtude de suas dimensões pouco adequadas ao uso com duas mãos, o design de um teclado tradicional incentiva um desvio ulnar dos punhos durante o seu uso. A manutenção desta postura em 20° ou mais de inclinação está associada a sintomas musculoesqueléticos em usuários de computadores. (HUNTING et al., 1981)

Figura 50 – Desvios radial e ulnar dos punhos



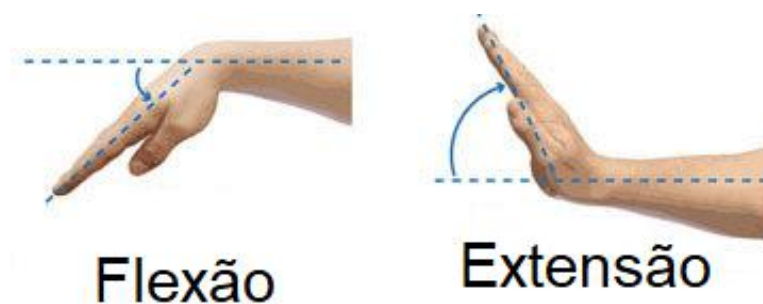
Fonte: HealthJade. Link: <https://healthjade.net/ulnar-deviation/> (legenda adicionada pelo autor)

O produto em desenvolvimento assume em seu projeto o uso com apenas uma das mãos e, portanto, pode ser movido livremente pela superfície de trabalho a fim de se obter a inclinação vertical desejada.

III.2.2.3.3. Eixo lateral

Grande parte dos teclados tradicionais oferecem duas opções de angulação do eixo lateral através de um conjunto de mecanismos de suporte retráteis na parte inferior do dispositivo. Em sua configuração normal, a maioria destes teclados mantém uma inclinação lateral levemente positiva e próxima de 0°. Quando os “pés” são ativados, portanto, a inclinação resultante incita uma postura de extensão dos pulsos.

Figura 51 – Flexão e Extensão dos pulsos



Fonte: Diar Abdikarim. Site:

<https://www.researchgate.net/post/Is-pronation-supination-a-movement-part-of-the-wrist-or-the-forearm>

m

Ao contrário do que se pode pensar com base na inclusão deste mecanismo à maioria dos teclados, posturas neutras ou de flexão até 30° apresentam benefícios objetivos à postura e ajudam a diminuir a atividade muscular quando comparadas a posturas de extensão. (WOODS; BABSKI-REEVES, 2005). Baseado nessa informação, foi feita a escolha de incluir uma inclinação de 0° no produto final, a fim de equilibrar os benefícios ergonômicos e a familiaridade do usuário médio.

III.2.2.4. Espessura

A espessura de um teclado ou periférico semelhante influencia a extensão do pulso que sua operação requer, uma vez que determina o desnível entre a superfície de trabalho e a superfície útil do periférico. Para além disso, há estudos indicando uma relação entre maiores riscos de sintomas musculoesqueléticos em operadores de teclado e uma maior espessura do periférico utilizado. (GERR, 2006).

Deste modo, atenção foi dada ao design aqui proposto para que a estrutura apresentasse uma espessura tão baixa quanto viável para que, em conjunto com o ângulo

do eixo lateral escolhido, a postura do usuário em sua operação seja mais próxima da neutra possível.

III.2.2.5. Teclas mecânicas de perfil baixo

O mecanismo por trás das teclas utilizadas na maioria de teclados tradicionais é o chamado de “domo de borracha”, que utiliza o contato entre condutores incorporados em membranas de borracha para registrar a ativação da tecla. Neste projeto foi feita a escolha de utilizar interruptores, ou *switches*, mecânicos de baixo perfil e lineares ao invés da solução tradicional.

Figura 52 – Teclado desmontado, revelando uma membrana de domos de borracha



Fonte: Hannu Hartikainen. Site: <https://hannuhartikainen.fi/blog/keyboard-dome-repair/>

Interruptores mecânicos apresentam uma solução alternativa à ativação de teclas, com um mecanismo interno que garante um menor tempo de resposta, além de produzir uma experiência tátil geralmente considerada mais agradável. Outra vantagem de interruptores mecânicos é sua longevidade: enquanto domos de borracha têm sua vida útil estimada entre 10 e 20 milhões de ativações, interruptores mecânicos sobrevivem entre 50 e 100 milhões, e podem ser substituídos individualmente em caso de falha.

Figura 53 – Uma série de interruptores mecânicos sortidos da marca Cherry MX



Fonte: Keychron. Site: <https://www.keychron.com/blogs/news/cherry-mechanical-switch-guide>

Os interruptores de baixo perfil foram escolhidos para facilitar a diminuição da espessura do produto, por motivos já mencionados na seção anterior. Ademais, interruptores de baixo perfil lineares requerem menos força e um movimento reduzido para realizar sua ativação, e apresentam uma resistência constante, ao contrário dos interruptores chamados “tácteis” e “clicáveis”. Os interruptores vermelhos da linha *Choc V2* da marca *Kailh* foram escolhidos como referência neste projeto.

Figura 54 – Interruptor de baixo perfil Choc V2, da Kailh



Fonte: Kailh. Site:

<https://www.kailhswitch.com/mechanical-keyboard-switches/key-switches/kailh-low-profile-switch-choc-v2.html>

III.2.2.6. Ambidestria

Uma questão incontornável no que diz respeito ao desenvolvimento de periféricos é a dificuldade de atender igualmente a população de canhotos e de destros, e a disparidade na preferência por um hemisfério ou outro apresenta problemas ainda mais agravantes quando o projeto busca se adaptar ao formato de uma das mãos.

Alguns fabricantes de mouses, por exemplo, buscam apresentar uma solução a esse obstáculo com a introdução de modelos ambidestros, que possuem lados simétricos e apresentam uma experiência de uso semelhante seja qual foi o hemisfério dominante do usuário. Tal solução cobra seus custos, no entanto: é evidente que a mão humana não é lateralmente simétrica. Um mouse ambidestro, portanto, não desfruta das mesmas possibilidades ergonômicas que um mouse projetado para uma ou outra mão.

Figura 55 – Mouse Ambidestro M190, da Logitech



Fonte: Logitech. Site:

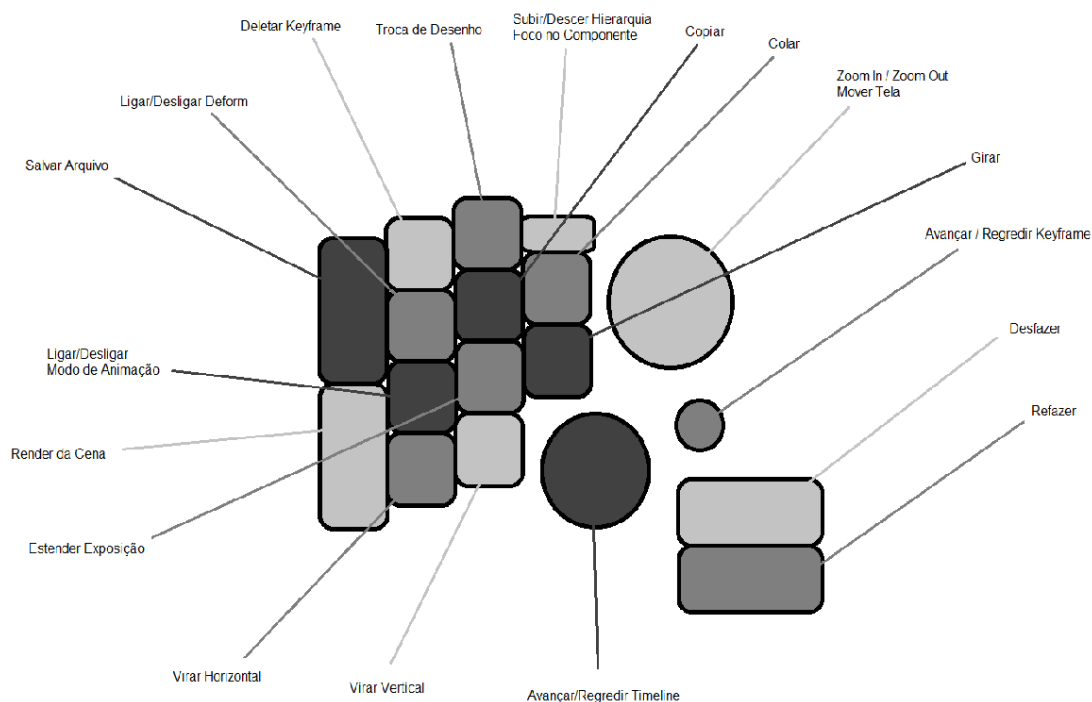
<https://www.logitech.com/pt-br/products/mice/m190-wireless-mouse.910-005903.html>

Retornando ao objeto de desenvolvimento deste relatório, os problemas encontrados são ainda maiores, uma vez que o espaçamento e posição dos controles são completamente adaptadas à posição dos dedos e simplesmente não funcionariam em uma configuração espelhada. Baseado nesta informação, a solução escolhida foi uma outra prática comum de fabricantes do mercado: a de simplesmente oferecer uma versão alternativa espelhada do produto para atender a usuários com outras preferências. Para fins de referência: as imagens de desenvolvimento neste relatório se referem sempre à versão para mão esquerda (ou seja, para destros) do produto, a menos que o contrário seja especificado.

III.2.3. Atribuição dos controles

Com base no desenvolvimento realizado até então, foram esquematizadas posições e atribuições preliminares de controles em relação às funções previamente selecionadas, para utilização nas etapas posteriores, segundo o seguinte esquema:

Figura 56 – Esquema sugerido de relação entre controles e funções



Fonte: acervo pessoal

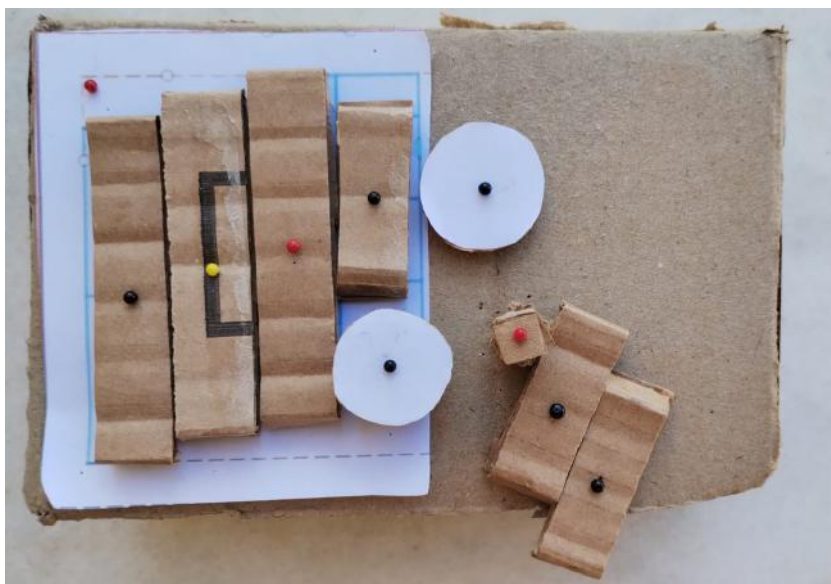
III.2.4. Modelo físico de teste

Buscando garantir a viabilidade prática das possíveis configurações dos controles escolhidos, e com base no esquema de atribuição de controles desenvolvido, um modelo de teste foi desenvolvido em tamanho real para a realização de testes de alcance e conforto.

O modelo foi confeccionado com papelão, cola e alfinetes, de forma que as peças possam ter suas posições e alturas ajustadas rapidamente para facilitar a realização de uma grande quantidade de testes. Além do autor, alguns voluntários foram convidados a testar o modelo, cobrindo uma maior amplitude de percentis.

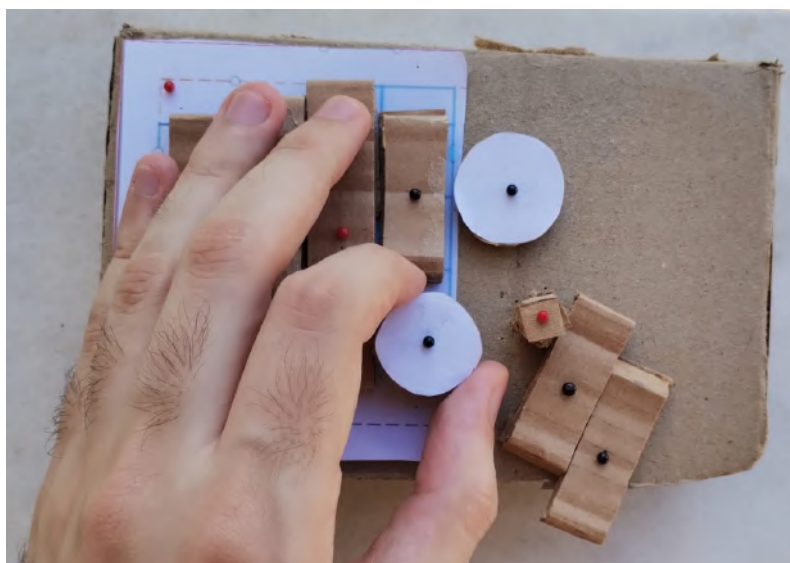
Cada teste consistia na simulação do uso de todos os controles incluídos, e a posição e tamanho das peças era alterada a cada teste. O resultado final apresentou uma posição para o uso confortável de todos os controles, na seguinte configuração:

Figura 57 – Modelo de teste em uma de suas configurações



Fonte: acervo pessoal

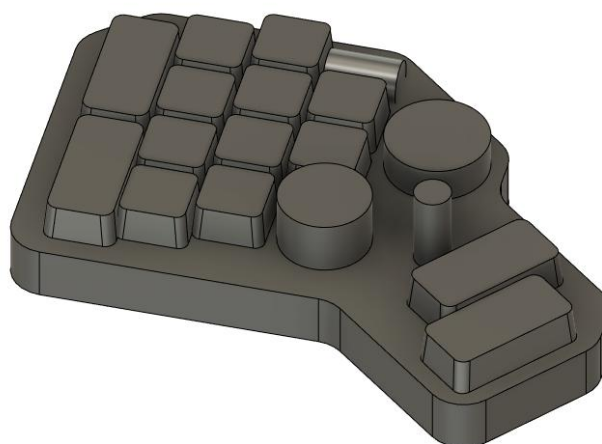
Figura 58 – Exemplo de uso do modelo de testes



Fonte: acervo pessoal

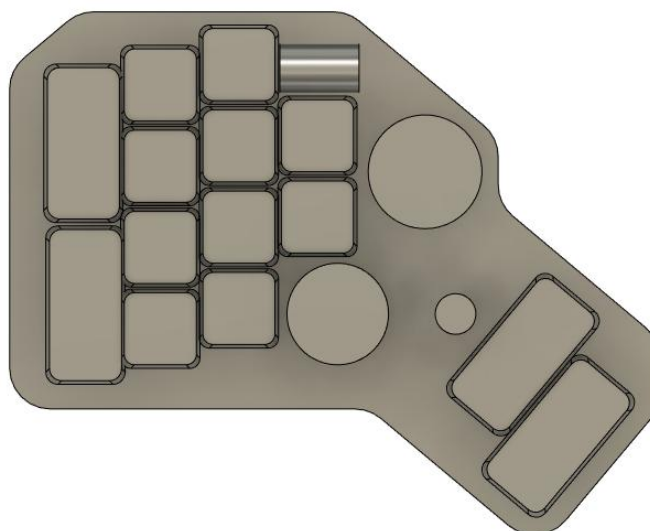
Após a conclusão dos testes e da escolha de uma configuração, foi preparado um modelo virtual preliminar para servir de base para as etapas seguintes do projeto:

Figura 59 – Modelo 3D baseado na configuração selecionada



Fonte: acervo pessoal

Figura 60 – Modelo 3D baseado na configuração selecionada



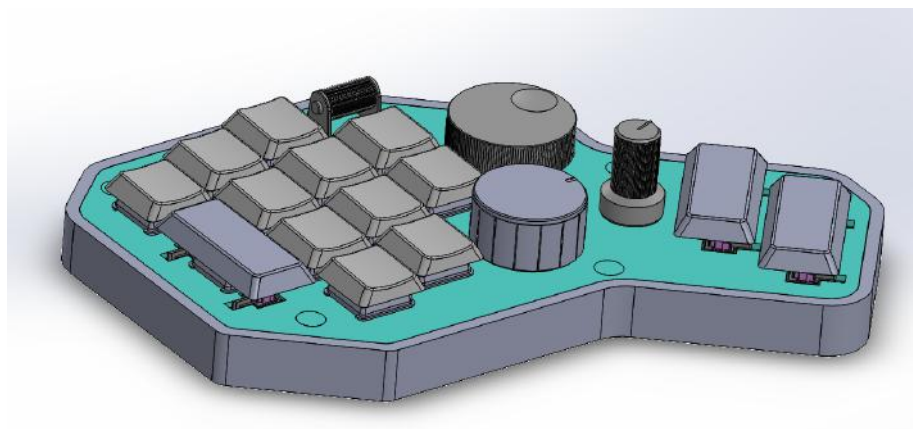
Fonte: acervo pessoal

IV – Resultado do Projeto

IV.1. Proposta Final

Baseado em toda a pesquisa e desenvolvimento até então, a proposta final do projeto é apresentada e detalhada a seguir:

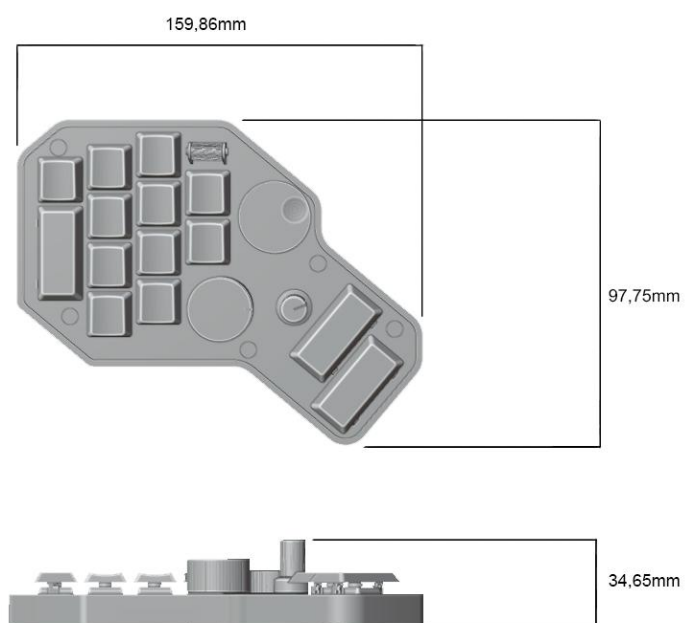
Figura 61 – Modelagem final do produto



Fonte: acervo pessoal

IV.1.1. Dimensionamento Geral

Figura 62 – Dimensões gerais do produto

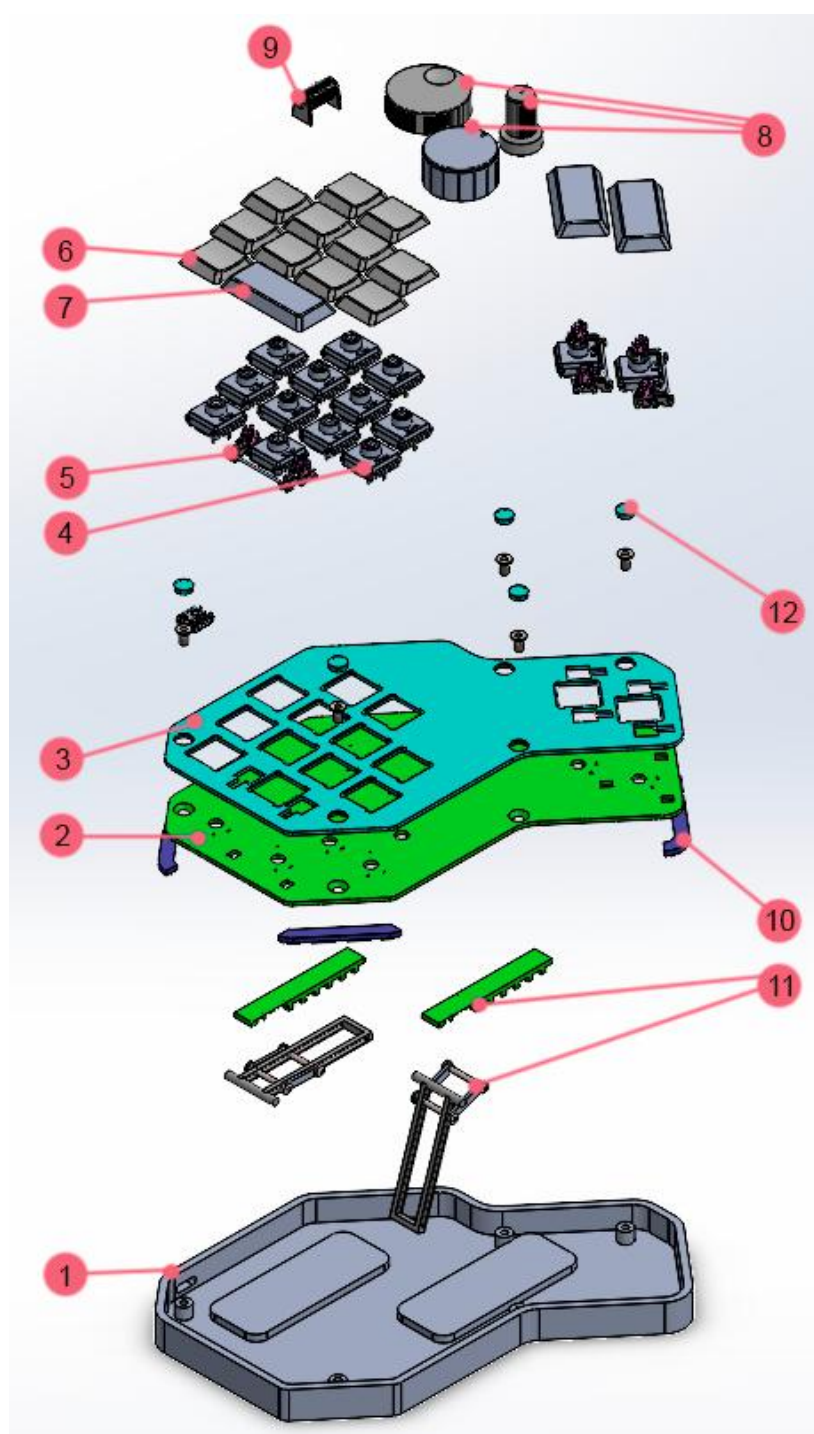


Fonte: acervo pessoal

IV.1.2 Componentes

A figura a seguir representa uma vista explodida, e apresenta todos os principais componentes do projeto:

Figura 63 – Vista explodida



Fonte: acervo pessoal

Tabela 9 – Relação de componentes

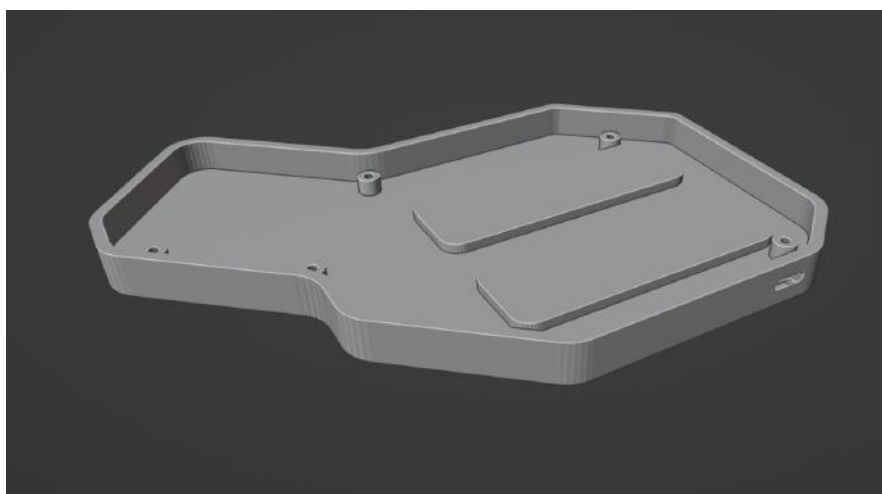
1 – Caixa em ABS	7 – Tecla Dupla
2 – Circuito Impresso	8 – Knobs
3 – Chapa de Alumínio	9 – Roda de Scroll
4 – Interruptor	10 – Pés Antiderrapantes
5 – Estabilizador	11 – Suporte Inclinável
6 – Tecla Simples	12 – Tampas de acabamento

Fonte: acervo pessoal

IV.2. Detalhamento dos componentes

IV.2.1. Caixa em ABS

Figura 64 – Caixa

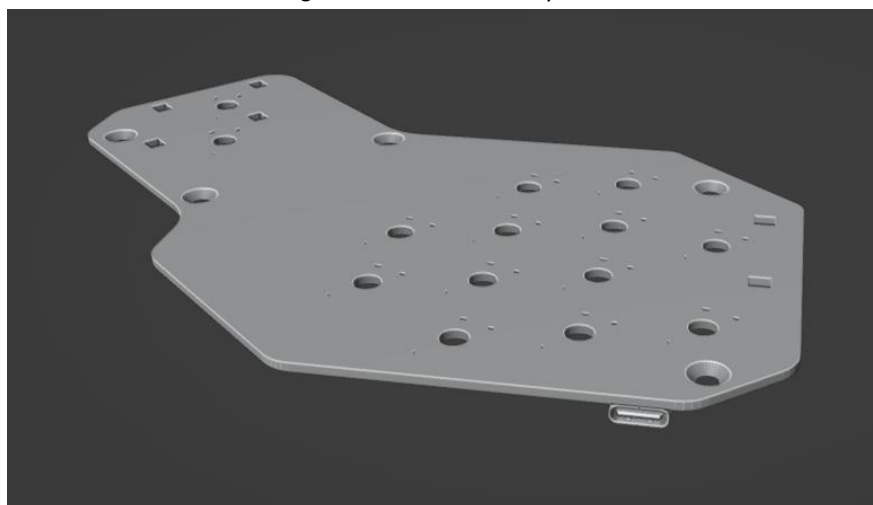


Fonte: acervo pessoal

A caixa é a estrutura básica do produto, e responsável pela proteção e suporte dos componentes internos. Existe um furo na sua lateral para a exposição da saída USB tipo C. Sua parte inferior conta com nichos onde os suportes inclináveis ficam embutidos.

IV.2.2. Circuito impresso

Figura 65 – Circuito Impresso



Fonte: acervo pessoal

A placa de circuito impresso (PCB) é o principal componente eletrônico do periférico, conectando todos os componentes e criando um circuito que pode ser manipulado pelo usuário através dos controladores disponíveis. Além dos componentes de controle, a placa conta com uma saída USB tipo C, com a função de receber um cabo para criar a interface entre o periférico e o computador.

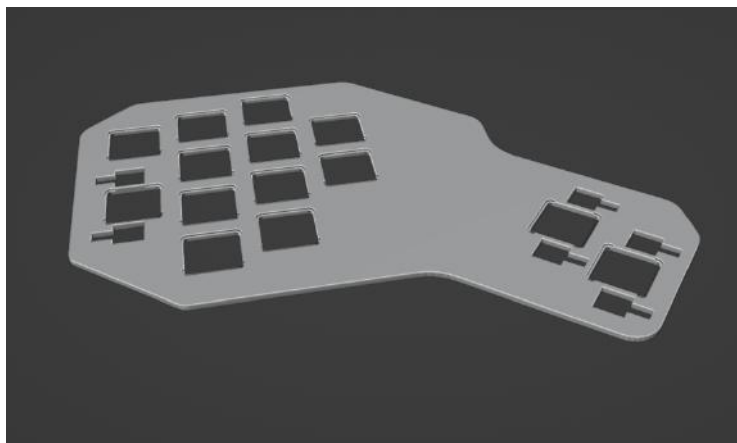
Figura 66 – Exemplo de conector USB-C



Fonte: Wikipedia. Link: <https://en.wikipedia.org/wiki/USB-C>

IV.2.3. Chapa de Alumínio

Figura 67 – Chapa



Fonte: acervo pessoal

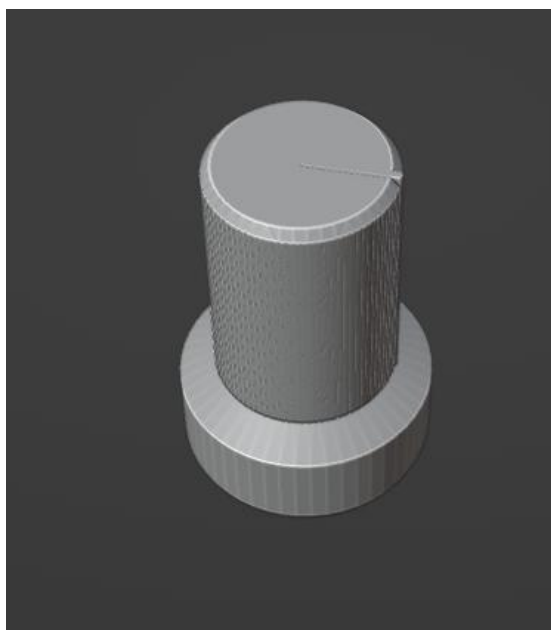
Uma chapa de alumínio cumpre a função dupla de selar o topo da caixa, protegendo os componentes internos, e de servir como peça estrutural do dispositivo. Sua superfície é coberta de espaços vazios por onde são encaixados os controles, impedindo a oscilação das teclas durante o uso.

IV.2.4. *Knobs* ou Controles rotativos

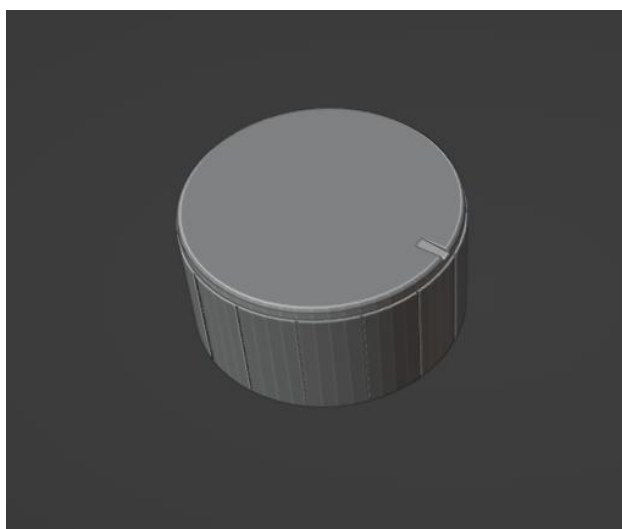
Figura 68 – Knob A



Fonte: acervo pessoal

Figura 69 – Knob B

Fonte: acervo pessoal

Figura 70 – Knob C

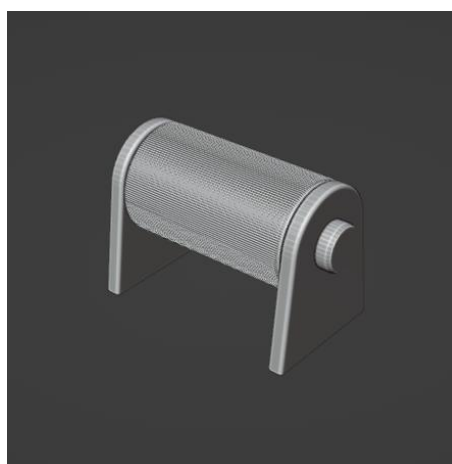
Fonte: acervo pessoal

Além das teclas, que são pressionadas, alguns dos controles presentes no painel são operados através da sua rotação, oferecendo um nível maior de precisão e conveniência na utilização de comandos repetitivos e não-binários.

Três modelos distintos foram implementados, oferecendo experiências distintas de uso: o Knob A possui um baixo-relevo para assistir a sua operação, que é feita com a ponta do dedo indicador, e sua rotação é suave. O Knob B pode ser segurado entre o dedo indicador e o polegar, assim como pode ser rotacionado apenas pela fricção do dedo polegar. O Knob C deve ser segurado entre o dedo indicador e o polegar, e rotaciona em níveis, apresentando uma resistência entre cada um, permitindo uma maior precisão na sua operação.

IV.2.5. Roda de *Scroll*

Figura 71 – Roda de Scroll

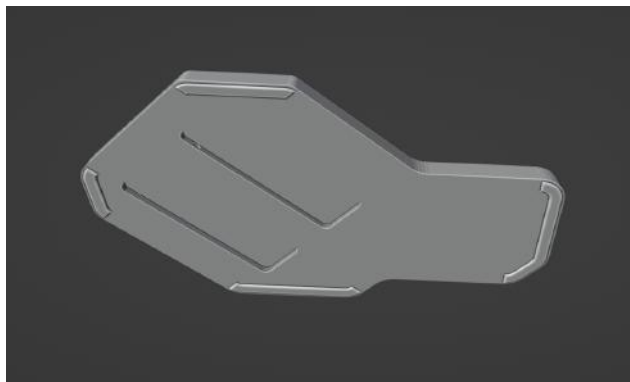


Fonte: acervo pessoal

A roda de *Scroll* presente no produto é semelhante às comumente encontradas em mouses, e serve uma função semelhante aos Knobs já apresentados, embora sua operação seja realizada de frente para trás, em vez de ser rotacionada lateralmente. Está posicionada para o uso por fricção com o dedo indicador e sua rotação também apresenta uma resistência entre níveis para uma operação mais precisa, assim como o Knob C.

IV.2.6. Pés Antiderrapantes

Figura 72 – Parte inferior da caixa com pés antiderrapantes



Fonte: acervo pessoal

Pés de silicone estão presentes na parte inferior da caixa para impedir o deslizamento do periférico sobre a superfície de trabalho, proporcionando uma experiência consistente de uso.

IV.2.7. Suporte inclinável

Figura 73 – Suporte angulado em uma de suas configurações

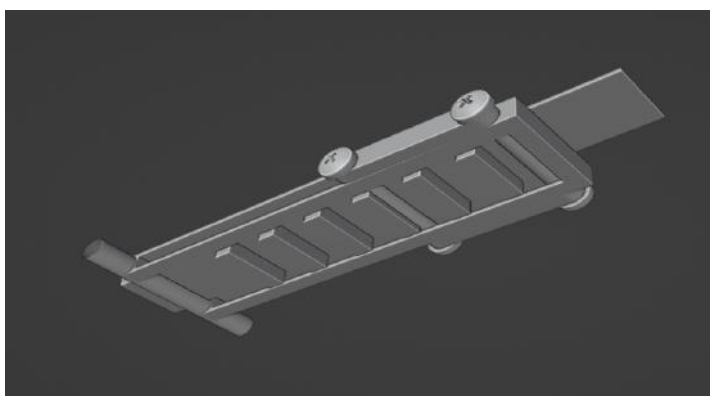


Fonte: acervo pessoal

Com base nas informações apresentadas na seção **IV.2.3.1 Eixo longitudinal**, uma dupla de suportes inclináveis com alcance entre 7° e 38° foram incluídos, representando

uma pronação entre aproximadamente 83° e 52° , baseado no valor de referência de 60° . O ajuste de angulação é feito através de um encaixe que permite diversas configurações entre o alcance máximo e o mínimo. Quando retraído, o suporte se encontra completamente embutido na estrutura do periférico e a superfície usável fica paralela à mesa, representando 90° de supinação.

Figura 74 – Suporte em sua posição retraída



Fonte: acervo pessoal

IV.2.8. Tampas de acabamento

A fim de esconder e proteger os parafusos de montagem do periférico, pequenas tampas de polietileno foram incluídas no design. Estas são encaixadas por pressão, e possuem uma pequena aba para facilitar a retirada caso necessário.

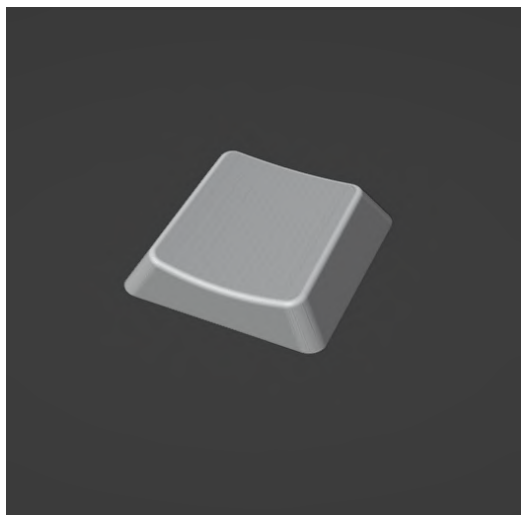
Figura 75 – Tampa



Fonte: acervo pessoal

IV.2.9. Tecla (Keycap) simples

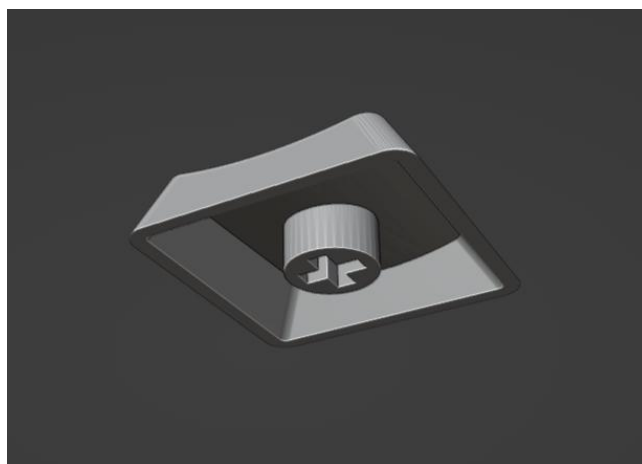
Figura 76 – Tecla simples



Fonte: acervo pessoal

As teclas são a parte do mecanismo dos botões com a qual o usuário faz contato direto. Foi escolhido um modelo em ABS, com uma curva interna adequada à curvatura dos dedos, e de baixo perfil, por fins de compatibilidade com os interruptores. O encaixe com os interruptores segue o padrão utilizado pela Kailh, também compatível com interruptores da fabricante Cherry MX.

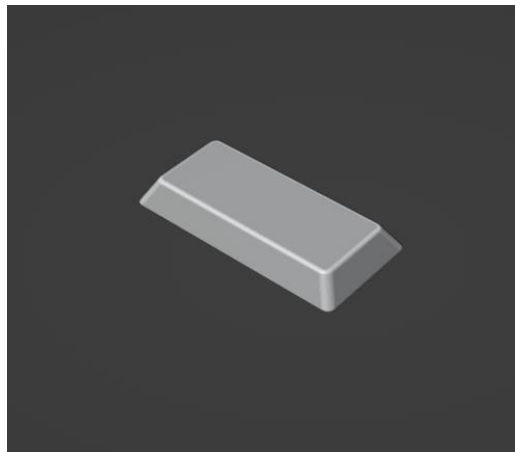
Figura 77 – Detalhe do encaixe da tecla simples



Fonte: acervo pessoal

IV.2.10. Tecla (Keycap) dupla

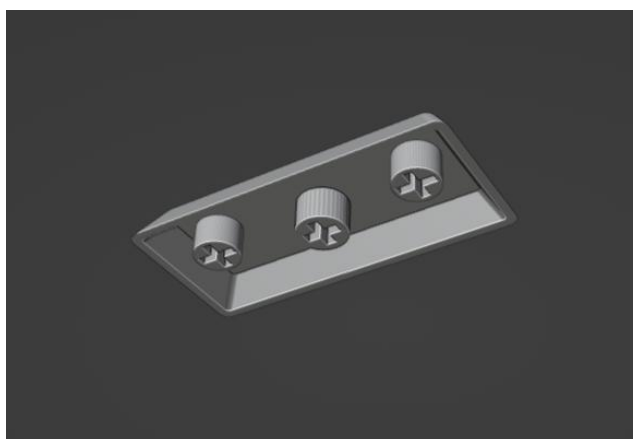
Figura 78 – Tecla dupla



Fonte: acervo pessoal

Algumas das teclas oferecem uma superfície de contato equivalente a duas teclas convencionais, com fins de facilitar a identificação de funções importante, assim como reduzir o requerimento de precisão na operação e oferecer um maior conforto no uso. Além do tamanho, a outra diferença das teclas convencionais é a presença de encaixes extra para os estabilizadores.

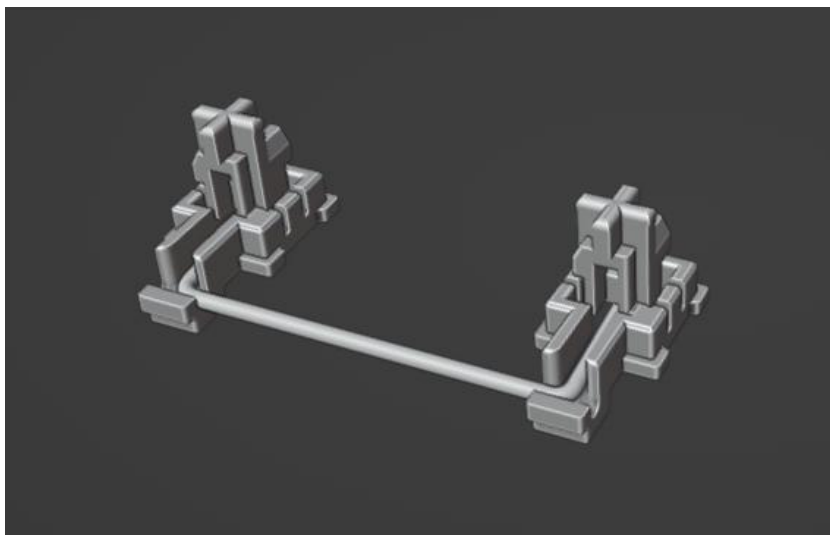
Figura 79 – Detalhe do encaixe da tecla dupla



Fonte: acervo pessoal

IV.2.11. Estabilizador

Figura 80 – Estabilizador



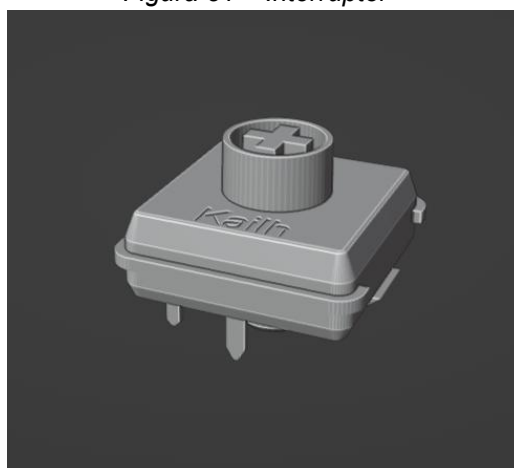
Fonte: acervo pessoal

Peças estabilizadoras servem para oferecer suporte e impedir a oscilação de teclas maiores, criando uma experiência consistente e confortável de uso. Estas peças são encaixadas na PCB, e possuem um encaixe em seu topo semelhante ao dos interruptores, onde existe o contato com as teclas.

IV.3. Itens de série

IV.3.1. Interruptor (*Switch*)

Figura 81 – Interruptor



Fonte: acervo pessoal

Os interruptores são os componentes que realizam a interface entre as teclas e a placa de circuito impresso. Existe uma enorme variedade destes componentes no mercado, mas como detalhado previamente na seção **IV.2.5. Teclas mecânicas de perfil baixo**, os modelos utilizados no projeto são modelados com base no interruptor de baixo perfil Choc V2, da fabricante Kailh (Modelo CPG135301D01). Estas peças são encaixadas na chapa e seus contatos são soldados na placa de circuito impresso.

IV.3.2. Parafusos

Figura 82 – Parafusos sextavados internos de cabeça chata em vários comprimentos



Fonte: Aliexpress. Link: <https://pt.aliexpress.com/item/1005002705177226.html>

Parafusos sextavados internos (também conhecidos como parafusos Allen) de cabeça chata foram escolhidos para a realização da fixação dos componentes e da estrutura interna. Seu uso é extremamente comum em periféricos para computador por suas qualidades estéticas, versatilidade e facilidade de instalação. O projeto utiliza parafusos M3 com 4mm de comprimento.

IV.4. Materiais e processos

Mantendo em mente as faixas de renda dos respondentes na enquete apresentada na seção **II.3.1.5. Renda mensal**, a escolha dos materiais e processos utilizados na fabricação foi norteadas por uma preocupação com a longevidade do produto assim como com sua acessibilidade pelo público. Os tópicos a seguir descrevem em mais detalhe tais escolhas:

IV.4.1 ABS

O ABS é um termoplástico de custo relativamente baixo, alta resistência e facilidade de moldagem. É um material de aplicação extremamente comum na indústria de periféricos para computadores por sua alta razão de custo-benefício. Estas características influenciaram a escolha da fabricação das teclas, knobs, e tampas de parafusos, além da caixa do produto e do suporte inclinável por meio de **moldagem por injeção**, procedimento padrão na fabricação de peças de teclados, que consiste no aquecimento do plástico até sua fusão, seguida da injeção em um molde e subsequente resfriamento. É um processo rápido e eficiente para fabricação de peças em ABS de baixo custo.

IV.4.2 Alumínio

Alumínio é um metal barato, leve e resistente a corrosão. A fim de oferecer uma maior resistência e longevidade ao produto sem aumentar drasticamente os custos de fabricação, uma chapa do material foi introduzida à estrutura do produto, aumentando também a sensação de solidez durante a operação, uma vez que as teclas são acopladas a esta estrutura. As chapas podem ser conformadas através do processo de **estampagem**, que utiliza uma prensa e uma matriz para cortar o material.

O alumínio também está presente no suporte inclinável, que possui buchas de alumínio rosqueadas internamente que são encaixadas nos parafusos da peça. Estas buchas podem ser fabricadas através de um processo de **usinagem**.

IV.4.3. Borracha de silicone

A borracha de silicone é um material durável, de baixo custo, e com uma boa aderência, além de capacidades de resistência a calor, água e outros elementos. Por essas características, foi o material escolhido para a fabricação dos pés antiderrapantes do periférico.

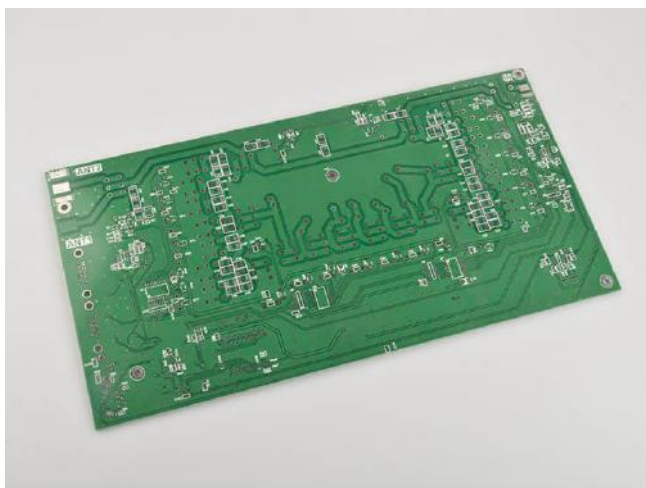
O processo de **moldagem por compressão** é simples e oferece uma vantagem de custo na fabricação de altas quantidades. Consiste no preenchimento de um molde com o material, que é então comprimido em uma prensa até assumir a forma do molde. A peça resultante deste processo é normalmente curada após ser removida, o que possibilita uma maior resistência ao desgaste. Não é um processo adequado para peças com tolerâncias dimensionais restritas ou de acabamento delicado, requerimentos não presentes neste caso em específico.

IV.4.4. Substrato da Placa de Circuito

O substrato FR-4 é um composto de fibra de vidro e resina de epóxi. Por sua alta resistência mecânica, boas propriedades como isolante elétrico e baixo custo, é comumente utilizado na fabricação de placas de circuito impresso (PCB). Além do substrato, o processo padrão de fabricação de circuitos impressos envolve a aplicação de um condutor, geralmente cobre, e uma série de revestimentos para proteger o produto da corrosão e do desgaste.

O processo escolhido para a fabricação das PCBs foi a **fotogravura**, que envolve a utilização de uma máscara para expor as áreas de cobre que devem ser mantidas, e um subsequente processo químico para remover o cobre das áreas que foram expostas. Esse processo permite que circuitos complexos possam ser fabricados com precisão.

Figura 83 – Exemplo de placa de circuito impresso em FR-4



Fonte: Moko Technology. Link: <https://www.mokotechnology.com/pt/fr4-pcb/>

IV.5. Visualizações

Figura 84 – Renderização A



Fonte: acervo pessoal

Figura 85 – Renderização B



Fonte: acervo pessoal

Figura 86 – Renderização C, demonstrando o suporte inclinável em uso

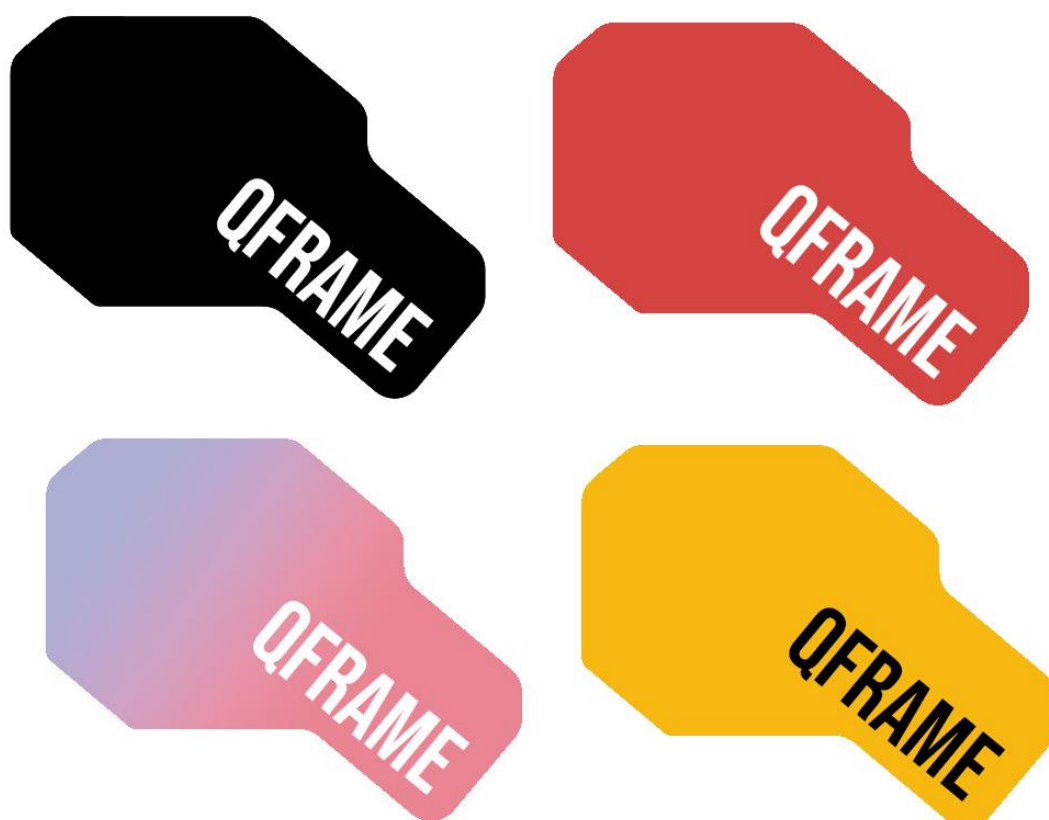


Fonte: acervo pessoal

IV.6. Título e marca

O título escolhido para o produto foi “QFRAME”, um jogo de palavras baseado no termo *Keyframe*, um elemento central na teoria e prática da animação, e com o fato do produto apresentar um formato semelhante a uma letra “Q” maiúscula quando visto de cima. Uma sugestão de logotipo foi criada com base no formato do produto, para fins de apresentação, e é apresentada a seguir em uma série de paletas:

Figura 87 - Logotipo em diferentes paletas



Fonte: acervo pessoal

CONCLUSÃO

Como pode ser esperado, o desenvolvimento do projeto encontrou obstáculos no que diz respeito a prazos e limitações orçamentárias, de pessoal e de aptidão em áreas específicas de pesquisa. O desenvolvimento do projeto poderia se aproveitar, por exemplo, de uma série de testes em maior escala para desenvolvimento mais apurado em termos de ergonomia e simulação de operação em cenários mais próximos do real intencido, assim como a observação de fatores como o tempo de adaptação dos usuários e possíveis pontos de desconforto.

Ainda assim, o processo de desenvolvimento trouxe uma série de experiências e questionamentos valiosos: o contato mais aprofundado com a disciplina de Ergonomia exigido na etapa de detalhamento da alternativa suscitou o estudo de uma série de artigos científicos, dentre alguns outros materiais, e possibilitou o alcance de uma solução satisfatória e embasada em pesquisas acadêmicas. A observação presencial, somada à aplicação da enquete a profissionais da área, trouxe uma nova perspectiva sobre o exercício do trabalho de animação, e sobre a organização do trabalho remoto em geral.

Quanto ao projeto propriamente dito, fica uma proposta para uma possível continuidade do desenvolvimento: uma variante pensada para fabricação na modalidade faça-você-mesmo e distribuída como “código aberto” abriria espaço para o futuro desenvolvimento descentralizado e acesso democrático ao produto, e possivelmente exigiria um número pequeno de adaptações.

Concluindo, dada a observação de como o teclado tradicional não é uma ferramenta necessariamente apropriada a todas as funções que exerce, fica ativo o questionamento de como os processos de trabalho que envolvem o uso de computadores poderiam ser otimizados com o desenvolvimento de ferramentas específicas, e por sua vez, de como softwares poderiam ser desenvolvidos ou adaptados lado-a-lado com estas ferramentas para proporcionar uma experiência de trabalho mais eficaz e segura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKER, N. The Effectiveness of Alternative Keyboards at Reducing Musculoskeletal Symptoms at Work: A Review. **Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics, and Risk Management. Human Body Modeling and Ergonomics**, 2013.

_____, CIDBOY, E. **The effect of three alternative keyboard designs on forearm pronation, wrist extension, and ulnar deviation: a meta-analysis**, 2006.

CAMACHO RAMIREZ, A.; AVILA-VHILCHIS, J.; VILCHIS-GONZÁLEZ, A.; JACINTO-VILLEGAS, J. **Adjustable Stiffness-Based Supination–Pronation Forearm Physical Rehabilitator**, 2022.

FREIVALDS, A. **Biomechanics of the Upper Limbs: Mechanics, Modeling and Musculoskeletal Injuries**, 2011.

GERR, F.; MONTEILH, C. P.; Marcus, M. **Keyboard use and musculoskeletal outcomes among computer users**, 2006.

IIDA, I.; BUARQUE, L. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 3ª Edição Revista. São Paulo: Edgar Blücher, 2016.

KROEMER, K. H. E. Human engineering the keyboard. **Human Factors**, n.14, p. 51–63, 1972.

KEMP, K. Why is animation the top money maker? **LinkedIn**, 2018. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/why-animation-top-money-maker-kenneth-kemp/>>. Acesso em 2022.

LÖBACH, B. **Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Edgar Blücher, 2001.

Mercado de games agora vale mais que indústrias de música e cinema juntas. **Canaltech**, 2021. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/games/mercado-de-games-agora-vale-mais-que-industrias-de-musica-e-cinema-juntas-179455/>>. Acesso em 2022.

REMPEL, D. The Split Keyboard: An Ergonomics Success Story. **Human Factors**, 2008.

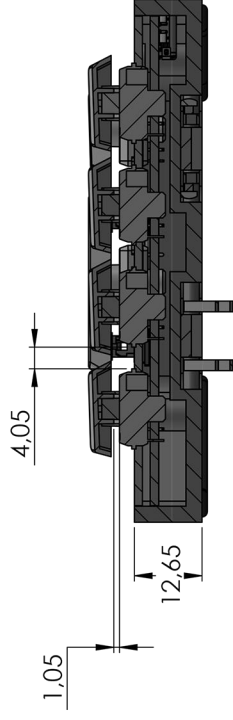
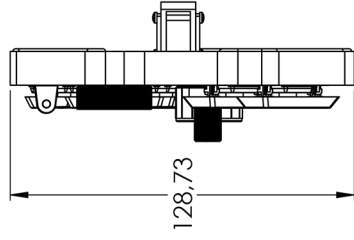
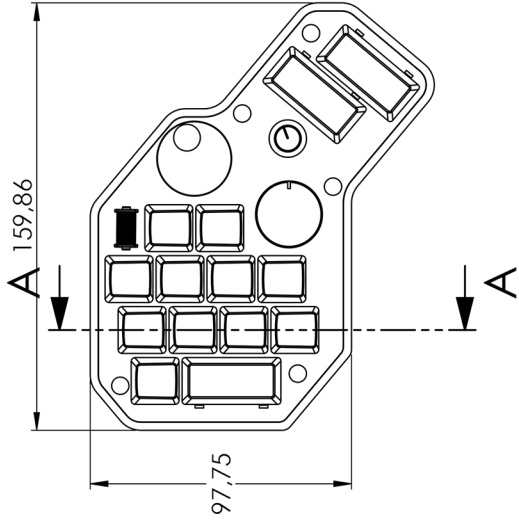
SILVA, A. C. B. da; RODRIGUES, E. L. da C.; TRINDADE, E. L. da. LER/DORT em profissionais da cidade de Belém-PA que utilizam o computador para o desenvolvimento da rotina de trabalho. **Brazilian Journal of Health Review**, 2020.

THE HISTORY OF ANIMATION. **The History of Animation**. Disponível em: <<https://history-of-animation.webflow.io/>>. Acesso em 2022

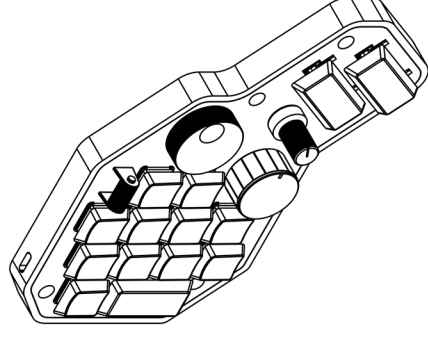
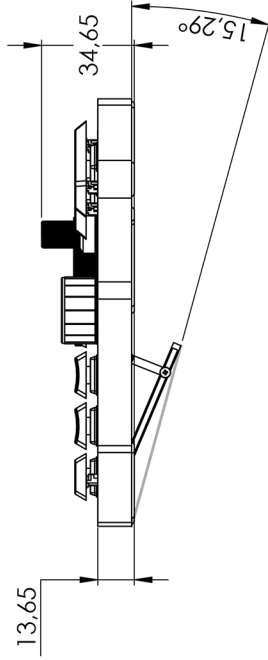
WOODS, M.; BABSKI-REEVES, K. **Effects of negatively sloped keyboard wedges on risk factors for upper extremity work-related musculoskeletal disorders and user performance**, 2005.

ZIPP, P.; HAIDER, E.; HALPERN, N.; ROHMERT, W. Keyboard design through physiological strain measurements, **Applied Ergonomics**, v. 14, n. 2, p. 117-122, 1983.

ANEXOS

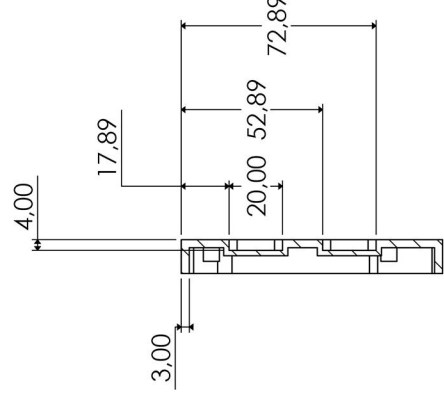
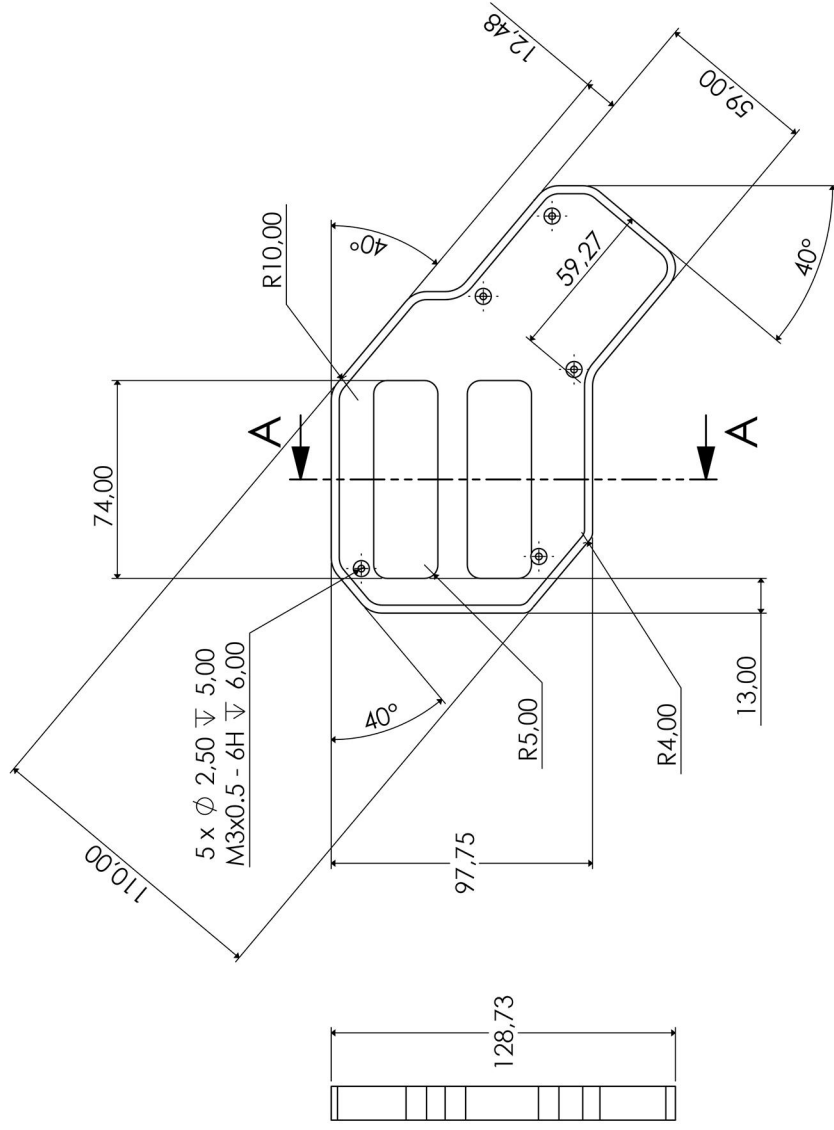


SEÇÃO A-A
ESCALA 1:1

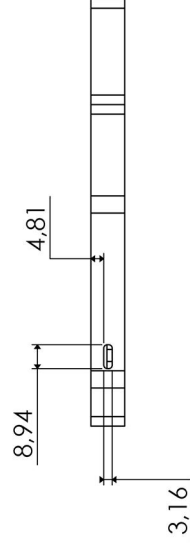
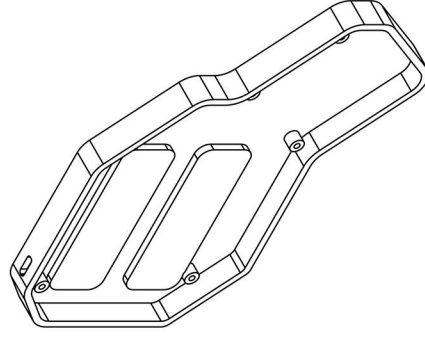


Universidade Federal do Rio de Janeiro
Departamento de Desenho Industrial
Autor: Vitor B. Santos da Costa DRE: 113132493
Orientador: Valdir Soares Escala: 1:1
Normas: NBR 10068/87 - 10582 Diedro: ∇ \oplus

CLA - Escola de Belas Artes
Título do projeto
Controlador para animação esquelética 2D
QFRAME
Título do desenho
Montagem
Data: 08/04/2023
Cotas em mm A3



SEÇÃO A-A
ESCALA 1:2



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Departamento de Desenho Industrial
Autor: Vitor B. Santos da Costa | DRE: 113132493
Orientador: Valdir Soares | Escala: 1:2
Normas: NBR 10068/87 - 10582 | Dieder:

CLA - Escola de Belas Artes
Titulo do projeto
Controlador para animação esqueletal 2D
QFRAME

Titulo do desenho
Caixa em ABS
Data: 08/04/2023
Cotas em mm A3

A

B

C

D

E

F

8

7

6

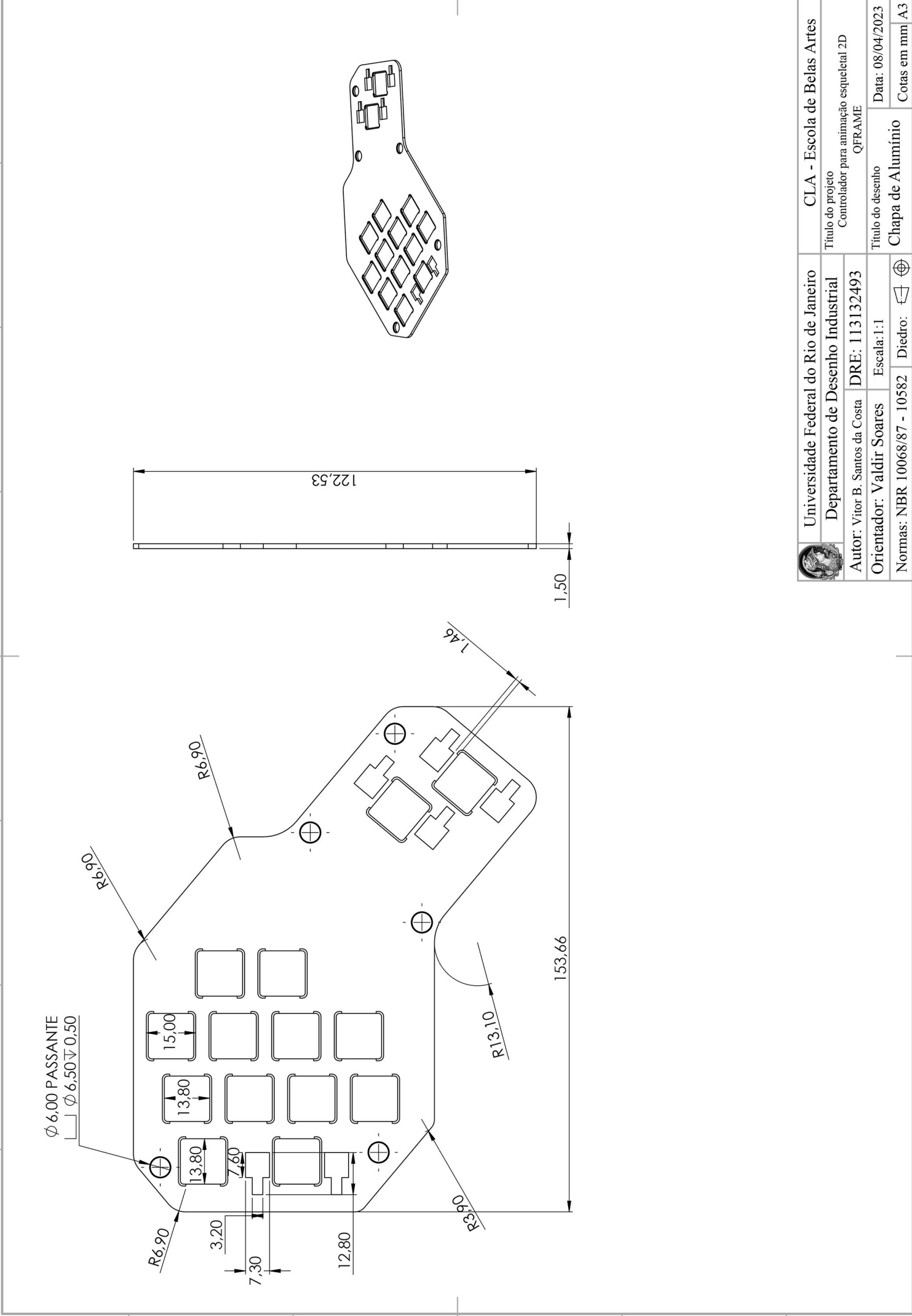
5

4

3

2

1



Universidade Federal do Rio de Janeiro
 Departamento de Desenho Industrial
 Autor: Vitor B. Santos da Costa | DRE: 113132493
 Orientador: Valdir Soares | Escala: 1:1
 Normas: NBR 10068/87 - 10582 | Diodro:

CLA - Escola de Belas Artes
 Título do projeto
 Controlador para animação esquelética 2D
 QFRAME
 Título do desenho
 Chapa de Alumínio
 Data: 08/04/2023
 Cotas em mm | A3

F E D C B A

F E D C B A

1 2 3 4 5 6 7 8

1 2 3 4 5 6 7 8

F

E

D

C

B

A

F

E

D

C

B

A

8

7

6

5

4

3

2

1

Technical drawing showing a mechanical part with dimensions and grid lines. The drawing is oriented vertically on the page. The horizontal axis (top to bottom) has dimensions: 0, 3.93, 8.16, 8.80, 13.68, 18.80, 22.98, 27.85, 34.09, 37.85, 42.03, 42.26, 46.90, 53.78, 58.12, 61.08, 65.95, 74.57, 79.51, 87.74. The vertical axis (left to right) has dimensions: 0, 5.24, 8.45, 13.56, 18.09, 27.50, 46.55, 65.60, 88.03, 115.37, 145.40. The drawing includes several rectangular features, some with rounded corners, and a complex shape at the top right. There are also several circular features with a crosshair symbol inside. The drawing is overlaid on a grid with letters F, E, D, C, B, A along the top and bottom edges, and numbers 1 through 8 along the left and right edges.

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Departamento de Desenho Industrial

Autor: Vitor B. Santos da Costa | DRE: 113132493

Orientador: Valdir Soares | Escala: 1:1

Normas: NBR 10068/87 - 10582 | Diodro:

CLA - Escola de Belas Artes

Título do projeto
Controlador para animação esquelética 2D
QFRAMETítulo do desenho
Chapa de AlumínioData: 08/04/2023
Cotas em mm | A3

8

7

6

5

4

3

2

1

F

E

D

C

B

A

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Departamento de Desenho Industrial

CLA - Escola de Belas Artes
Título do projeto
Controlador para animação esquelética 2D
QFRAME

Autor: Vitor B. Santos da Costa | DRE: 113132493

Título do desenho
PCB

Orientador: Valdir Soares | Escala: 1:1

Data: 08/04/2023

Normas: NBR 10068/87 - 10582 | Diodro:

Cotas em mm | A3

5 x \varnothing 3,40 ∇ 8,50
 ∇ \varnothing 6,72 X 90°

\varnothing 4,80 PASSANTE

122,53
1,60

3,20
3,79
0,50
0,85
1,15

0,35

153,66

1 2 3 4 5 6 7 8

1 2 3 4 5 6 7 8

F

E

D

C

B

A

F

E

D

C

B

A

8

7

6

5

4

3

2

1


Technical drawing showing a mechanical part with dimensions and grid lines. The drawing is oriented vertically on the page. The vertical axis (top to bottom) has dimensions: 0, 13,56, 15,35, 18,09, 34,40, 53,45, 72,50, 88,03, 115,37, 122,30, 130,46, 145,40. The horizontal axis (left to right) has dimensions: 0, 8,16, 11,43, 16,30, 21,18, 26,30, 30,48, 35,35, 45,35, 49,53, 49,76, 53,78, 54,40, 68,58, 73,45, 74,57, 79,51, 80,82, 87,74, 100,72. The drawing includes several circular features with center marks, rectangular features, and a complex outline. Grid lines are present for both axes.

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Departamento de Desenho Industrial

Autor: Vitor B. Santos da Costa | DRE: 113132493

Orientador: Valdir Soares | Escala: 1:1

Normas: NBR 10068/87 - 10582 | Diodro: 

CLA - Escola de Belas Artes

Título do projeto
Controlador para animação esquelética 2D
QFRAMETítulo do desenho
PCBData: 08/04/2023
Cotas em mm | A3

8

7

6

5

4

3

2

1

4

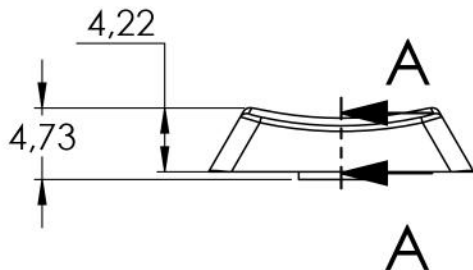
3

2

1

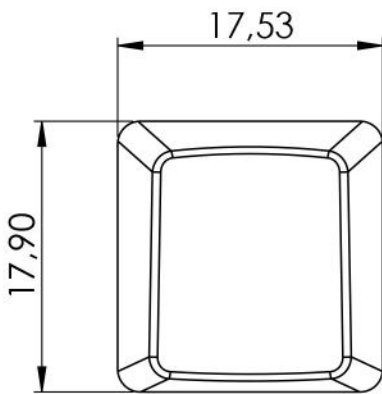
F

F

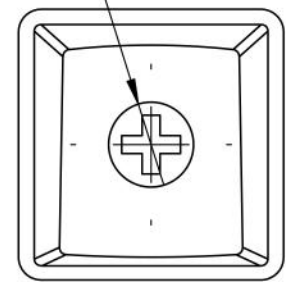
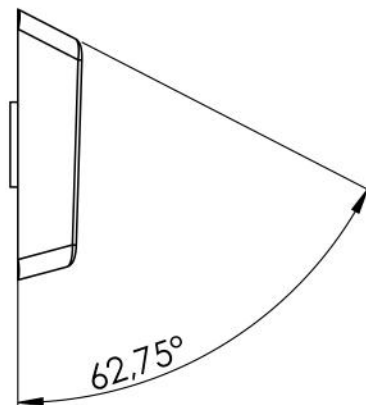


E

E



Ø 5,62



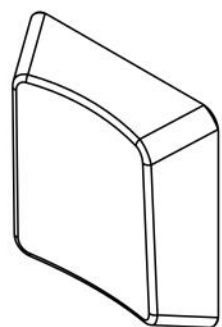
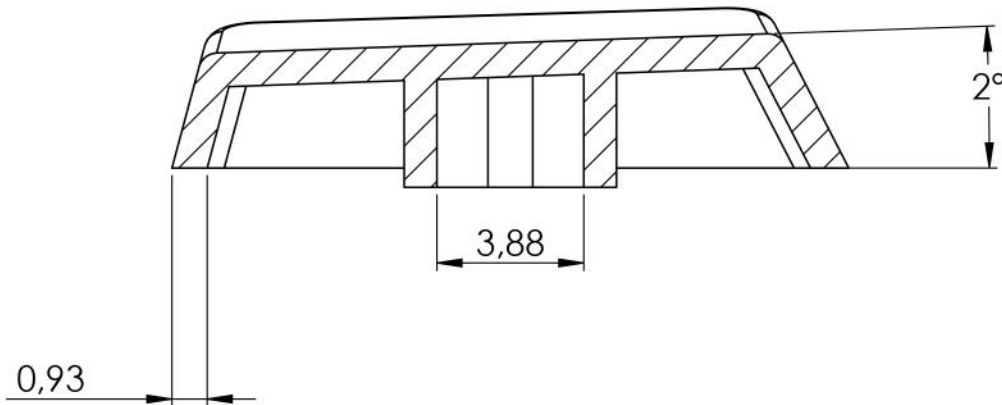
D

D

SEÇÃO A-A

C

C



B

B

A

A



Universidade Federal do Rio de Janeiro
 Departamento de Desenho Industrial

CLA - Escola de Belas Artes

Título do projeto
 Controlador para animação esquelética 2D
 QFRAME

Autor: Vitor B. Santos da Costa

DRE: 113132493

Orientador: Valdir Soares

Escala: 2:1

Título do desenho
 Tecla Simples

Data: 08/04/2023

Normas: NBR 10068/87 - 10582

Diedro:

Cotas em mm | A4

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

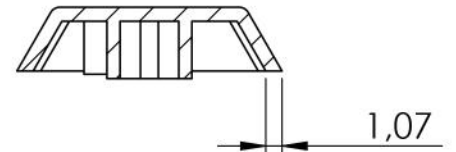
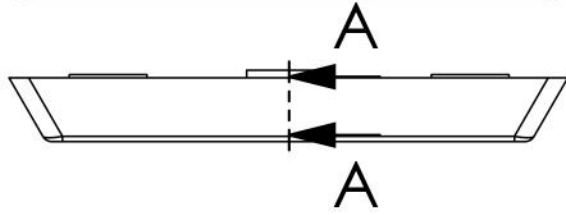
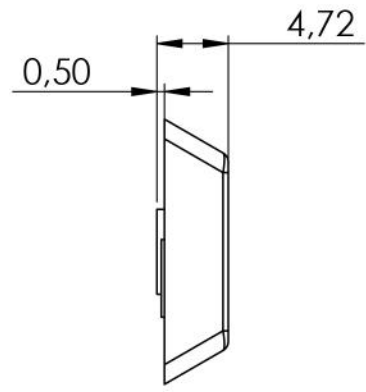
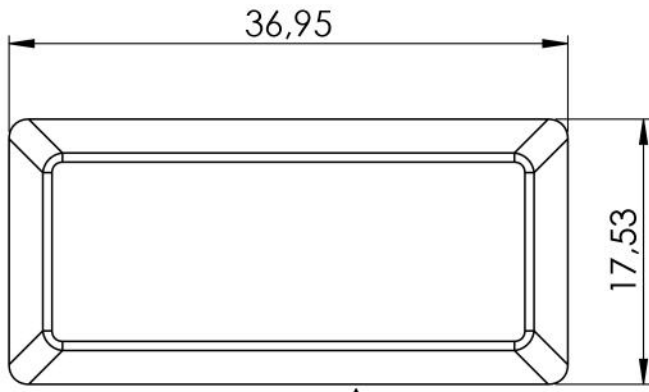
C

B

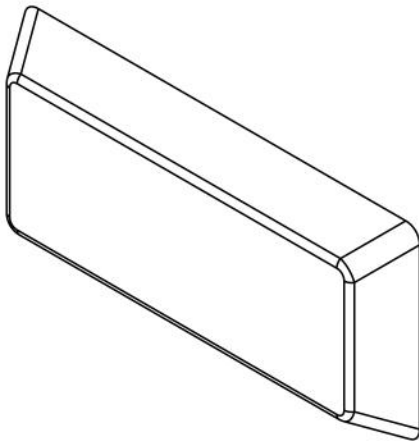
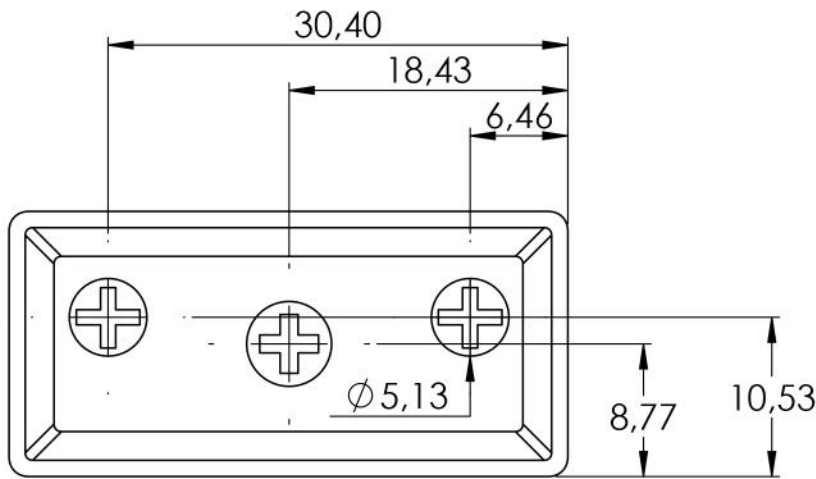
B

A

A



SEÇÃO A-A



Universidade Federal do Rio de Janeiro

Departamento de Desenho Industrial

CLA - Escola de Belas Artes

Título do projeto
Controlador para animação esquelética 2D
QFRAME

Autor: Vitor B. Santos da Costa

DRE: 113132493

Orientador: Valdir Soares

Escala: 2:1

Título do desenho

Data: 08/04/2023

Normas: NBR 10068/87 - 10582

Diedro:

Tecla Dupla

Cotas em mm | A4

4

3

2

1

F

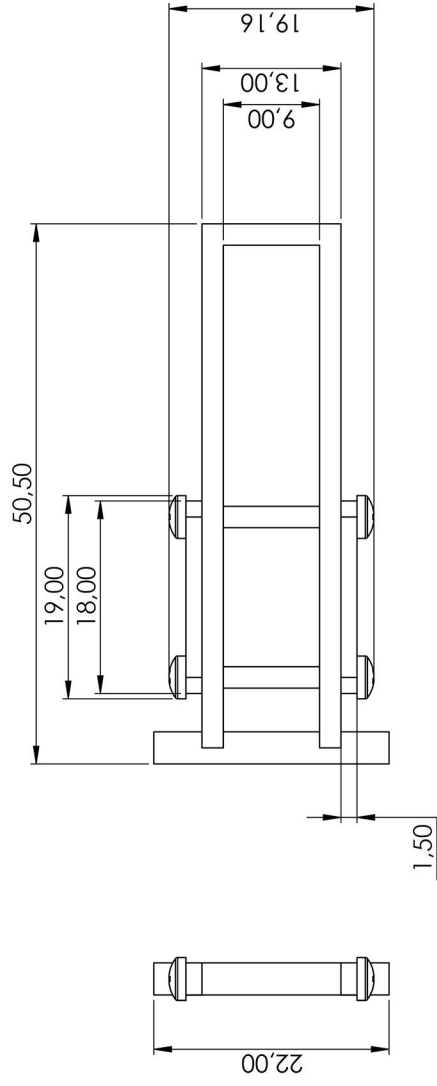
E

D

C

B

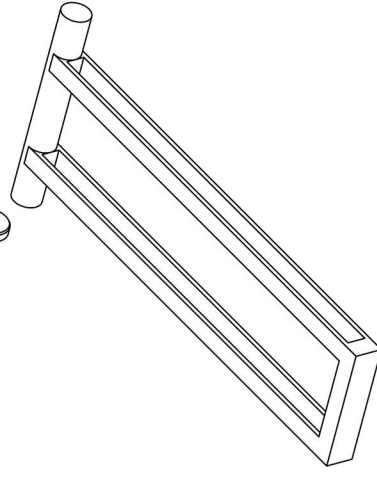
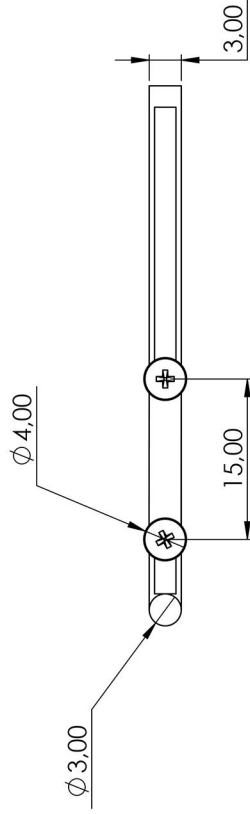
A



TRUE R1,00

parafuso M2 x 16mm

cilindro com furo roscado M2



Universidade Federal do Rio de Janeiro

Departamento de Desenho Industrial

Autor: Vitor B. Santos da Costa DRE: 113132493

Orientador: Valdir Soares Escala: 1:1

Normas: NBR 10068/87 - 10582 Diedro: ∇

CLA - Escola de Belas Artes

Título do projeto
Controlador para animação esquelética 2D

QFRAME

Título do desenho

Supporte Inclínável

Data: 08/04/2023

Cotas em mm A3

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

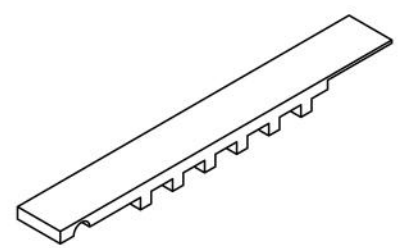
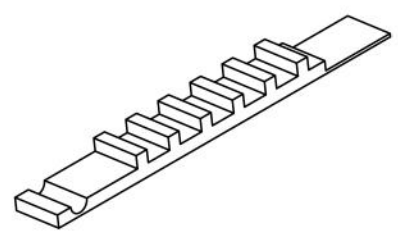
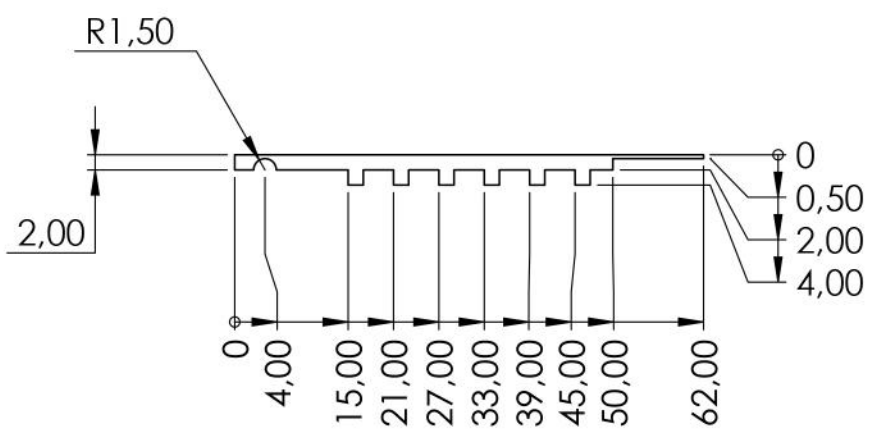
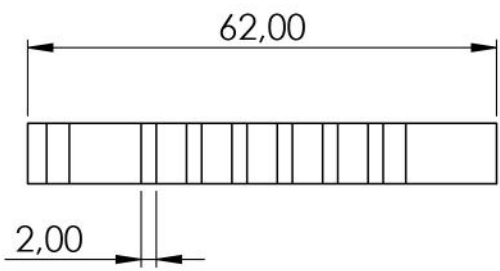
C

B

B

A

A



Universidade Federal do Rio de Janeiro
 Departamento de Desenho Industrial

CLA - Escola de Belas Artes

Título do projeto
 Controlador para animação esquelética 2D
 QFRAME

Autor: Vitor B. Santos da Costa

DRE: 113132493

Orientador: Valdir Soares

Escala: 1:1

Título do desenho
 Suporte Inclinável - Trava

Data: 08/04/2023

Normas: NBR 10068/87 - 10582

Diedro:

Cotas em mm | A4

4

3

2

1

4

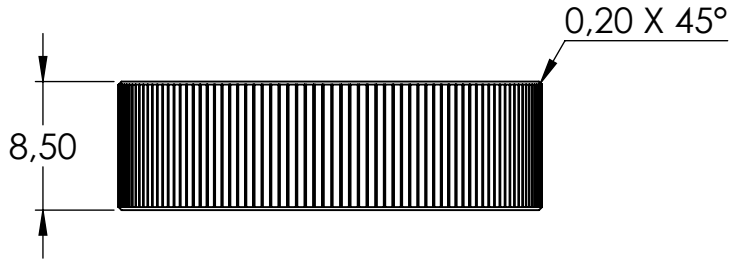
3

2

1

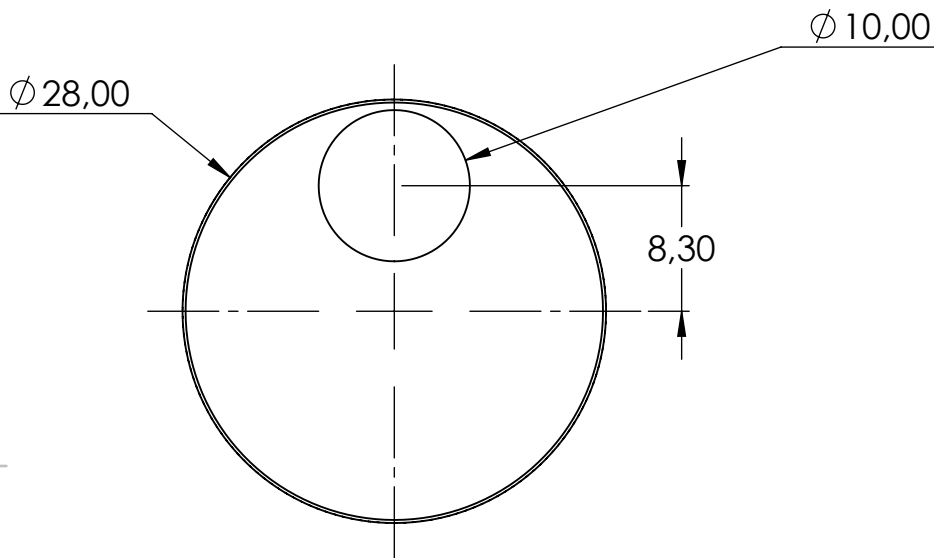
F

F



E

E



D

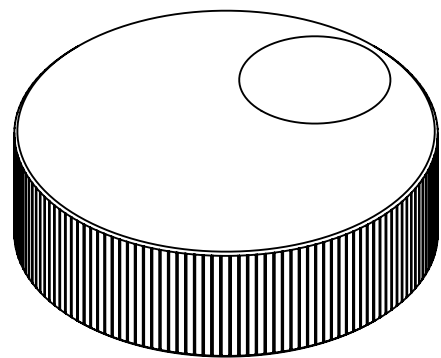
D

C

C

B

B



A

A



Universidade Federal do Rio de Janeiro

Departamento de Desenho Industrial

CLA - Escola de Belas Artes

Título do projeto
Controlador para animação esquelética 2D
QFRAME

Autor: Vitor B. Santos da Costa

DRE: 113132493

Orientador: Valdir Soares

Escala: 2:1

Título do desenho

Data: 08/04/2023

Normas: NBR 10068/87 - 10582

Diedro:

Knob A

Cotas em mm | A4

4

3

2

1

4

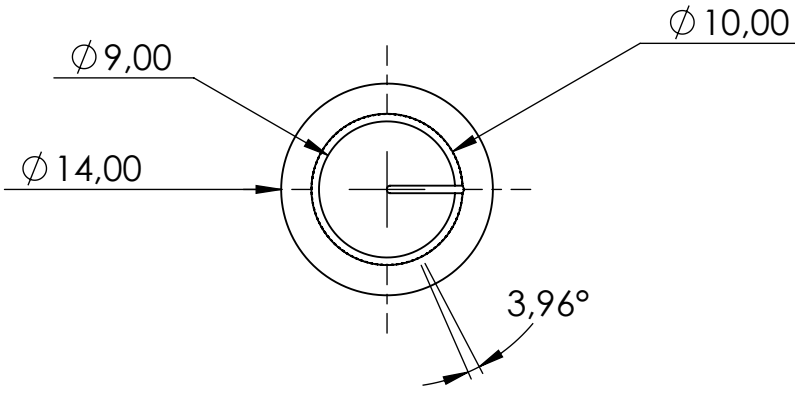
3

2

1

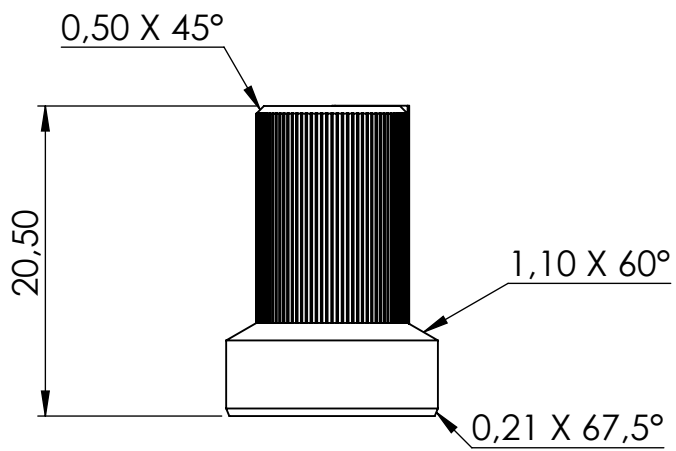
F

F



E

E

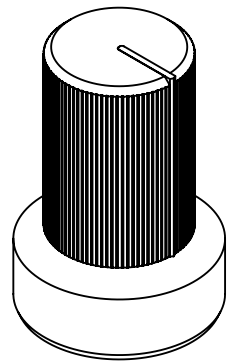


D

D

C

C



B

B



Universidade Federal do Rio de Janeiro

Departamento de Desenho Industrial

CLA - Escola de Belas Artes

Título do projeto
Controlador para animação esquelética 2D
QFRAME

Autor: Vitor B. Santos da Costa

DRE: 113132493

Orientador: Valdir Soares

Escala: 2:1

Título do desenho

Data: 08/04/2023

Normas: NBR 10068/87 - 10582

Diedro:

Knob B

Cotas em mm | A4

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

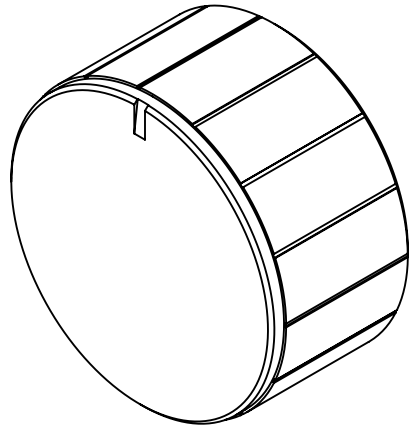
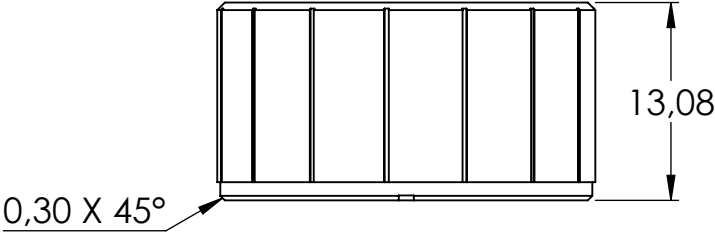
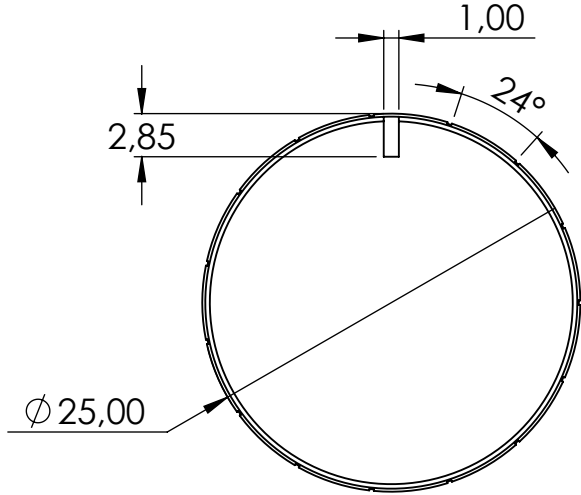
C

B

B

A

A



Universidade Federal do Rio de Janeiro

Departamento de Desenho Industrial

CLA - Escola de Belas Artes

Título do projeto
Controlador para animação esquelética 2D
QFRAME

Autor: Vitor B. Santos da Costa

DRE: 113132493

Orientador: Valdir Soares

Escala: 2:1

Título do desenho

Data: 08/04/2023

Normas: NBR 10068/87 - 10582

Diedro:

Knob C

Cotas em mm | A4

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

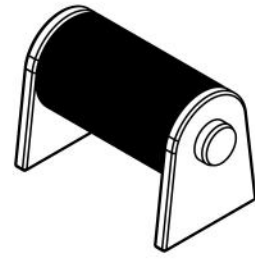
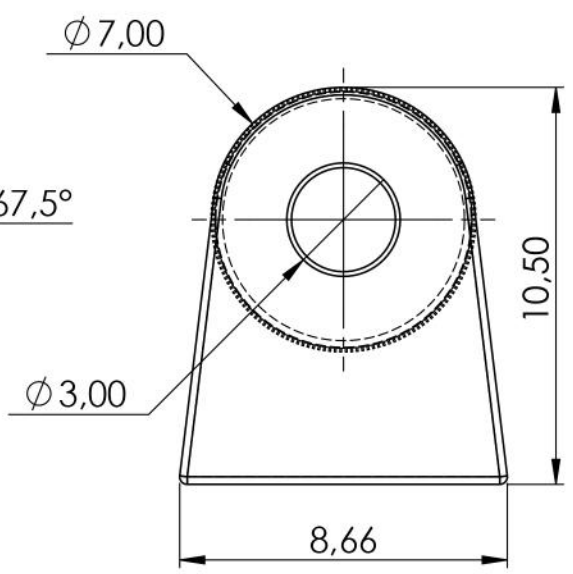
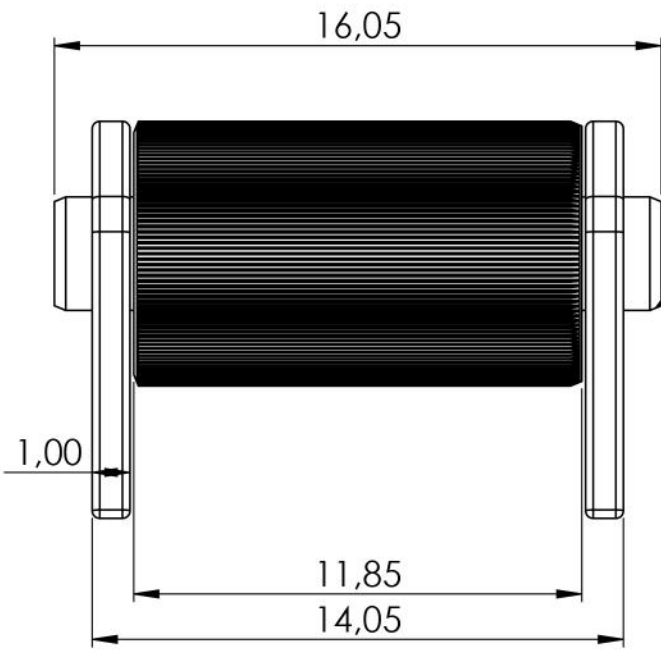
C

B

B

A

A



Universidade Federal do Rio de Janeiro
 Departamento de Desenho Industrial

CLA - Escola de Belas Artes

Título do projeto
 Controlador para animação esquelética 2D
 QFRAME

Autor: Vitor B. Santos da Costa

DRE: 113132493

Orientador: Valdir Soares

Escala: 2:1

Título do desenho

Data: 08/04/2023

Normas: NBR 10068/87 - 10582

Diedro:

Roda de Scroll

Cotas em mm A4

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

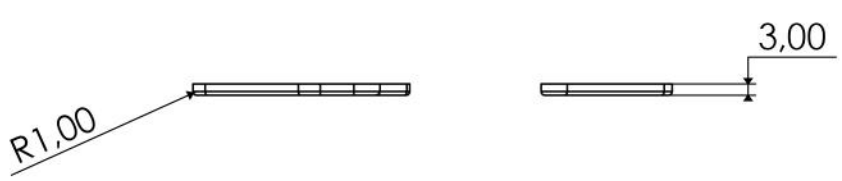
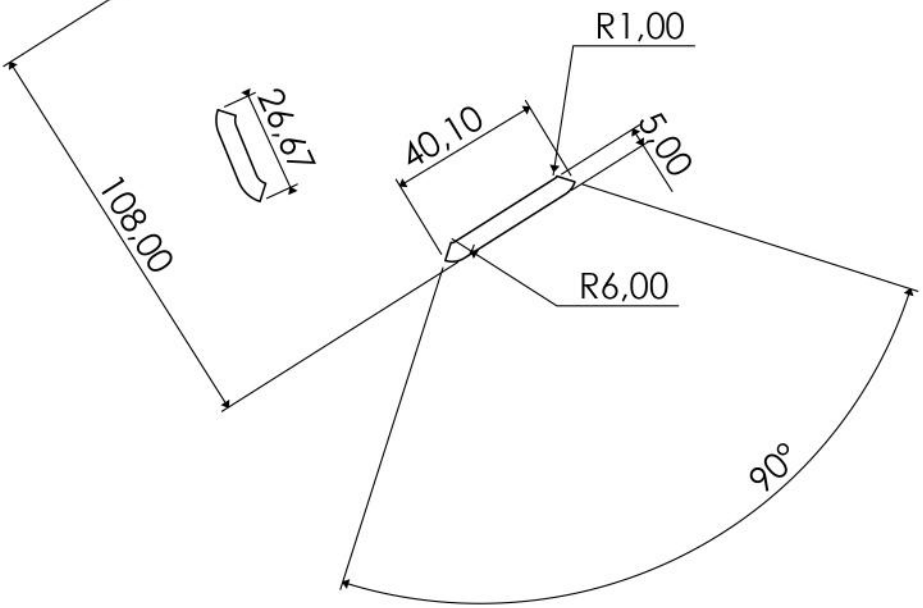
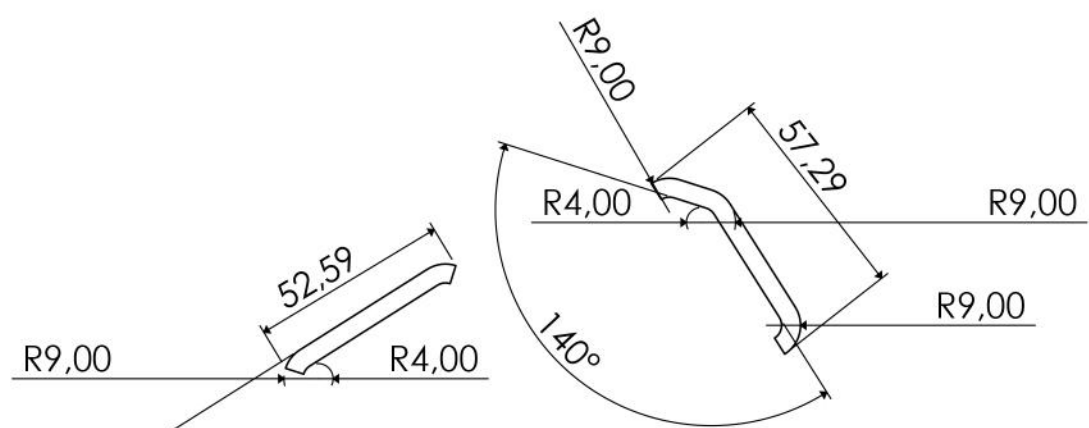
C

B

B

A

A



Universidade Federal do Rio de Janeiro

Departamento de Desenho Industrial

CLA - Escola de Belas Artes

Título do projeto
Controlador para animação esquelética 2D
QFRAME

Autor: Vitor B. Santos da Costa

DRE: 113132493

Orientador: Valdir Soares

Escala: 1:2

Título do desenho

Data: 08/04/2023

Normas: NBR 10068/87 - 10582

Diedro:

Pés Antiderrapantes

Cotas em mm

A4

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

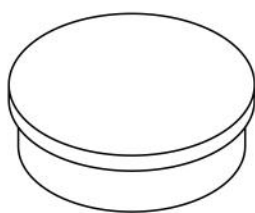
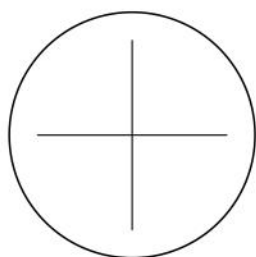
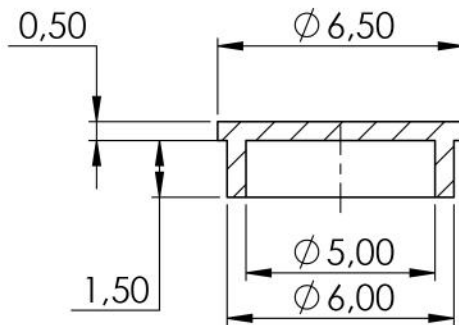
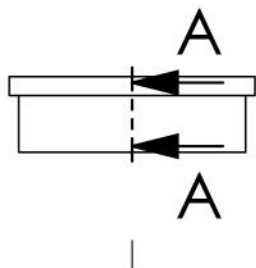
C

C

B

B

SEÇÃO A-A



Universidade Federal do Rio de Janeiro

Departamento de Desenho Industrial

CLA - Escola de Belas Artes

Título do projeto
Controlador para animação esquelética 2D
QFRAME

Autor: Vitor B. Santos da Costa

DRE: 113132493

Orientador: Valdir Soares

Escala: 5:1

Título do desenho

Data: 08/04/2023

Normas: NBR 10068/87 - 10582

Diedro:

Tampa de acabamento

Cotas em mm | A4

4

3

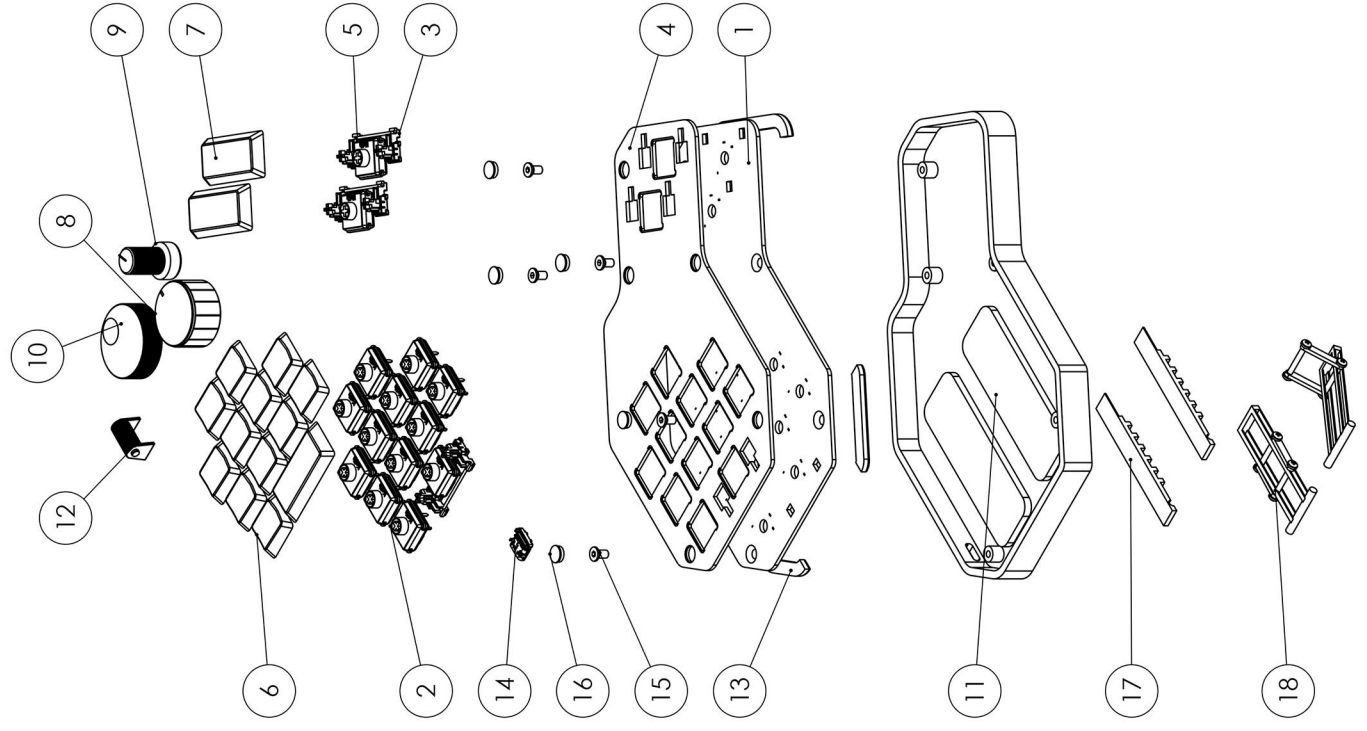
2



1

A

A

Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	QTD.
1	PCB	1
2	Kailh_PG1353	14
3	Estabilizador- Base	6
4	Chapa de Alumínio	1
5	Estabilizador- Barra (23,03mm)	3
6	Tecla Simples	11
7	Tecla Dupla	3
8	Knob C	1
9	Knob B	1
10	Knob A	1
11	Caixa em ABS	1
12	Roda de scroll	1
13	Pés antiderrapantes	1
14	USB C SMD	1
15	Parafuso allen cabeça escalonada M3 x 4mm	5
16	Tampa de Acabamento	5
17	Suporte - Trava	2
18	Suporte Inclínável	2



 Universidade Federal do Rio de Janeiro Departamento de Desenho Industrial	CLA - Escola de Belas Artes	
	Título do projeto Controlador para animação esqueletal 2D QFRAME	
Autor: Vitor B. Santos da Costa Orientador: Valdir Soares	DRE: 113132493 Escala: 1:2	Data: 08/04/2023 Cotas em mm A3
Normas: NBR 10068/87 - 10582 Diodro: 	Título do desenho Vista Explodida	

F

E

D

C

B

A

2

1

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8



CONTROLADOR PARA ANIMAÇÃO ESQUELETAL 2D

VÍTOR BRUNO SANTOS DA COSTA

PROPOSIÇÃO



TEMA & JUSTIFICATIVA

As condições de trabalho do profissional de animação no regime de Home Office ou Teletrabalho.

Experiências profissionais;

Relatos frequentes de outros trabalhadores da área;

Interesse no potencial dos periféricos em contexto profissional.



OBJETIVOS

Elaboração de um periférico que transforma positivamente a atividade laboral dos profissionais de animação.

- Analisar os fluxos de trabalho de profissionais da área de animação;
- Desenvolver uma ferramenta que permita maior otimização do tempo e esforço dos profissionais;
- Desenvolver um estudo do exercício da atividade em questão, e elaborar um projeto ergonômico que atenda às questões específicas da mesma.

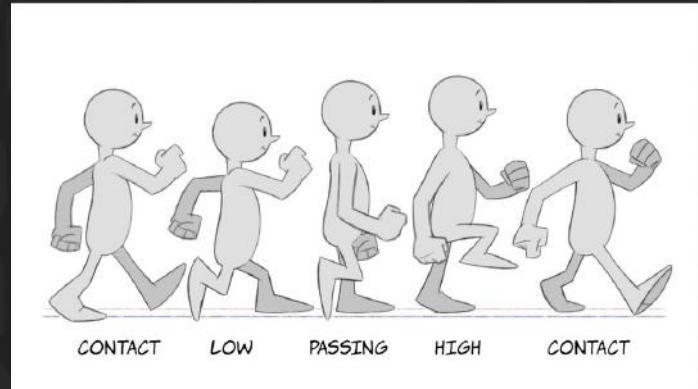
CONTEXTUALIZAÇÃO

O que é animação?

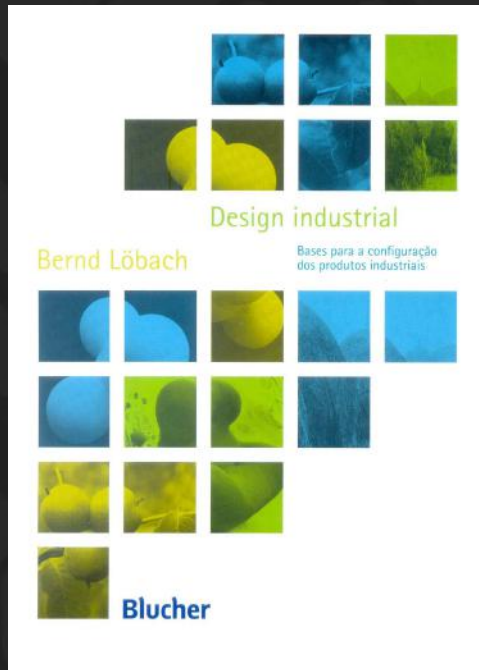
Qual animação?

Como é organizado e realizado o trabalho?

Qual é o público-alvo?



METODOLOGIA



LEVANTAMENTO

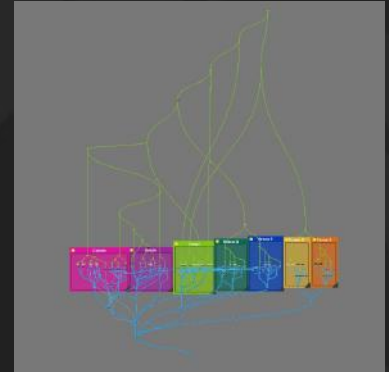
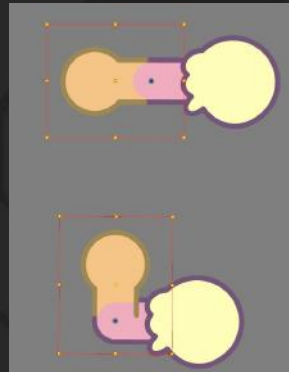


ANÁLISE DA ATIVIDADE

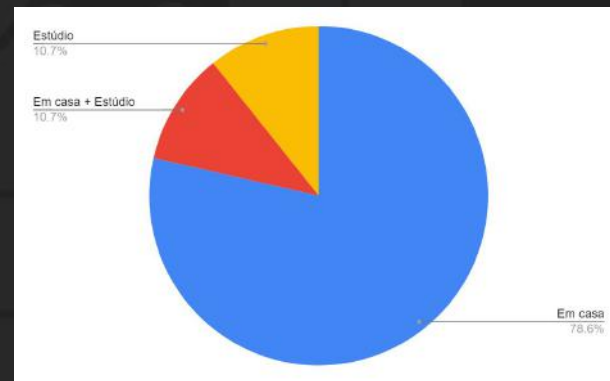
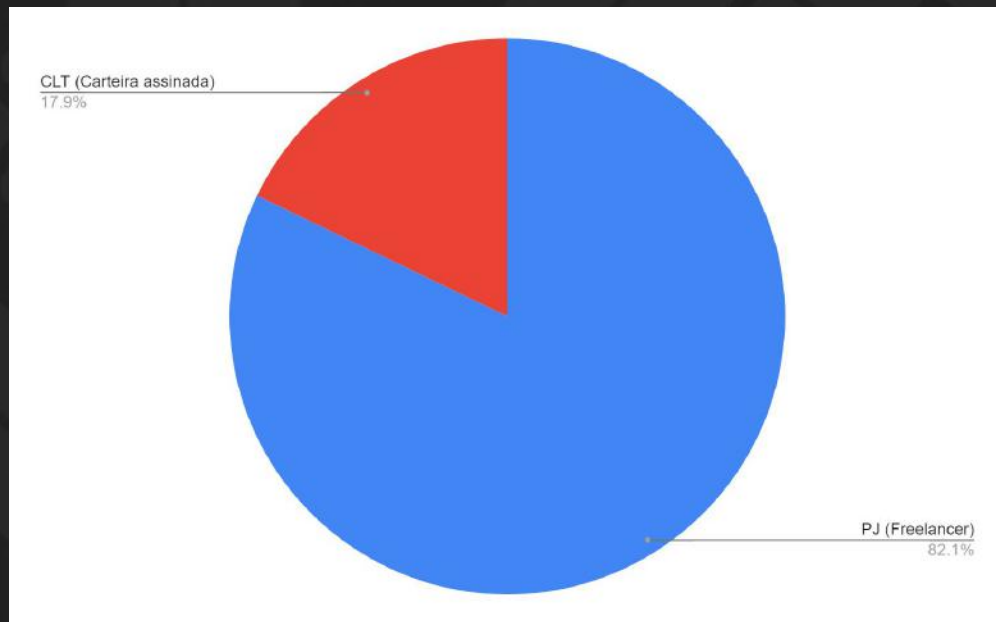
Animação 2D esquelética;

Processos distintos da animação tradicional;

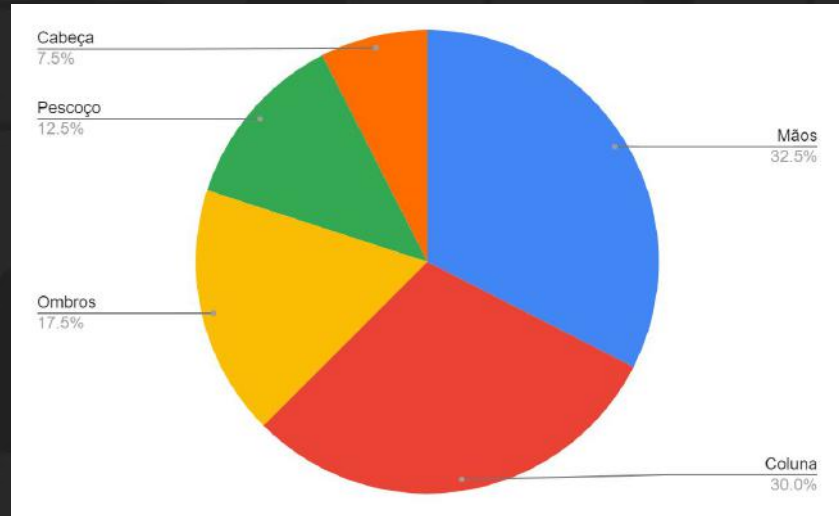
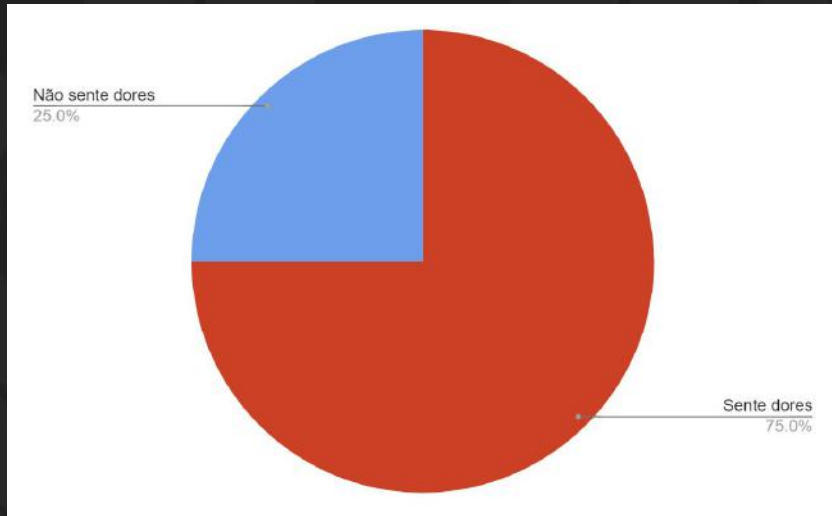
Maior volume de produção esperada.



ANÁLISE DO PÚBLICO ALVO



ANÁLISE DO PÚBLICO ALVO



OBSERVAÇÃO DO TRABALHO

Observação presencial;

Situação real de trabalho;

Breve entrevista para esclarecimentos.

Função	Frequência de uso (A = maior)	Utilizadas em conjunto	Frequentemente repetido	Comando seguro	Binário (ligado/desligado)
Zoom in / Zoom out	A				
Subir / Descer Hierarquia	A				
Avançar / Regredir Timeline	A				
Avançar / Regredir Keyframe	A				
Criar Keyframe	B				
Mover Tela	A				
Desfazer / Refazer	A				
Salvar Arquivo	B				
Render da cena	C				
Estender exposição	C				
Deletar Keyframe	B				
Copiar / Colar	B				
Troca de desenho	B				
Ligar / Desligar Deform	B				
Virar Horizontal	C				
Virar Vertical	C				
Foco no componente	B				
Ligar / Desligar modo de animação	B				
Girar tela	C				

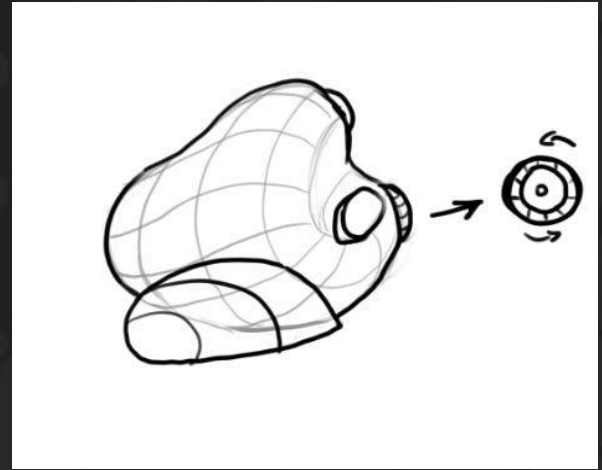
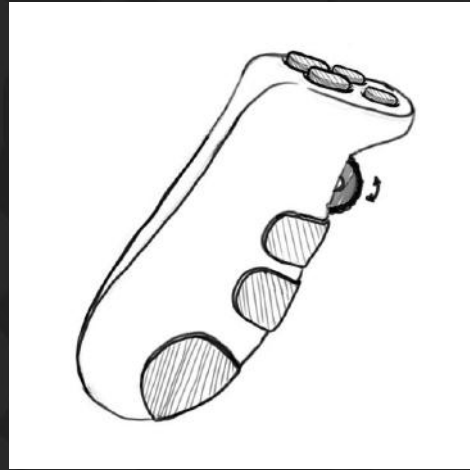
ANÁLISE DE SIMILARES



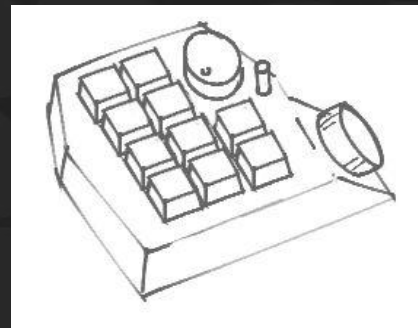
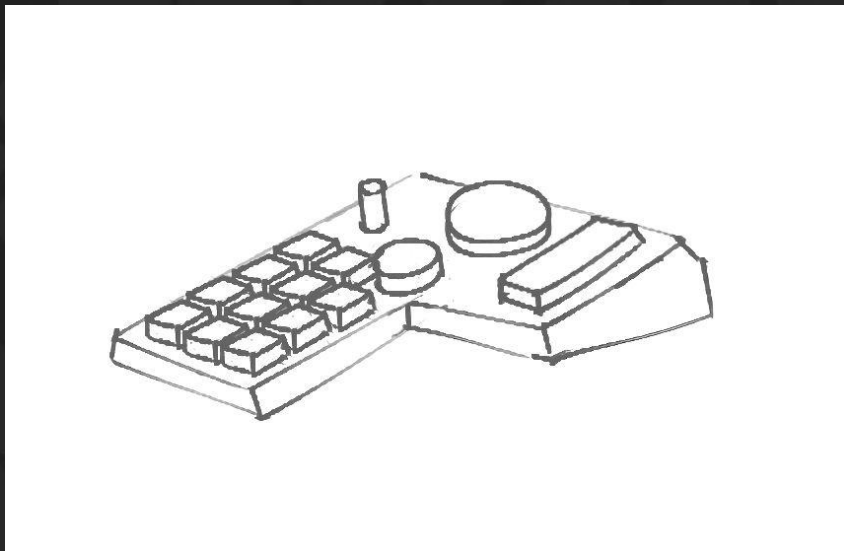
CONCEITUAÇÃO



DESENHO LIVRE



DESENHO DIRECIONADO



ESCOLHA DE CONTROLES

Controles giratórios associados a funções que:

São repetidas com frequência;

Requerem ajuste fino;

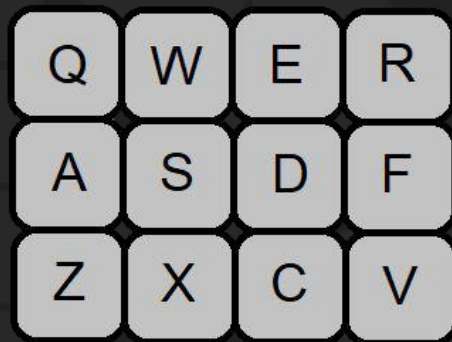
Podem ser realizadas em dois “sentidos”.

Função	Tipo de controle sugerido
Zoom in / Zoom out	Giratório
Subir / Descer Hierarquia	Giratório
Avançar / Regredir Timeline	Giratório
Avançar / Regredir Keyframe	Giratório
Criar Keyframe	Tecla
Mover Tela	Tecla
Desfazer / Refazer	Tecla
Salvar Arquivo	Tecla
Render da cena	Tecla
Estender exposição	Tecla
Deletar Keyframe	Tecla
Copiar / Colar	Tecla
Troca de desenho	Tecla
Ligar / Desligar Deform	Tecla
Virar Horizontal	Tecla
Virar Vertical	Tecla
Foco no componente	Tecla
Ligar / Desligar modo de animação	Tecla
Girar tela	Tecla

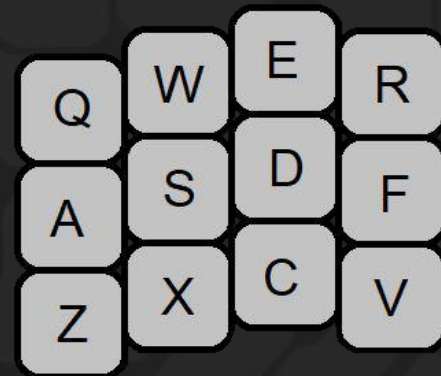
LAYOUT DE TECLAS



Fileiras Escalonadas



Ortolinear



Colunas Escalonadas

BLOCO DE POLEGAR



EIXOS DE INCLINAÇÃO - LONGITUDINAL

Periféricos tradicionais costumam incentivar uma pronação próxima do limite anatômico;

Postura é menos confortável e apresenta risco de lesões se mantida por longo período de tempo;

Valor mínimo de 60° foi selecionado.



EIXOS DE INCLINAÇÃO - VERTICAL

Teclados tradicionais estimulam uma postura de desvio ulnar;

Desvio em 20° ou mais está associado a sintomas musculoesqueléticos em usuários de computadores;

Limitação não se aplica ao produto em desenvolvimento, que é projetado para o uso com apenas uma mão.



Desvio
Radial

Desvio
Ulnar

EIXOS DE INCLINAÇÃO - LATERAL

“Pézinhos” de teclados tradicionais incentivam uma postura de extensão;

Pesquisa incentiva a postura neutra ou levemente flexionada;

Escolha pela postura neutra.



Flexão

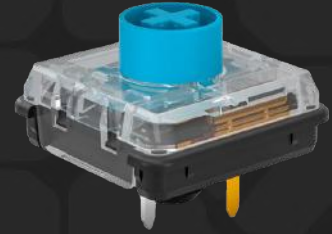
Extensão

OUTRAS QUESTÕES

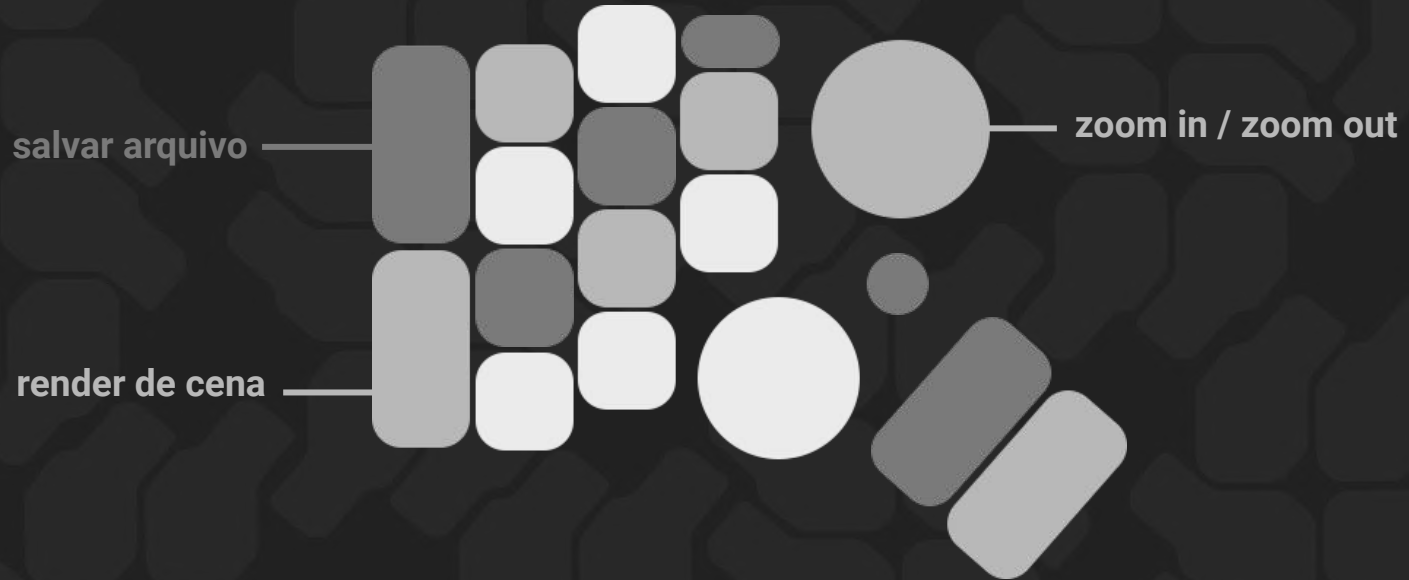
Teclas mecânicas de baixo perfil;

Espessura;

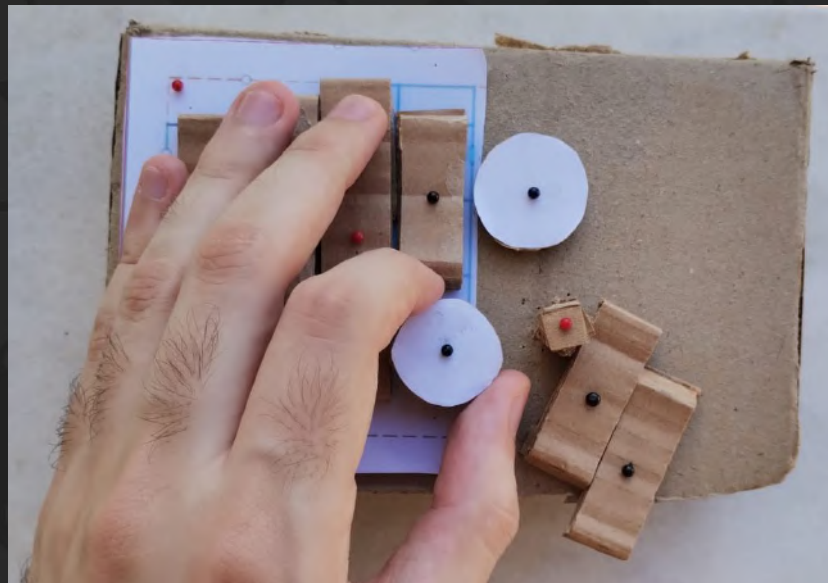
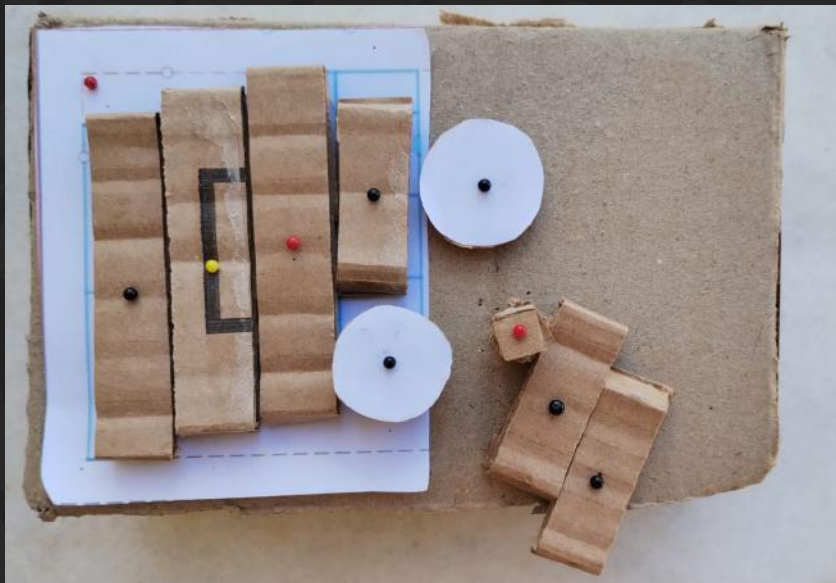
Ambidestria.



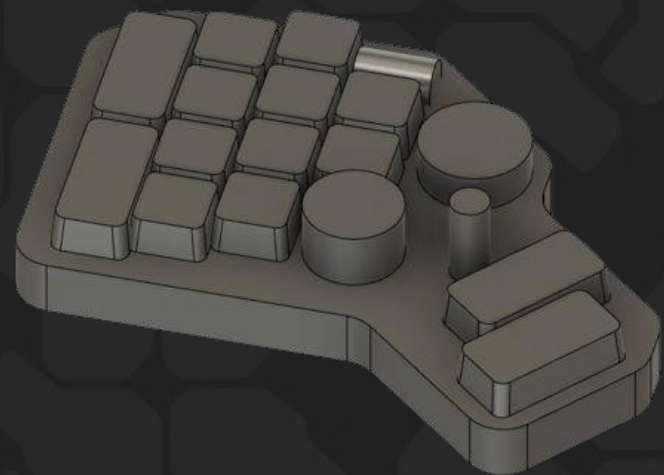
ATRIBUIÇÃO DE CONTROLES



PROTÓTIPO



PROPOSTA PRELIMINAR

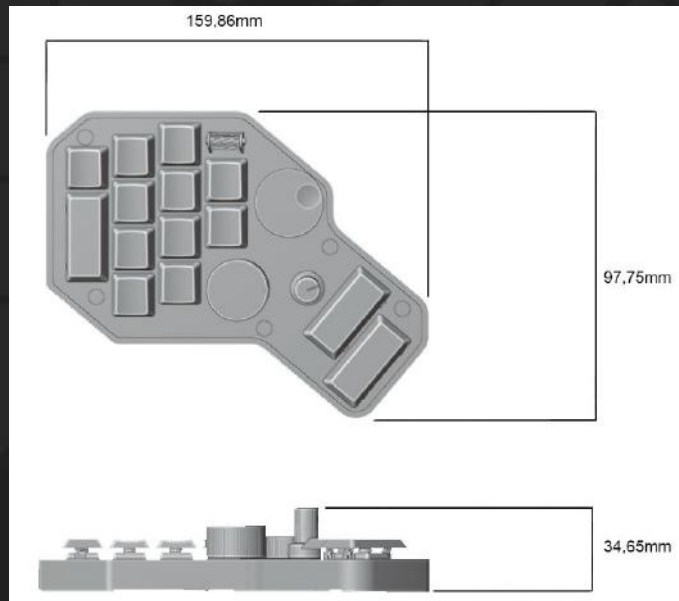


RESULTADO

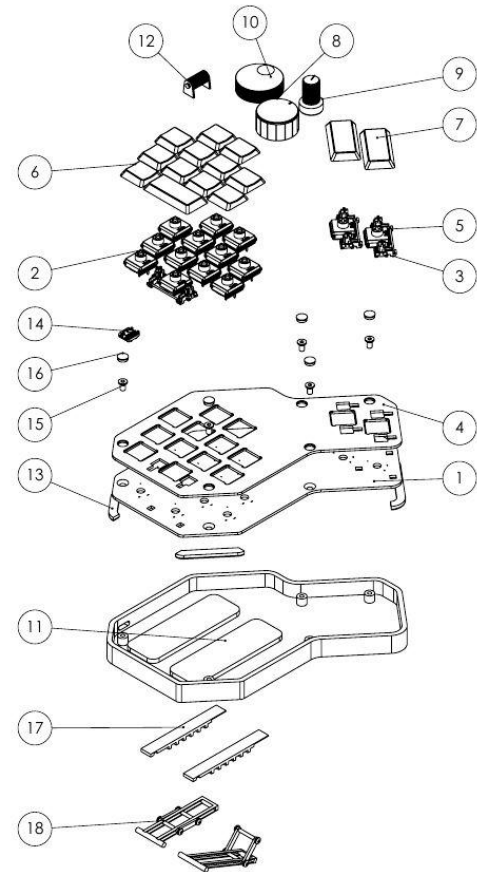
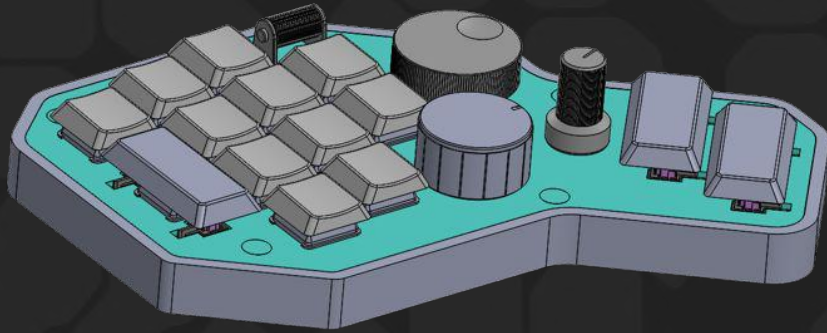




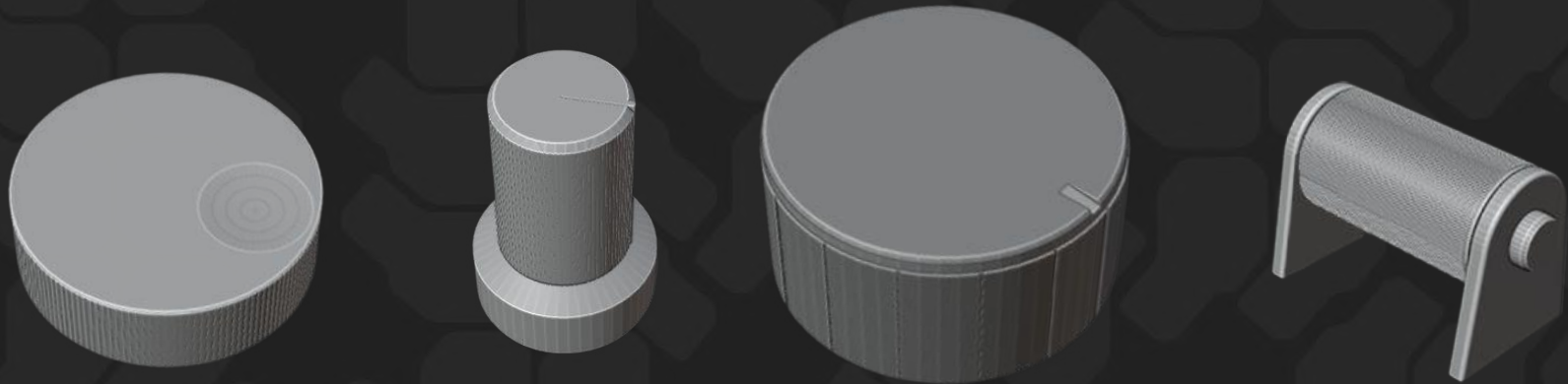
DIMENSIONAMENTO



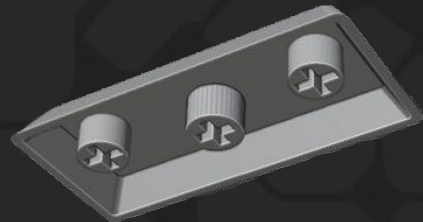
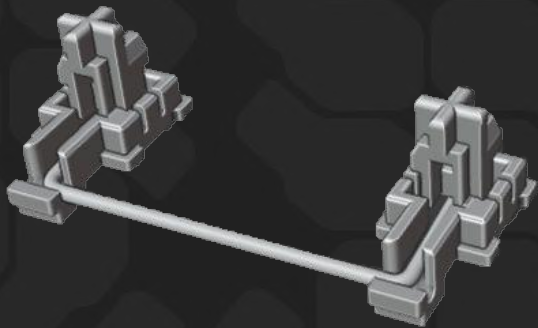
COMPOSIÇÃO



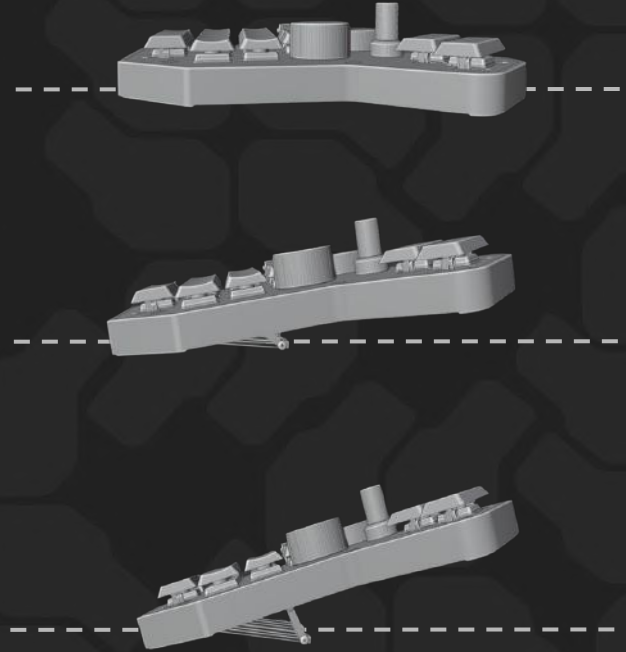
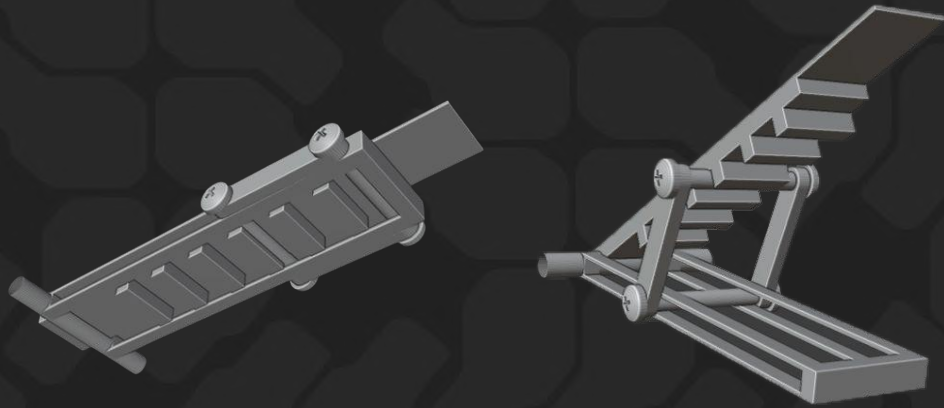
DETALHAMENTO - CONTROLES



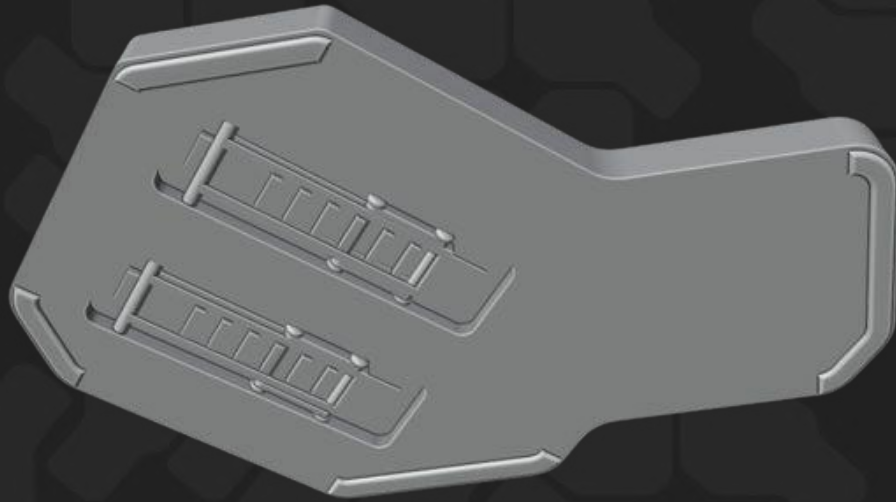
DETALHAMENTO - TECLAS



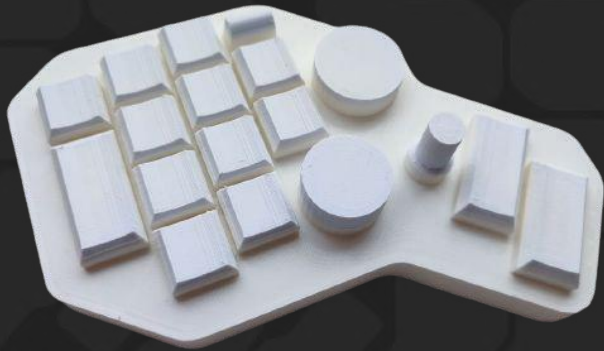
DETALHAMENTO - SUPORTE INCLINÁVEL



DETALHAMENTO - INFERIOR



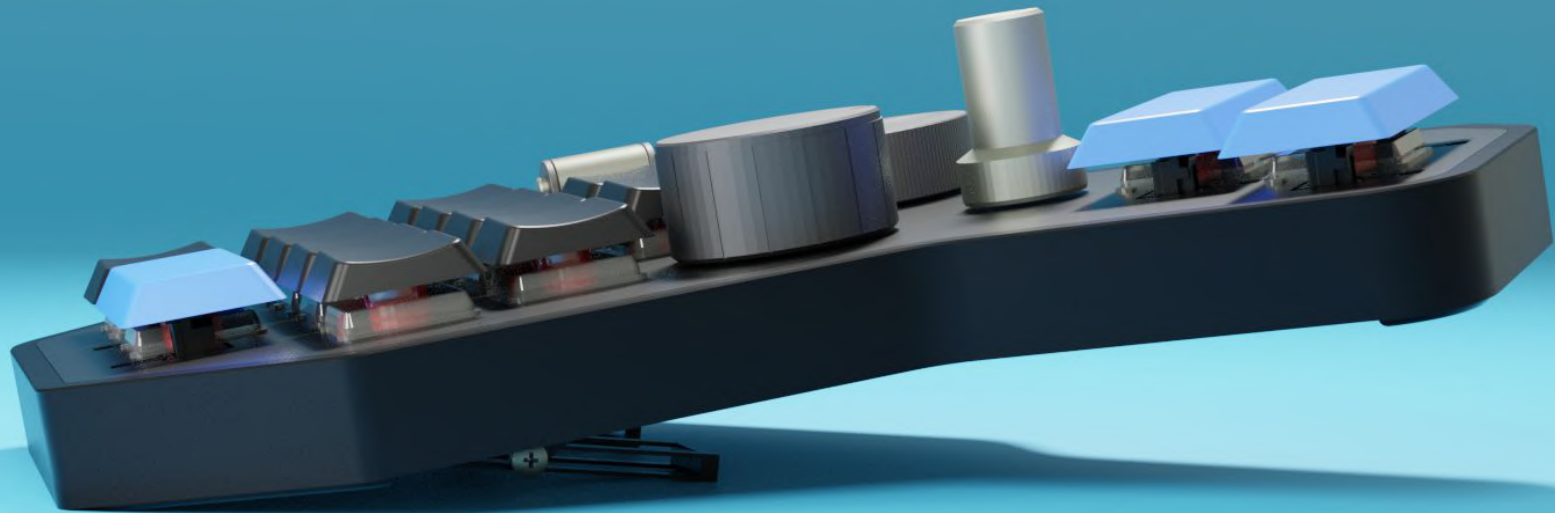
MODELO FÍSICO



RENDERS







MARCA



CONCLUSÕES



OBRIKADO!



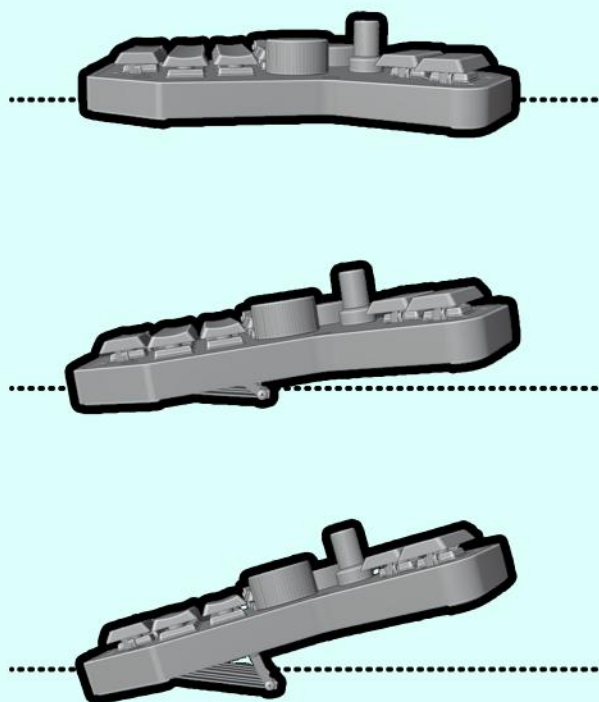


CONTROLADOR PARA ANIMAÇÃO ESQUELETAL 2D

TEMA & PROBLEMÁTICA

Um olhar sobre as condições de trabalho do profissional de animação digital no regime de Home Office revela uma série de vulnerabilidades que podem acarretar não só em uma redução da produtividade, como também no agravamento de dores e no ocasionamento de lesões advindas do exercício.

O projeto se propõe a apresentar uma alternativa aos periféricos tradicionais utilizados neste trabalho, a fim de atender as necessidades específicas da profissão tanto no sentido da segurança e conforto, quanto na otimização das tarefas.

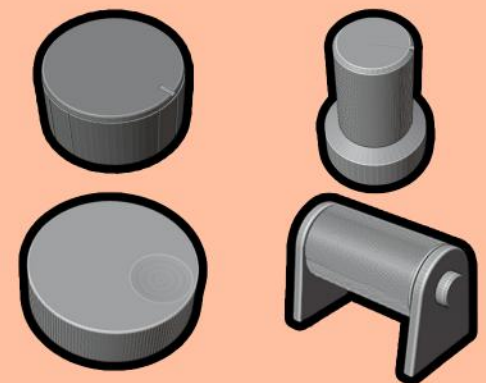


INCLINAÇÕES

Estudos demonstram que o modelo de teclado tradicional incentiva a tomada de posturas arriscadas por parte de seu operador, possibilitando o agravamento de condições adversas ao longo de um período prolongado e repetido de uso. O projeto toma medidas a fim de aliviar o efeito negativo destas posturas, como, por exemplo, a inclusão de um suporte ajustável que permite o ajuste do ângulo de inclinação longitudinal do componente, promovendo uma menor pronação do pulso do usuário.

CONTROLES

Baseado na observação do trabalho, os comandos utilizados durante a produção de animação foram listados e analisados, a fim de encontrar interfaces físicas que melhor atendessem suas funções.



DESENVOLVIMENTO

