

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



**PMR 3100 – Introdução à Engenharia Mecatrônica**



**MECATRÔNICA**

Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos – PMR

**Relatório Final: Engenharia – Visão e Realização**

Turma **52** - Grupo **8**

**Nome:**

**Nº USP:**

Daniel Willian Braz Pires Domingues

10337172

Gabriel Shimada Belém

10770520

João Carlos da Rosa Junior

6010127

Luiz Eduardo de Carvalho Caneschi

10689262

Rodrigo Mardegam Moraes

10705676

Victor Coelho Fogagnoli

9349475

**Docentes Responsáveis:**

Dr. Marcos Ribeiro Pereira Barretto, Dr. José Reinaldo Silva, Dr. Paulo Eigi Miyagi,  
Dr. Fabrício Junqueira;

São Paulo, 27 de maio de 2018.

## Sumário

<b>1. Ideias de Projetos Listadas Inicialmente.....</b>	<b>3</b>
1.1. Suporte para Enrolar Fones de Ouvido .....	3
1.2. Suporte de Celular para Caminhadas e Trakking .....	4
1.3. Protetor para Encaixe de Fones de Ouvido e Carregadores .....	5
1.4. Apoio de Celular para Facilitar Pegada e Apoio em Superfícies Planas .....	5
1.5. Suporte de Celular para Pessoas Sem Uma das Mãos .....	6
1.6. Simulador de Ambiente de Cinema para Celular .....	6
1.7. Suporte para Manuseio do celular, com Protetor de Fones de Ouvido .....	8
<b>2. Os Projetos Escolhidos .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Requisitos Elaborados Inicialmente para os Projetos Escolhidos .....</b>	<b>9</b>
3.1. Suporte para Manuseio do celular, com protetor de Fones de Ouvido Atores do Projeto .....	9
3.1.1. Requisitos Funcionais .....	10
3.1.2. Atores do Projeto .....	10
3.1.3. Relações de Troca entre os Atores e o Sistema / .....	10
3.1.4. Diagrama de Sequência de Uso para cada Uso / .....	10
3.1.5. Diagrama de Estados – Dinâmica do Sistema .....	10
3.1.6. Requisitos Não Funcionais .....	10
3.2. Simulador de Ambiente de Cinema para Celular .....	11
3.2.1. Requisitos Funcionais .....	11
3.2.2. Atores do Projeto .....	12
3.2.3. Relações de Troca entre os Atores e o Sistema .....	12
3.2.4. Diagrama de Sequência de Uso para cada Uso .....	15
3.2.5. Diagrama de Estados – Dinâmica do Sistema .....	17
3.2.6. Requisitos Não Funcionais .....	18

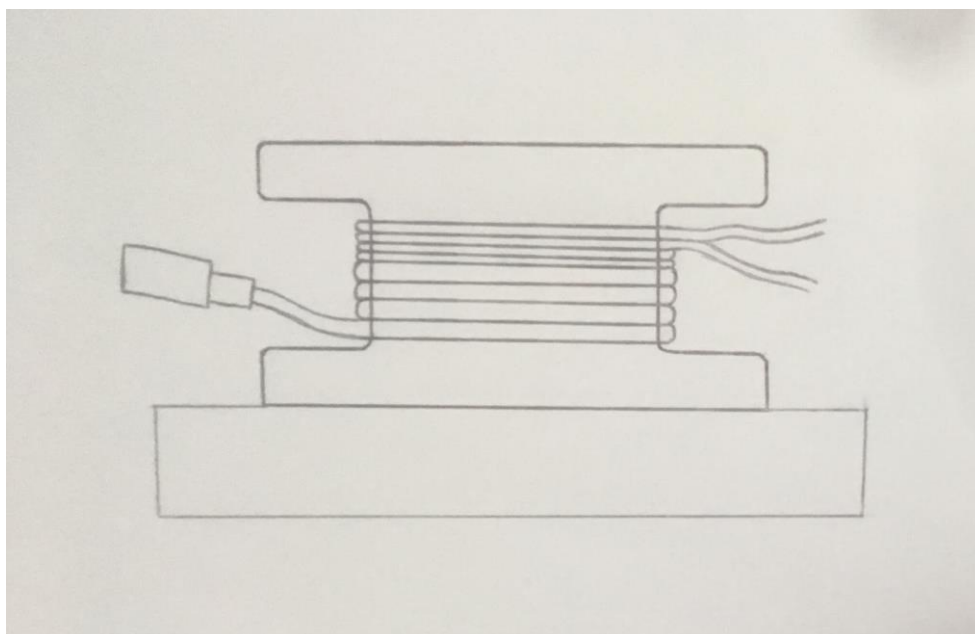
<b>4. O Projeto Escolhido pela Equipe .....</b>	<b>19</b>
<b>5. As Alternativas de Solução .....</b>	<b>19</b>
<b>5.1. Descrição dos Requisitos que os Produtos Tiveram             que Cumprir .....</b>	<b>19</b>
<b>5.2. Produto 1 – Suporte com Tira .....</b>	<b>21</b>
<b>5.2.1. Descrição do Produto 1 – Suporte com Tira .....</b>	<b>21</b>
<b>5.2.2. Características do Produto 1 – Suporte com Tira .....</b>	<b>26</b>
<b>5.3. Produto 2 – Holdit .....</b>	<b>29</b>
<b>5.3.1. Descrição do Produto 2 – Holdit .....</b>	<b>29</b>
<b>5.3.2. Características do Produto 2 – Holdit .....</b>	<b>30</b>
<b>6. Elaboração da Matriz de Decisão .....</b>	<b>32</b>
<b>6.1. Critérios Utilizados .....</b>	<b>33</b>
<b>6.2. Aplicação da Matriz de Decisão para Seleção do Produto .....</b>	<b>33</b>
<b>6.3. Solução Escolhida .....</b>	<b>37</b>
<b>7. Layout de Produção .....</b>	<b>38</b>
<b>7.1. Arranjo Produtivo .....</b>	<b>38</b>
<b>7.2. Etapas de Produção na Linha de Montagem .....</b>	<b>40</b>
<b>8. Descrição das Etapas de Produção .....</b>	<b>40</b>
<b>8.1. Enumeração das Peças Utilizadas .....</b>	<b>40</b>
<b>8.2. Etapas Produtivas .....</b>	<b>41</b>
<b>9. Conclusão .....</b>	<b>44</b>

## 1. Ideias de Projetos Listadas Inicialmente

A princípio, foram levantadas 6 propostas pelo grupo – estas já discutidas e detalhadas em um relatório anterior (Lista de Ideias). Duas delas sofreram alterações e acabaram convergindo para uma única ideia, que reúne as funcionalidades e características das duas ideias originais em um único produto. As demais ideias, por outro lado, mantiveram-se, de forma geral, inalteradas.

A seguir, listamos, e explicamos de forma resumida, as 5 propostas finais cogitadas por nosso grupo:

### 1.1. Suporte para Enrolar Fones de Ouvido



**Imagem 1 – Representação Esquemática - Suporte para Enrolar Fones de Ouvido**

Alguns dos problemas mais comuns quando se trata de fones de ouvido são sua alta fragilidade e sua facilidade em ficarem enrolados, duas características que causam, em inúmeros casos, seu desgaste e consequente mal funcionamento. Graças ao suporte para enrolar fones, ambos esses problemas são solucionados, o que leva, portanto, os fones a terem uma “vida útil” mais longa. O suporte, caracterizado por um design extremamente simples e compacto, apresenta uma construção quase totalmente de papel prensado, material que confere à estrutura a possibilidade de ser leve e simultaneamente resistente e durável. A única parte da estrutura em plástico seria a ventosa na base inferior para permitir que o suporte fique firmemente grudado ao posterior do celular.

Esse tipo de composição, além de outras qualidades, rendem um produto altamente ecologicamente sustentável. O uso desse acessório é elementar e intuitivo: basta colar o suporte no celular e enrolar os fones de ouvido envolta de seu eixo principal. Segundo esses poucos passos é possível evitar que os fones, no momento de colocar o celular no bolso, sofram qualquer danificação.

## **1.2. Suporte de Celular para Caminhadas e *Trakking***

Esse produto tem como finalidade permitir que o usuário possa manter seu aparelho celular em uma altura conveniente, para visualização da tela, sem que precise utilizar as mãos, que permanecerão, dessa forma, livres para execução de demais ações e movimentos.

Consistindo basicamente em uma haste articulada presa na cintura do usuário e com um mecanismo para encaixe de celular em sua extremidade, o Suporte de Celular deve ser preferivelmente utilizado enquanto seu usuário estiver em pé realizando alguma atividade como caminhada ou, sobretudo, *Trekking*.

Durante a prática do *Trekking*, termo que se refere à realização de exercícios como caminhada em trilhas ecológicas e ambientes naturais, o praticante requisita continuamente o emprego das mãos, seja para se apoiar nos elementos naturais que rodeiam a trilha, como troncos de árvores e paredões rochosos, ou para se agarrar-se em apoios quando precisa subir terrenos íngremes e/ou acidentados.

Entretanto, mesmo durante esses momentos, o esportista, em especial aquele que desenvolve o *Trekking* em nível profissional, precisa se localizar espacialmente e se orientar para decidir a direção para qual deve seguir, e, para isso, se vale, atualmente, das funcionalidades de GPS e Bússola presentes nos celulares. E isso gera um problema:

Como usar o celular e manter as mãos livres?

Visando solucionar esse e diversos outros problemas semelhantes, surge a ideia do Suporte de Celular para Caminhadas e *Trekking*:

Garantindo fácil ajuste de posicionamento do celular, graças à haste articulada, e um mecanismo de encaixe do celular compatível com a maioria dos modelos, se tornaria um elemento fundamental, não somente dentre os acessórios dos praticantes de *Trakking*, mas para diversos tipos de públicos que demonstrem interesse.

### **1.3. Protetor para o Encaixe de Fones de Ouvido e de Carregadores**

O projeto se baseia em um acessório que deve ser colocado enquanto o usuário estiver com um fone de ouvido conectado ao aparelho, ou um carregador, a fim de impedir dobras e maiores pressões na ligação entre o fio e o “plug”, evitando por fim a quebra destas partes tão sensíveis.

O acessório deve ser removível e simples, para que o usuário não se incomode com um possível volume maior, e para que seja barato (viável sua compra, no final).

Uma das maiores reclamações entre as pessoas que usam o celular para ouvir música diariamente (ônibus, caminhadas e exercícios físicos) é a baixa vida útil dos fones, que pela pressão exercida pelos bolsos, acabam sendo danificados.

### **1.4. Apoio de Celular para Facilitar Pegada e Apoio em Superfícies Planas**

A ideia do projeto é montar um suporte circular que se prende à parte de trás da capinha do celular, de modo que fique entre dois dedos, para facilitar e dar mais estabilidade à pegada. Muitas quedas ocorrem porque o celular escorrega da mão das pessoas, então o projeto ajuda na prevenção de quedas.

Além disso há casos de tendinite por conta do modo como tendemos a segurar o celular: com o polegar digitando, o dedo mínimo na parte inferior como suporte e os outros três dedos de apoio na parte de trás do celular; assim o projeto pode ajudar evitando casos de tendinite. O suporte também teria a função de servir como um apoio ao celular em superfícies planas, deixando ele inclinado e facilitando a visualização de sua tela. Neste último caso seria muito útil a pessoas que ficam sentadas muito tempo e que usam o celular para assistir algo.

## 1.5. Suporte de Celular para Pessoas Sem Uma das Mãos

O suporte de celular para pessoas sem uma das mãos é um acessório, como o próprio nome já diz, voltado para pessoas cuja deficiência física é a ausência de uma das mãos, por quaisquer que sejam os motivos. Esse suporte é anexado à capinha do celular, com a função de proporcionar ao deficiente a experiência de “segurar” seu celular e utilizá-lo normalmente ao invés de ter que apoiá-lo em algum lugar. Como a pulseira que prende o aparelho no braço é conectada à capinha por meio de um encaixe colado nesta (com fita dupla face), ela pode ser retirada, o que evita o incômodo de ter uma espécie de pulseira pendurada no celular. Dessa maneira, a comodidade e a facilidade oferecida pelos *smartphones* estaria assegurada para uma maior parte da população.

## 1.6. Simulador de Ambiente de Cinema para Celular

Visando proporcionar uma experiência imersiva do ambiente cinematográfico, esse produto idealizado por nosso grupo pretende atender a diversos usuários – provavelmente jovens - que desejam apreciar conteúdo audiovisual na tela de seus dispositivos celulares, em suas residências, mas que não se satisfazem com a qualidade limitada e problemas de comodidade e desconforto que se manifestam em virtude das complicações de luminosidade externa excessiva e de dificuldade de posicionamento cômodo desses dispositivos nesses momentos.

Constituído predominantemente de papel, esse produto encontrou inspiração na criatividade de jovens orientais que compartilharam sua ideia nas redes sociais:



**Imagem 2 – Exemplo de Simulador de Cinema Caseiro construído por jovem criativo**

Oferecendo maior comodidade na hora de assistir a filmes, séries, etc. ou mesmo para leitura de um e-book, a ideia é que o usuário possa visualizar a tela do celular a uma distância conveniente e agradável enquanto repousa no conforto de sua cama, sofá ou onde preferir, sem que tenha que despende nenhum esforço muscular para sustentar seu smartphone na altura desejada.

Além disso, as paredes da câmara, que envolvem o rosto do usuário, são capazes de barrar a entrada de luz externa, criando um ambiente escuro, semelhante ao de um cinema, o que permitem maior concentração no conteúdo exibido na tela do celular, com minimização de distrações, agregando qualidade à experiência.

De forma preliminar, cogitamos o uso desse produto juntamente com fones de ouvido, mas planejamos modificações no design do produto, de modo a torná-lo mais arredondado – próximo de ser esférico -, utilização de peças para maximizar o conforto e evitar a entrada de luz, sobretudo na região do pescoço, além da inclusão algumas funcionalidades, tais como:

- . Aberturas laterais que permitam que o usuário comodamente acesse o interior da câmara com as mãos e possa interagir com a tela do celular e, assim, executar os comandos necessários, como o de pausa de um vídeo.

- . Um mecanismo de encaixe do celular, que seja adequado à maioria dos modelos de aparelhos celulares, e que esteja atrelado a um sistema que permita sua movimentação em toda a extensão da parede interna da câmara, descrevendo uma semicircunferência. Desse modo, o usuário poderia manualmente posicionar o celular no ângulo mais conveniente, permitindo que ele não se limite a apenas uma posição (deitado de costas), mas possa se virar e manter a tela diante de seus olhos.

Para confecção desse sistema de movimentação, em caráter preliminar, pensamos em usar dois arames paralelos e rentes à parede interna da câmara que funcionem como guia para o celular preso ao mecanismo de encaixe. O Mecanismo de encaixe consiste em uma “Capinha de Celular” (Cellphone Case) com dois tubos afixados nas laterais que envolvem as guias de arame e deslizam encaixadas nelas. Além disso, quando posicionar o celular no ângulo desejado, o usuário utilizaria uma trava instalada no sistema para mantê-lo fixo na posição.



A inclusão de demais funcionalidades e características estéticas ainda não foi particularmente definida e poderão ser pauta no nosso grupo para próximas aulas, caso decidamos dar prosseguimento ao projeto escolhendo esse produto.

### **1.7. Suporte para Manuseio do celular, com Protetor de Fones de Ouvido**

Essa ideia deste projeto surgiu a partir da convergência de outras duas ideias estipuladas inicialmente: o **Suporte para Enrolar Fones de Ouvido** e o **Apoio de Celular para Facilitar Pegada e Apoio em Superfícies Planas**.

Assim, esse projeto busca encontrar uma forma de apoiar o celular nas mãos, o que é um desafio encontrado por muitos usuários dos *smartphones*, assim como uma forma prática e eficaz de se guardar fones de ouvido, para aqueles que usam o celular como fonte de música e entretenimento no dia a dia.

Fora pensado um acessório que auxiliasse o usuário nestas tarefas. Um suporte que facilitasse o manuseio do celular, evitando fadigas e quedas, assim como um local para se armazenar os fones de ouvido para impedir os nós e as quebras dos mesmos, que geram tantos gastos a longo prazo.

## **2. Os Projetos Escolhidos**

Os projetos escolhidos foram o “Suporte para Manuseio do Celular, com Protetor de Fones de Ouvido” e o “Simulador de Ambiente de Cinema para Celular” porque eles atenderam um maior número de critérios em relação aos outros produtos.

No caso do primeiro produto (“Suporte para Manuseio do Celular, com Protetor de Fones de Ouvido”), o fator determinante foi o alto apelo comercial, haja visto que seu público alvo abrange um grande número de pessoas pois, atualmente, o uso de fones de ouvidos é extremamente comum entre os usuários de *smartphones*.

Já no caso do segundo produto (“Simulador de Ambiente de Cinema para Celular”), o que determinou sua escolha foi a inovação apresentada pelo projeto. A ideia de utilizar o celular como uma mini tela de cinema, em um ambiente escuro, sem precisar segurar o aparelho é totalmente nova e não se encontra no mercado, podendo ser a solução que muitos estavam procurando. Com relação aos outros projetos, os critérios que definiram suas exclusões da lista dos escolhidos foram a dificuldade de produção, falta de inovação, de praticidade e público alvo restrito.

Para chegar a essa conclusão, houve discussões e debates entre os integrantes do grupo que levaram a um consenso geral e na seleção dos projetos **1.6 e 1.7.**

### **3. Requisitos Elaborados Inicialmente para os Projetos Escolhidos**

Escolhidos dois Projetos (“Suporte para Manuseio do Celular, com Protetor de Fones de Ouvido” e “Simulador de Ambiente de Cinema para Celular”), dentre os listados inicialmente, demos prosseguimento à próxima etapa: a elaboração dos requisitos de projeto. Nessa etapa, analisamos, de forma mais precisa, as características fundamentais necessárias aos dois produtos, tendo em vista aspectos físicos e funcionais e as demandas do público-alvo que seria alcançado no mercado consumidor.

Para cada um dos projetos, os requisitos elaborados foram os seguintes:

#### **3.1. Suporte para Manuseio do celular, com Protetor de Fones de Ouvido Atores do Projeto**

### **3.1.1. Requisitos Funcionais**

- a) Tamanho que não seja inconveniente para nenhum celular atual;
- b) Espessura adequada para que seja possível enrolar o fone por inteiro;
- c) Algo que fixe o suporte no celular, exemplo: cola, ventosa ou adesivo.

### **3.1.2. Atores do Projeto**

O apoio para mão adaptável tem como público alvo pessoas que desejam maior conforto para segurar o celular. Além disso, por possuir um encaixe para guardar o fone, faz com que o público alvo seja composto por aqueles que geralmente usam fones de ouvido enquanto andam na rua, ou seja, jovens entre 15 a 25 anos, que geralmente usam transporte público.

### **3.1.3. Relações de Troca entre os Atores e o Sistema /**

### **3.1.4. Diagrama de Sequência de Uso para cada Uso /**

### **3.1.5. Diagrama de Estados – Dinâmica do Sistema**

Para a utilização do dispositivo, o usuário terá que fixar a fita-suporte no dispositivo. Assim, existirão duas camadas de fita, a fixa no celular e a móvel, que se adaptará ao tamanho da mão do usuário, e com o seu conforto.

Ao ajustar o tamanho da fita, o usuário deverá fixar a trava que existe entre a fita suporte e a fita móvel. Após o uso, e se desejar guardar o fone de ouvido, basta que o usuário utilize a trilha existente na parte externa da fita móvel, em movimento alternado, prendendo o fone de maneira simples, evitando nós e danos.

### **3.1.6. Requisitos Não Funcionais**

Como requisitos não funcionais, devemos listar que o dispositivo:

- a) Deverá possuir uma cola adesiva que seja aderente às “capinhas” e celulares em geral, mas que não danifique a superfície caso se deseje retirá-la;
- b) Deverá ser composta de um material resistente para suportar o peso médio de um celular (150g);
- c) O material de que ela é feita deverá, além de ser resistente, ser confortável para a mão, ou revestido com algum material confortável;
- d) Deverá ser de barata produção;
- e) Deverá ter um design chamativo para a faixa etária, com a vantagem de possivelmente tornar-se colecionável (9 cores) para incentivar o consumo;

## **3.2. Simulador de Ambiente de Cinema para Celular**

### **3.2.1. Requisitos Funcionais**

Para esse projeto, podemos elencar as características necessárias para que ele possa desempenhar suas funções; estas características fundamentais serão os Requisitos Funcionais do projeto:

- a) O produto deve ser suficientemente resistente para suportar: o peso do aparelho celular acoplado a ele e seus próprios mecanismos, as tensões a ele impostas durante o manuseio e utilização. Ou seja, devemos estabelecer um valor mínimo de para a resistência do material utilizado em sua fabricação;
- b) Os mecanismos presentes no produto (vide item 2.3.) devem ser eficientes em permitir o ajuste da posição do celular, de modo que as hastes guias, o carrinho e o pino de posicionamento devem seguir especificações quanto à forma a configuração estrutural e à composição;

- c) O produto deve ser leve, para que seja facilmente manuseado pelo usuário. Em termos práticos: Não deve possuir mais que **500g**.
- d) Deve ser suficientemente espaçoso para comportar confortavelmente o usuário e manter a tela do celular a uma distância agradável de seu rosto (**20cm**). Entretanto, não deve possuir dimensões exageradamente extensas, a ponto de ocupar espaço excessivo para armazenamento e uso:  
Objetivamente suas dimensões (comprimento **x** largura **x** altura) não devem ultrapassar (50cm **x** 60cm **x** 40cm).
- e) O mecanismo de acoplamento do celular no carrinho (item 2.4. b)) deve ser adequado e compatível com os principais e mais variados modelos de celular disponíveis no mercado.

### **3.2.2. Atores do Projeto**

Os atores, ou seja, o público alvo do projeto “Simulador de Ambiente de Cinema para Celular” são:

- a) As pessoas as quais não possuem televisão em casa e querem usar o celular como meio de entretenimento de forma confortável;
- b) Aquelas que dividem o quarto com outras e querem assistir vídeos ou filmes de noite sem acordá-las;
- c) E também os indivíduos que querem se sentir em um ambiente mais privativo ao estarem em um lugar ocupado por outros.

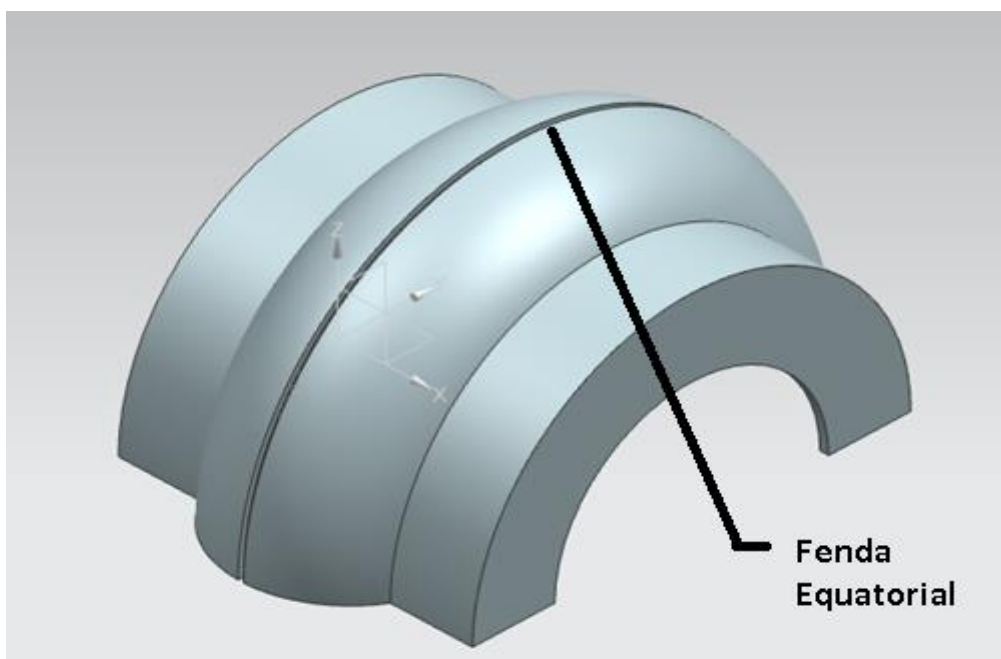
### **3.2.3. Relações de Troca entre os Atores e o Sistema**

Ao interagir com o produto, o usuário terá a possibilidade de efetuar comandos ou realizar ações de modo a obter uma resposta do sistema.

Agora, listaremos essas possibilidades de interações entre o usuário e os mecanismos do produto para a utilização das funcionalidades que ele possui.

Antes, porém, cabe aqui elucidar as formas, proporções e mecanismos do produto, para que possa, posteriormente, explicar as ações e passos necessários para se possa utilizar de cada funcionalidade oferecida:

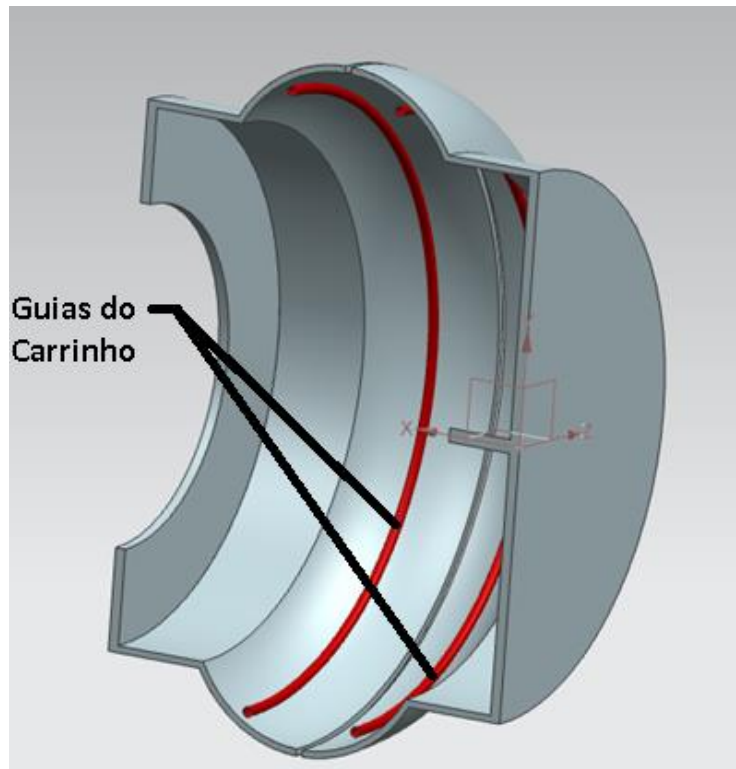
Em caráter ainda não definitivo, projetamos as formas e proporções do produto da maneira apresentada na Imagem 3:



**Figura 1 – Modelagem 3D das principais formas e proporções do Simulador**

Com uma abertura frontal para que o usuário possa inserir a cabeça, as paredes da câmara, que compõe o simulador de cinema para celular, possuem contornos arredondados, de modo que há bom aproveitamento de espaço e que o celular, que “deslizará” acompanhando a superfície interna da região equatorial dessas paredes, se mantenha a uma distância constante e confortável em relação aos olhos do usuário.

O Mecanismo que permitirá que o celular “deslize” na face interna do topo da câmara será composto por um Carrinho, no qual o celular irá ser fixado, que poderá mover-se preso a duas hastes que servirão como guia para ele. Na Imagem 4, essas hastes são nomeadas como “Guias do Carrinho”.



**Figura 2 – Representação de outra Perspectiva, com Guias do Carrinho**

Esse carrinho, que mover-se-á acompanhando as guias, estará, também, preso a um pino, que atravessará a Fenda Equatorial e será, portanto, acessível a partir da região externa da câmara. Isso se fará de tal forma que o usuário possa controlar o posicionamento do carrinho utilizando esse pino.

Embora não esquematizado nas representações de modelagem 3D, haverá, adjacente à fenda equatorial, um conjunto de furos alinhados (e não totalmente passantes – do contrário ocorreria a entrada de luz na câmara) feitos na parede da câmara; assim, o pino de posicionamento do carrinho poderá prender-se a esses furos, que agirão como travas, prendendo o próprio carrinho nas posições desejadas pelo usuário.

Apresentados os mecanismos, podemos listar as relações de troca que o usuário poderá estabelecer com o produto:

- a)** Acomodar a cabeça no interior da câmara simuladora de cinema;
- b)** Acoplar o celular no Carrinho;
- c)** Posicionar o celular no ângulo desejado;
- d)** Interagir com a Tela do celular;
- e)** Terminar o uso do produto;

### **3.2.4. Diagrama de Sequência de Uso para cada Uso**

Para cada Relação de Troca que o Usuário estabelece com o produto, há uma sequência de passos e procedimentos que devem ser executados coordenadamente de modo a garantir a boa utilização das funcionalidades do produto:

#### **a) Para acomodar a cabeça no interior da câmara simuladora de cinema:**

Etapa inicial de uso do produto, acomodar a cabeça no interior do produto é a etapa mais flexível de seu uso, de modo que o usuário pode realizá-la de acordo com o que achar mais confortável; é indicado que o usuário o utilize enquanto deitado, preferivelmente em cima do colchão da cama – embora outras opções, como o sofá, por exemplo, sejam viáveis.

Com a cabeça repousada no travesseiro, o usuário pode suspender o produto com os braços, enquanto deitado em posição conveniente, e abaixá-lo sobre o travesseiro, de modo que a câmara circunde sua cabeça e seu pescoço fique acomodado sob a abertura semicircular frontal;

#### **b) Para acoplar o celular no carrinho:**

Tarefa que pode ser realizada tanto antes quanto depois da etapa **a)**, acoplar o celular no carrinho significa encaixar o celular no dispositivo que desliza guiado pelas hastes instaladas no produto.

Esse carrinho deve, portanto, possuir um mecanismo onde o celular se fixe, semelhante a uma “Capinha de Celular”, que se adeque a diferentes modelos de celular e que seja utilizado também semelhantemente a uma Capinha desse tipo.

Para fixar o celular, portanto, o usuário deverá pressionar seu aparelho *smartphone* contra o mecanismo de encaixe do carrinho, até que o encaixe aconteça, ou seja, até que o celular “entre na capinha”.



**c)** Para posicionar o celular no ângulo desejado;

Com as etapas **a)** e **b)** realizadas, ou seja, depois de acoplar o celular e acomodar a cabeça, o usuário poderá escolher o ângulo no qual quer que o celular fique, de modo que possa inclinar a cabeça e rotacionar o corpo deitado mantendo a tela do celular logo à frente dos olhos. Para isso, fará uso do mecanismo das hastes guias, carrinho e pino, passante à fenda equatorial e fixado ao carrinho.

Para posicionar o celular, portanto, o usuário deve, com uma das mãos, segurar o pino acessível pela parte externa da câmara (para isso, deve levantar o braço e colocá-lo sobre o topo do produto – seu braço não deve entrar na câmara de cinema). Agarrando o pino do lado de fora, poderá movê-lo por toda extensão da fenda equatorial, fazendo com que o carrinho, no qual está preso o celular, mova-se simultaneamente. Dessa forma, o carrinho deslizará guiado pelas hastes até a posição preferível pelo usuário.

Uma vez encontrada a posição ideal, o usuário poderá “travar” o mecanismo prendendo o pino em dos furos alinhados feitos na parede externa da câmara. O usuário poderá repetir esse processo, quantas vezes achar necessário, para mudar a posição e ângulo do celular.

**d)** Para interagir com a tela do celular:

Para dar início à execução do vídeo, ou realizar qualquer outra ação ou comando para o celular, o usuário terá que interagir com a tela do seu dispositivo; e interagir fisicamente, encostando o dedo. Desse modo, é necessário que se possa introduzir, de forma prática, mão e braço no interior da câmara.

Para fazê-lo, o usuário deve utilizar a própria abertura frontal destinada ao pescoço. Passando o braço através dessa abertura, poder-se-á alcançar a tela do celular com os dedos e interagir com ela. Para fins práticos, percebemos que, se o celular se encontra posicionado do lado esquerdo da câmara, é mais fácil utilizar o braço direito para interagir com o celular, e, se o celular se encontra posicionado do lado direito da câmara, é mais fácil utilizar o braço esquerdo; isso por conta das próprias restrições anatômicas de movimento.

**e)** Para terminar o uso do produto:

Ao terminar de utilizar o produto, ou seja, quando terminar de assistir aquilo que queria, o usuário deve: desacoplar o celular do carrinho, para removê-lo da câmara de cinema; e sair de dentro da câmara, isto é, transportar a câmara para outra posição e livrar a cabeça.

Para desacoplar o celular, o usuário deverá puxar seu aparelho *smartphone* do mecanismo de encaixe do carrinho, até que ele desencaixe, ou seja, até que o celular “saia da capinha”.

Para sair de dentro da câmara, o usuário deve suspendê-la com os braços e transportá-la para outra posição, que não em cima de sua cabeça, ficando, desse modo, livre para levantar-se e sair da cama ou outra superfície na qual estivesse deitado.

### **3.2.5. Diagrama de Estados – Dinâmica do Sistema**

Descrevendo, de forma global, os comportamentos e a dinâmica de uso do produto, podemos indicar seus diferentes estados durante sua utilização e, de forma mais geral, as tarefas desempenhadas pelo usuário para usá-lo:

A fim de utilizar o simulador de ambiente de cinema para celular, o usuário deverá, a princípio, ter disponível seu *smartphone*. A seguir, tomando em mãos o produto, que se encontra em seu *estado pré-uso*, poderá acoplar o celular no mecanismo de encaixe do carrinho e dirigir-se ao lugar onde pretende deitar para utilizar o produto (sua cama, preferivelmente).

Deitando e acomodando sua cabeça no interior da câmara, o usuário poderá então utilizar o pino de posicionamento do carrinho para adequar o ângulo desejado para a tela do celular. Nessa etapa, o produto encontra-se em seu *estado pronto para uso*. Com essas adequações, o usuário poderá plugar o fone de ouvido no celular, caso queira ouvir o áudio de seu vídeo através dele, do contrário, terá a opção de não o fazer.

Já acomodado, pode-se então interagir com a tela, dando início à execução do vídeo, de modo que o produto passe para o *estado em uso*. Durante a execução do vídeo, a posição do celular poderá ser ajustada, conforme a preferência do usuário, por meio do pino de posicionamento.

Atingindo-se o término do uso, no *estado pós-uso*, o usuário deverá remover seu celular do carrinho e sair de dentro do simulador de cinema para celular, que pode, então, ser guardado até uma próxima utilização.

### **3.2.6. Requisitos Não Funcionais**

Dentre os requisitos Não Funcionais do produto, podemos indicar as características que a ele não são imprescindíveis, mas são desejáveis. Essas características incluem, essencialmente, a aparência estética e requisitos relativos ao conforto, fatores de compra etc. Assim, como requisitos não funcionais do projeto, temos que:

- a) O preço do simulador deve estar na faixa de preço razoável e acessível ao grande público: de R\$ 35,00 a R\$ 40,00.
- b) Seu formato está exemplificado nas Imagens 2 e 3, e elas mostram que, para o conforto do usuário, há um espaço relativamente grande para o encaixe do pescoço, além de que a maneira que foi desenhada permite a movimentação da cabeça do cliente em um ângulo de 180° para que esse não se canse de sua posição. (Infelizmente seu design não permite sua utilização a não ser que o usuário esteja deitado em uma superfície plana).
- c) O produto deve apresentar características estéticas atrativas ao consumidor: Pode haver mais de uma opção de cor disponível, desde cores e tons mais discretos (como branco, marrom claro, cinza, etc.) até tons mais chamativos, para o público infanto-juvenil (verde, amarelo, vermelho, etc., passando por cores como preto e azul neutro. De todo modo, o interior do “Simulador de Ambiente de Cinema para Celular” deve ser revestido pela cor preta, que contribuirá para a imersão em um ambiente escuro.

## 4. O Projeto Escolhido pela Equipe

O projeto escolhido pela equipe foi o “**Suporte para Manuseio do Celular, com Protetor de Fones de Ouvido**”. Uma das vantagens deste projeto em relação ao “Simulador de Ambiente de Cinema para Celular” é sua facilidade no processo de produção, visto seu tamanho reduzido e sua simplicidade estrutural, tornando a modelagem do material utilizado menos complicado em relação ao projeto descartado.

Além disso, o projeto **1.7** apresenta um público alvo que coincide com pessoas que usam fones de ouvido, ou seja, um grande número de pessoas, e o projeto **1.6** tem como público alvo pessoas interessadas em utilizar seu celular como um mini cinema, deitados no conforto de sua casa. Comparando-se qualitativamente, percebe-se que o número de interessados no projeto **1.7** é muito maior que no projeto **1.6**.

## 5. As Alternativas de Solução

Uma vez escolhido o Problema Definitivo a ser solucionado (o “Suporte para Manuseio do Celular, com Protetor de Fones de Ouvido”), criou-se duas alternativas de Solução (dois Produtos) que pudessem resolvê-lo da melhor forma possível. Cada uma das soluções foi desenvolvida por uma metade do grupo, que trabalhou de forma independente e disjunta da outra metade, a fim de variar-se ao máximo as características e ideias presentes em cada solução.

Ambos as soluções foram desenvolvidas de forma a resolver o problema e atender os requisitos pré-estabelecidos para o problema. Esses requisitos estão listados a seguir.

### 5.1. Descrição dos Requisitos que os Produtos Tiveram que Cumprir

Os requisitos estabelecidos podem ser divididos em duas categorias:  
Os Requisitos Funcionais e os Requisitos Não Funcionais:

- **Requisitos Funcionais:**

- a) Tamanho compacto: que não seja inapropriado para nenhum celular atual e tampouco inconveniente de guardar no bolso ou manusear;
- b) Espessura adequada para que seja possível enrolar o fone por inteiro;
- c) Presença de um mecanismo que fixe, firmemente, o suporte no celular; por exemplo: cola, ventosa ou adesivo.
- d) Produção de baixo custo: que não demande muita matéria-prima ou processos produtivos excessivamente complexos;
- e) Composição deve ser de um material resistente para suportar o peso médio de um celular (150g) submetido aos esforços vinculados ao manuseio;
- f) Boa durabilidade, ou seja, deve resistir a longos períodos de uso durante um tempo de, no mínimo, 5 meses.

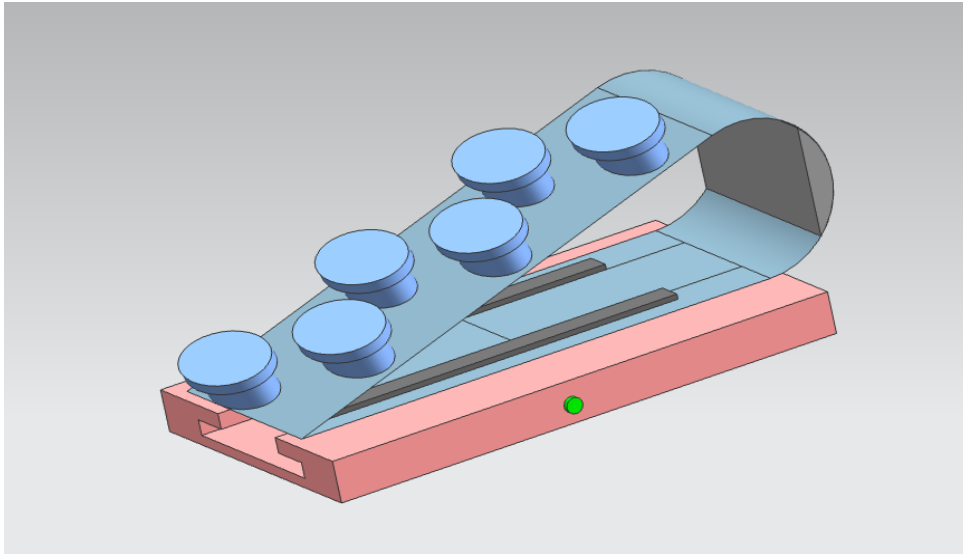
- **Requisitos Não Funcionais**

Como requisitos não funcionais, devemos listar que o dispositivo:

- a) Deverá possuir uma cola adesiva que seja aderente às “capinhas” e celulares em geral, mas que não danifique a superfície caso se deseje retirá-la;
- b) O material de que ela é feita deverá, além de ser resistente, ser confortável para a mão, ou revestido com algum material confortável;
- c) Deverá ter um design chamativo para a faixa etária, com a vantagem de possivelmente tornar-se colecionável (9 cores) para incentivar o consumo;

## 5.2. Produto 1 – Suporte com Tira

A primeira solução desenvolvida (por uma metade de nosso grupo) foi o Produto 1 – Suporte com Tira, e, a seguir, explicamos é a sua estrutura e como ele atende aos critérios estabelecidos posteriormente para a escolha do Produto.



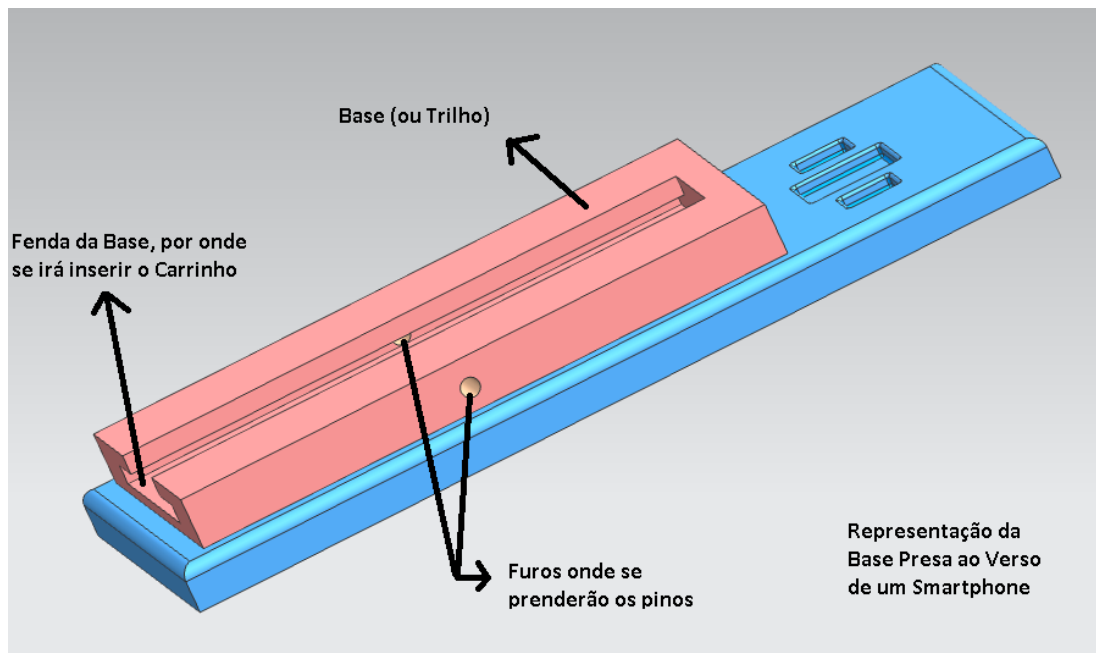
**Figura 3 – Modelagem Computacional das Formas e Dimensões do Projeto 1**

### 5.2.1. Descrição do Produto 1 – Suporte com Tira

O Produto é composto, basicamente por 3 partes principais, que são descritas detalhadamente nos próximos itens:

#### **a) A Base (ou Trilho):**

Representada pela cor Rosa Claro, a base será a parte do produto a ser fixada diretamente na parte de trás do celular (para isso, pretendemos utilizar fita dupla face, que será eficiente em prender a base do produto ao celular):

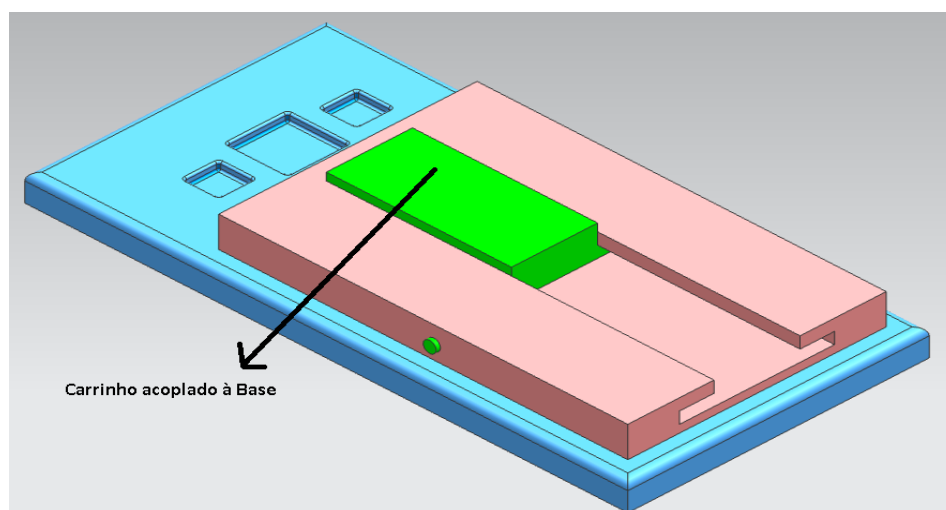


**Figura 4 – Representação da Base presa ao verso do Celular**

A Fenda presente na base permitirá que o Carrinho (Figura 5) seja inserido e acoplado por meio de um mecanismo envolvendo dois pinos presos nos furos laterais da base.

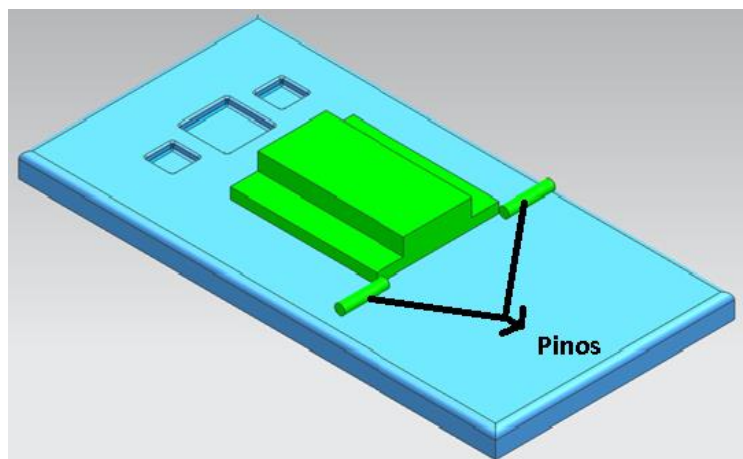
**b) O Carrinho:**

Ao contrário da Base, o Carrinho é removível, ou seja, não precisa ficar permanentemente preso ao celular e pode ser trocado com praticidade. Entrando pela Fenda da Base (que também será chamada de Trilho), ele se acopla quando chega à extremidade oposta à entrada.



**Figura 5 – Carrinho acoplado à Base**

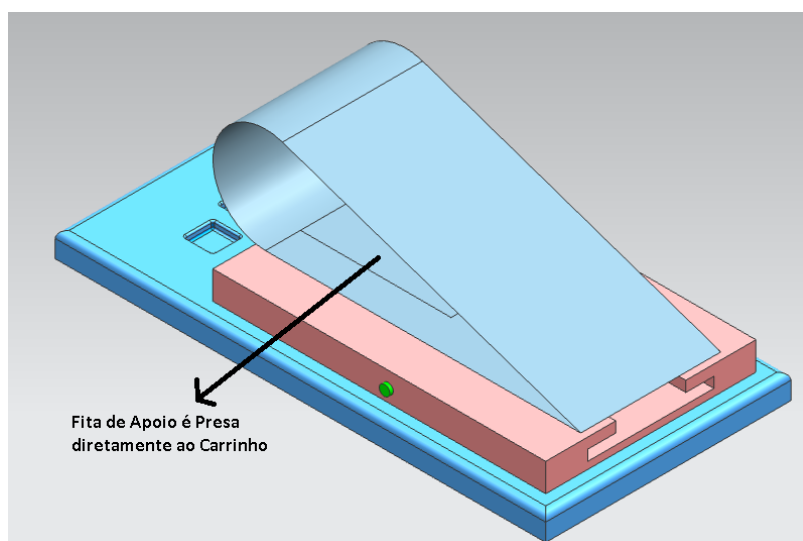
Para permitir melhor visualização, omitimos a Base na imagem seguinte (Figura 6). Repare que os pinos travam o carrinho sutilmente. A ideia é que os pinos sejam presos a molas, que os manterão fixos na posição de travamento, de modo que, quando o usuário desejar remover o Carrinho, terá que puxar os pinos, liberando sua movimentação.



**Figura 6 – Mecanismo de Trava do Carrinho, com destaque para os Pinos**

**c) A Fita de Apoio e seus Acessórios:**

Preso ao Carrinho (por cola apropriada) estará a Fita de Apoio, que será, de fato, utilizada pelo usuário ao manusear o celular. A ideia é que, como o Carrinho, no qual está preso a Fita de Apoio, é removível, pode-se colecionar várias peças (Carrinho + Fita de Apoio) com diferentes cores e estilos, de modo que elas possam ser tiradas e colocadas facilmente.



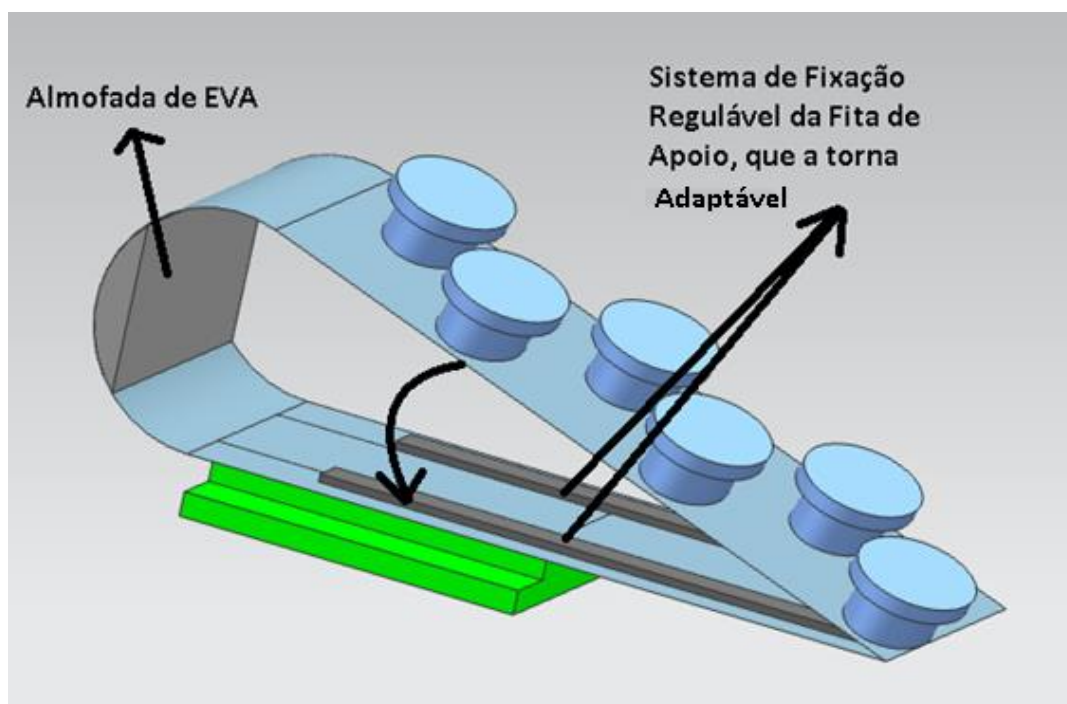
**Figura 7 – Mecanismo de Trava do Carrinho, com destaque para os Pinos**



A Fita de Apoio será adaptável (com abertura regulável), como pode ser visto na (Figura 8).

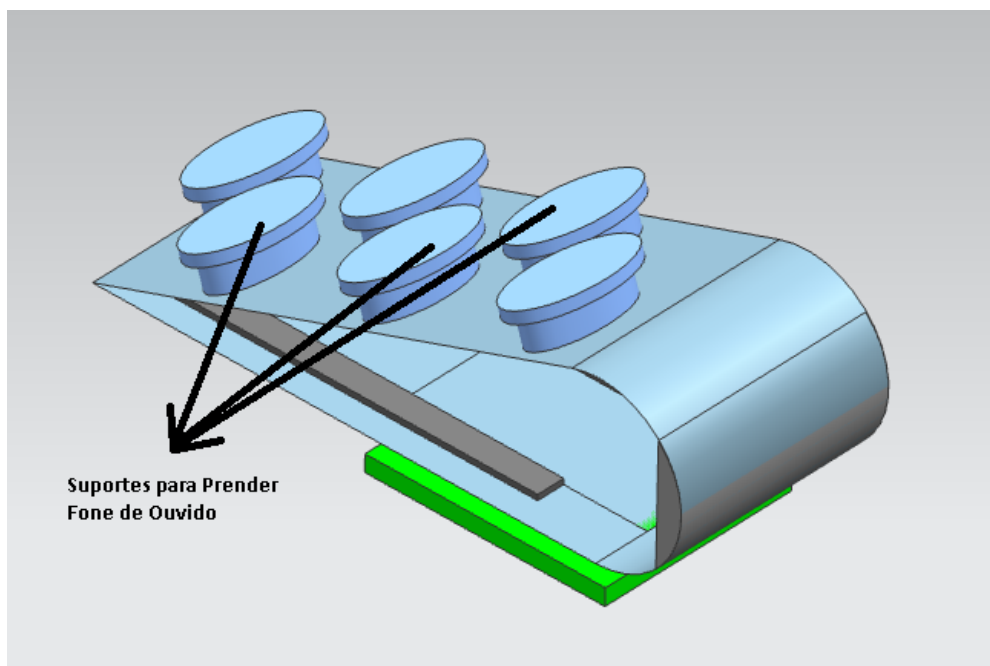
A Almofada de EVA desempenha função importante no que tange ao conforto do usuário, por acomodar melhor os dedos e distribuir melhor o peso. As Duas Faixas indicadas no desenho em Cinza (Figura 8), posicionadas na face superior da camada de baixo da fita, farão parte do Sistema que regula a abertura da Fita Apoio: o Sistema de Fixação. Para utilizá-lo, o usuário deverá mover a fita no sentido indicado pela seta em formato de arco, pressionando a camada de cima contra as faixas cinzas, que possuirão buracos onde se encaixarão pinos presentes na face inferior da camada de cima.

Desse modo, o usuário pode regular a fração do comprimento da Fita de Apoio que será fixada, controlando, assim, a abertura disponível para as mãos.



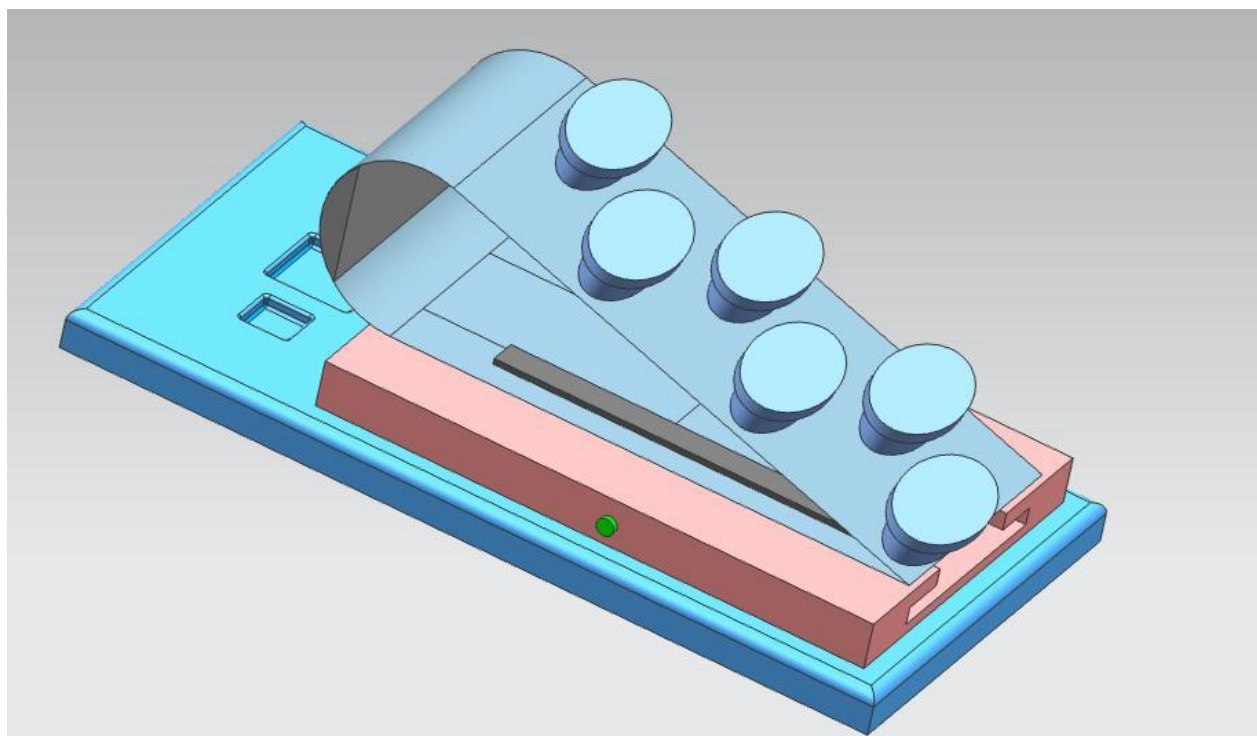
**Figura 8 – Acessórios e Mecanismos presentes na Fita de Apoio**

Para oferecer a outra funcionalidade do produto, que é proteger os Fones de Ouvido, estão presentes, na face superior da camada de cima da Fita de Apoio, os Suportes para Prender Fones de Ouvido, ao redor dos quais o usuário poderá enrolar – e desenrolar – seu fone de ouvido com praticidade.



**Figura 9 – Suportes para prender Fone de Ouvido**

De modo geral, quando acoplado no celular, com todos seus mecanismos e componentes presentes, o produto terá o seguinte aspecto:



**Figura 10 – Produto Completo (Cores ilustrativas para melhor visualização)**

### 5.2.2. Características do Produto 1 – Suporte com Tira

Quanto às qualidades do projeto e aos aperfeiçoamentos nele realizados para melhor desempenho em relação aos critérios estabelecidos para escolha do projeto, podemos destacar os seguintes aspectos positivos, agrupados de acordo com critério:

- **Durabilidade:**

Visando uma maior durabilidade do produto, foi pensado a utilização de componentes mais rígidos e resistentes (base com o trilho e a parte de encaixe da tira de apoio) e, o componente menos resistente (tira de apoio) por possuir material mais flexível, será revestido com uma fita de proteção.

Além disso, devido ao fato da tira de apoio ser removível, pode-se armazená-la com maior segurança quando não em uso, preservando sua qualidade e integridade.

- **Custo de produção:**

Uma vez que a matéria prima principal do projeto é o papel, faz com que seja baixo o custo de produção do projeto, embora não possamos ainda calcular o custo real de produção, por não podermos dimensionar todo o processo produtivo. Além disso, o fato de existirem muitos encaixes, minimizando o uso de parafusos e travas externas (pinos). Segue abaixo uma estimativa dos materiais que serão utilizados no projeto:

Componente	Quantidade Utilizada
Papelão (para Base do Trilho e Encaixe)	Uma Parte de Tamanho igual a uma Folha A4
Pinos para a Trava	2 Pinos
Molas para a Trava	2 Molas
Rosca para a Trava	2 Roscas
Fita de Cetim para Revestimento	Tecido com Área próxima de 200cm <sup>2</sup>

EVA (de espessura 2mm) para Proteção e Apoio	Peça com Área próxima de 108cm <sup>2</sup>
Papel Cartão (para Tira de Apoio)	Uma folha de tamanho A4
Arame (para Grampos do Fone)	Aproximadamente 40cm
Fita Adesiva Dupla Face (com largura de 12mm)	Aproximadamente 17,5cm

**Tabela 1 – Listagem dos Componentes utilizados nos Projeto e suas Quantidades**

- **Meio ambiente:**

O projeto é predominantemente formado por peças de papel e de metal, sendo ambos recicláveis. Além disso, os métodos de produção não degradam o meio ambiente, sendo simples montagens, substituindo os produtos de plástico do mercado.

- **Conforto:**

Visando o conforto do usuário, a tira de apoio possuirá uma almofada de EVA em seu interior, no contato com a tira e o dedo de apoio. Além disso, nas partes laterais da tira serão postos fitas de cetim/silicone para impedir desconforto. As tiras serão largas, a fim de distribuir melhor o peso do celular ao longo da mão, não forçando pontos concentrados, dispensando o uso do dedo mínimo (causador de tendinites e dores comuns a usuários de smartphones).

Outro ponto é seu tamanho compacto que facilita colocar em bolsos.

- **Estética:**

O produto fora pensado a fim de possuir cores diversas. Com a possibilidade de troca da tira de apoio colorida, o usuário poderá comprar diversas cores e colecionar, mudando quando desejar da cor instalada no aparelho. O design compacto do acessório completo, com suas cores variadas, e sendo a base de uma cor neutra a fim de permitir o usuário utilizar o celular mesmo sem a tira de apoio.

- **Tempo de produção:**

Considerando a produção em escala, devemos dividir o processo em 3 grandes etapas principais:

- Primeira etapa – base e trilho: corte do molde da base e acréscimo da fita isolante na face inferior para a colagem no celular pelo cliente; acréscimo do pino com a mola; acréscimo da rosca no pino.
- Segunda etapa – tira de apoio com suporte rígido: corte do molde da tira de apoio, corte do molde do suporte rígido para o encaixe no trilho, colagem da tira de apoio ao suporte rígido, corte e colagem do EVA na parte interna da tira de apoio, corte da fita de cetim/preparação do silicone, colagem da fita de cetim/silicone nas bordas da tira de apoio, adiciona os pinos de travas à tira de apoio.
- Terceira etapa – grampos para armazenar os fones: corte dos arames; revestir os arames com um papel; colagem do sistema arame + papel na parte externa da tira de apoio.

Entretanto, mesmo listando detalhadamente todas as etapas produtivas, não somos capazes de estimar um tempo preciso para produção desse produto, já que informações sobre os processos produtivos em nível industrial envolvidos fogem do nosso conhecimento.

- **Praticidade:**

O projeto possui um sistema simples de trava e encaixes fáceis, o que simplifica a montagem e troca das tiras de apoio (sistema simples de travas com molas e pressão). Além disso, para guardar o fone de ouvido o processo é simples de enrolar, e para desenrolar basta um único movimento.

### 5.3. Produto 2 – *Holdit*

A segunda solução desenvolvida (por outra metade de nosso grupo) foi o “*Holdit*”, e, a seguir, explicamos como é sua estrutura e como ele atende aos critérios estabelecidos posteriormente para a escolha do Produto.

#### 5.3.1. Descrição do Produto 2 – *Holdit*

O “*Holdit*” é composto basicamente por 3 partes:

- a) **Base:** A base do produto será colada na capinha (ou no próprio *smartphone*), de preferência por meio de uma fita dupla face, não sendo possível sua retirada sem danificações na cola após a fixação. Esta peça será oca por dentro para que a parte móvel do projeto possa se mover.

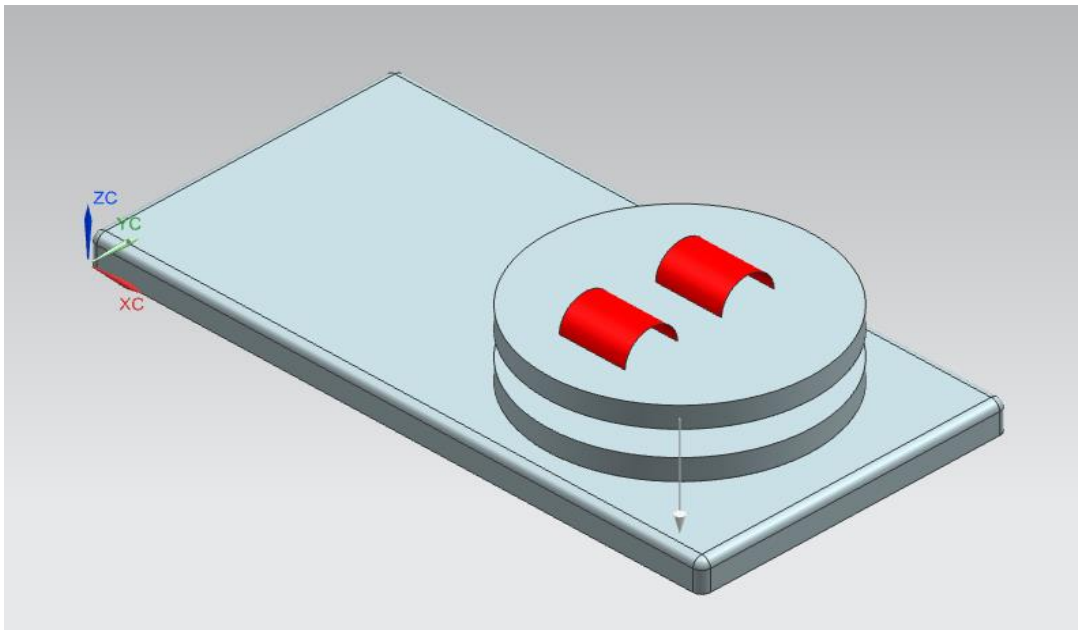
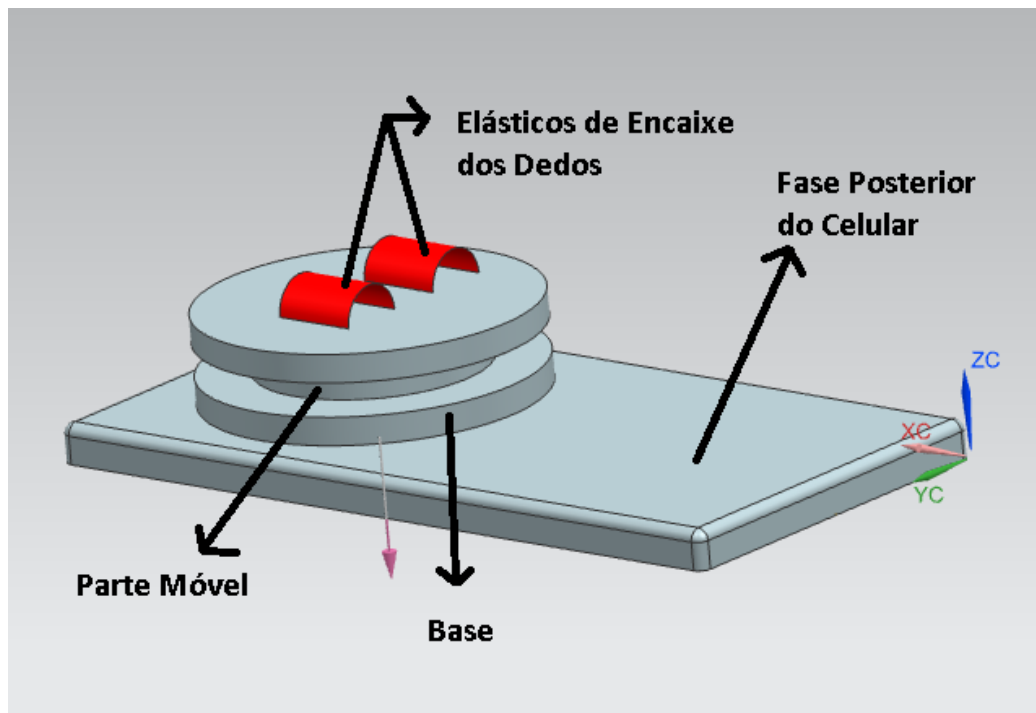


Figura 11 – Modelagem Computacional do Produto 2 – *Holdit* preso ao Celular

- b) **Parte móvel:** A parte móvel do produto será acoplada a base (no momento da produção), e também não será possível sua retirada sem a danificação do produto. Sua capacidade de rotação permitirá ao usuário o movimento rotacional do celular sem que este corra o perigo de cair. O vão entre a parte móvel e a base poderá ser utilizado para enrolar o fio de fones de ouvido, permitindo que este seja guardado em segurança.



**Figura 10 – Representação dos Componentes presentes no Holdit**

- c) Elástico de encaixe dos dedos:** Na face superior da parte móvel, serão fixados elásticos para o encaixe dos dedos. Esses elásticos serão fixados por meio de grampos e permitirão que o usuário segure seu aparelho com firmeza. Ademais, os elásticos servirão como encaixe das “cabeças” do fone de ouvido, ou seja, das partes as quais o som é emitido.

### **5.3.2. Características do Produto 2 – *Holdit***

Quanto às características do projeto relacionadas a cada critério de escolha:

- **Durabilidade:**

Por utilizarmos tipos duros de papel na base e na parte móvel, o produto terá uma grande durabilidade, já que, com os cuidados certos do usuário, não haveria muito desgaste destas peças. Além disso, os elásticos que serão usados não sofrem um desgaste relevante em pequenos intervalos de tempo (anos).

- **Custo de produção:**

Como não possuímos informações sobre a quantidade de unidades produzidas para a produção em massa, não há como falar sobre o custo de produção do produto.

- **Meio ambiente:**

Como as peças são formadas majoritariamente por papel, o produto pode ser reciclado quase por inteiro. Além disso, assim como no projeto 1, os métodos de produção não degradam o meio ambiente, sendo simples montagens, substituindo os produtos de plástico do mercado.

- **Conforto:**

Para melhorar o conforto do produto para o usuário, serão utilizadas tiras de EVA logo abaixo dos elásticos para acolchoar o contato dos dedos com a parte móvel. Em relação aos elásticos, pelo próprio fato de serem elásticos, eles se adequam ao tamanho dos dedos dos diferentes tipos de usuários, sem apertá-los ou machucá-los.

- **Estética:**

A parte da estrutura composta por papel, ou seja, a base e a parte móvel encaixada nela, será de uma coloração neutra, como branco ou cinza, visto que, além de serem mais facilmente fabricáveis, se fossem muito coloridas, seriam pouco atrativas. Por outro lado, as duas fitas elásticas, sendo componentes menores, seriam coloridas, de amarelo, vermelho, azul, verde etc., criando um contraste chamativo com o resto da peça.

- **Tempo de produção:**

Considerando uma produção inicial artesanal, a produção seria composta basicamente por cortes e colagens das peças de papel e a fixação dos elásticos na face superior da parte móvel. O tempo de produção estimado seria de dez unidades em meia hora, por meio de uma linha de montagem reduzida, dado o tempo de recorte do papel e da colagem das peças.



- **Praticidade:**

Como as únicas necessidades do usuário para poder utilizar o acessório são a colagem do produto no celular, ou capinha, e a inserção dos dedos na fita elástica, pode-se dizer que “*Holdit*” é muito prático, permitindo sua utilização para o mais variado tipo de público.

## 6. Elaboração da Matriz de Decisão

Para realizarmos a escolha entre os dois produtos, aplicamos o conceito de Matriz de Decisão estabelecendo alguns critérios que consideramos importantes para avaliação dos projetos (citados a seguir), escalas de referência para atribuição de *notas* e *índices quantitativos*, e a comparação dos dois projetos em relação a cada um dos critérios.

Para a distribuição das notas relativas para criação da Matriz de Critérios, utilizamos a seguinte correspondência entre Nota e seu significado:

Preferência Relativa de Importância	Nota Relativa
Extremamente mais Importante	5
Muito mais Importante	4
Mais Importante	3
Moderadamente mais Importante	2
Igualmente Importante	1

E, para a distribuição dos índices quantitativos, a escala e o significado de cada índice são dados a seguir:

Qualificação da Preferência	Índice Quantitativo
Extremamente Acentuada	5
Muito Acentuada	4
Acentuada	3
Moderada	2
Indiferente	1

## 6.1. Critérios Utilizados

Os Critérios utilizados para a escolha do Projeto foram:

- a) Durabilidade;
- b) Custo de Produção;
- c) Meio Ambiente;
- d) Conforto;
- e) Estética;
- f) Tempo de Produção;
- g) Praticidade.

## 6.2. Aplicação da Matriz de Decisão para Seleção do Produto

Construindo a Matriz para os Requisitos, obtemos:

	Durabilidade	Custo de Produção	Meio Ambiente	Conforto	Estética	Tempo de Produção	Praticidade
Durabilidade	1,00	1,00	3,00	0,33	0,25	0,50	0,33
Custo de Produção	1,00	1,00	4,00	0,50	0,33	2,00	0,50
Meio Ambiente	0,33	0,25	1,00	0,25	0,25	0,33	0,25
Conforto	3,00	2,00	4,00	1,00	0,50	2,00	1,00
Estética	4,00	3,00	4,00	2,00	1,00	3,00	3,00
Tempo de Produção	2,00	0,50	3,00	0,50	0,33	1,00	0,50
Praticidade	3,00	2,00	4,00	1,00	0,33	2,00	1,00
<b>Total</b>	<b>14,33</b>	<b>9,75</b>	<b>23,00</b>	<b>5,58</b>	<b>3,00</b>	<b>10,83</b>	<b>6,58</b>

E, aplicando a Normalização:

	Durabilidade	Custo de Produção	Meio Ambiente	Conforto	Estética	Tempo de Produção	Praticidade	Média de Cada Linha
<b>Durabilidade</b>	0,07	0,10	0,13	0,06	0,08	0,05	0,05	<b>0,08</b>
<b>Custo de Produção</b>	0,07	0,10	0,17	0,09	0,11	0,18	0,08	<b>0,12</b>
<b>Meio Ambiente</b>	0,02	0,03	0,04	0,04	0,08	0,03	0,04	<b>0,04</b>
<b>Conforto</b>	0,21	0,21	0,17	0,18	0,17	0,18	0,15	<b>0,18</b>
<b>Estética</b>	0,28	0,31	0,17	0,36	0,33	0,28	0,46	<b>0,31</b>
<b>Tempo de Produção</b>	0,14	0,05	0,13	0,09	0,11	0,09	0,08	<b>0,10</b>
<b>Praticidade</b>	0,21	0,21	0,17	0,18	0,11	0,18	0,15	<b>0,17</b>
<b>Total</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
<b>NORMALIZADA</b>								<b>Importância Média</b>

Por esse processo, obtemos os Pesos dos Critérios:

<b>Critérios</b>	<b>Pesos</b>
<b>Durabilidade</b>	<b>0,08</b>
<b>Custo de Produção</b>	<b>0,12</b>
<b>Meio Ambiente</b>	<b>0,04</b>
<b>Conforto</b>	<b>0,18</b>
<b>Estética</b>	<b>0,31</b>
<b>Tempo de Produção</b>	<b>0,19</b>
<b>Praticidade</b>	<b>0,17</b>
<b>Total</b>	<b>1,00</b>

Posteriormente, devemos construir a Matriz para cada um dos Critérios, comparando os dois Projetos; posteriormente, encontramos a Matriz Normalizada e, dela, obtemos os índices quantitativos de cada projeto no Critério Correspondente:

- **Durabilidade:**

Ponderando as Alternativas com base na Durabilidade		
	Projeto 1:	Projeto 2:
Projeto 1:	1,00	2,00
Projeto 2:	0,50	1,00
Total	1,50	3,00

Normalizando a Matriz referente à Durabilidade			
	Projeto 1:	Projeto 2:	Média
Projeto 1:	0,67	0,67	0,67
Projeto 2:	0,33	0,33	0,33
Total	1,00	1,00	1,00

- **Custo de Produção:**

Ponderando as Alternativas com base no Custo de Produção		
	Projeto 1:	Projeto 2:
Projeto 1:	1,00	0,33
Projeto 2:	3,00	1,00
Total	4,00	1,33

Normalizando a Matriz referente ao Custo de Produção			
	Projeto 1:	Projeto 2:	Média
Projeto 1:	0,25	0,25	0,25
Projeto 2:	0,75	0,75	0,75
Total	1,00	1,00	1,00

- **Meio Ambiente:**

Ponderando as Alternativas com base no Meio Ambiente		
	Projeto 1:	Projeto 2:
Projeto 1:	1,00	1,00
Projeto 2:	1,00	1,00
Total	2,00	2,00

Normalizando a Matriz referente ao Meio Ambiente			
	Projeto 1:	Projeto 2:	Média
Projeto 1:	0,50	0,50	0,50
Projeto 2:	0,50	0,50	0,50
Total	1,00	1,00	1,00

- **Conforto:**

Ponderando as Alternativas com base no Conforto		
	Projeto 1:	Projeto 2:
Projeto 1:	1,00	2,00
Projeto 2:	0,50	1,00
Total	1,50	3,00

Normalizando a Matriz referente ao Conforto			
	Projeto 1:	Projeto 2:	Média
Projeto 1:	0,67	0,67	0,67
Projeto 2:	0,33	0,33	0,33
Total	1,00	1,00	1,00

- **Estética:**

Ponderando as Alternativas com base na Estética		
	Projeto 1:	Projeto 2:
Projeto 1:	1,00	1,00
Projeto 2:	1,00	1,00
Total	2,00	2,00

Normalizando a Matriz referente à Estética			
	Projeto 1:	Projeto 2:	Média
Projeto 1:	0,50	0,50	0,50
Projeto 2:	0,50	0,50	0,50
Total	1,00	1,00	1,00

- **Tempo de Produção:**

Ponderando as Alternativas com base no Tempo de Produção		
	Projeto 1:	Projeto 2:
Projeto 1:	1,00	1,00
Projeto 2:	1,00	1,00
Total	2,00	2,00

Normalizando a Matriz referente ao Tempo de Produção			
	Projeto 1:	Projeto 2:	Média
Projeto 1:	0,50	0,50	0,50
Projeto 2:	0,50	0,50	0,50
Total	1,00	1,00	1,00

- **Praticidade:**

Ponderando as Alternativas com base na Praticidade		
	Projeto 1:	Projeto 2:
Projeto 1:	1,00	0,50
Projeto 2:	2,00	1,00
Total	3,00	1,50

Normalizando a Matriz referente à Praticidade			
	Projeto 1:	Projeto 2:	Média
Projeto 1:	0,33	0,33	0,33
Projeto 2:	0,67	0,67	0,67
Total	1,00	1,00	1,00

Com essas Matrizes obtidas, podemos, finalmente, calcular o desempenho de cada um dos projetos em relação aos critérios dados os pesos de cada um dos critérios. Montando essa Matriz, obtemos:

	Durabilidade (0,08)	Custo de Produção (0,12)	Meio Ambiente (0,04)	Conforto (0,18)	Estética (0,31)	Tempo de Produção (0,1)	Praticidade (0,17)	Total
<b>Projeto 1</b>	0,67	0,25	0,5	0,67	0,5	0,5	0,33	<b>0,4853</b>
<b>Projeto 2</b>	0,33	0,75	0,5	0,33	0,5	0,5	0,67	<b>0,5147</b>

### 6.3. Solução Escolhida

Assim, obtemos, por uma sutil diferença de Pontuação, que o melhor projeto, de acordo com os procedimentos e métodos matemáticos utilizados para resolução da Matriz de Decisão, considerando os pesos escolhidos, é o: **Projeto 2 – Holdit**, com **0,5147**, que, portanto, foi o projeto escolhido por nosso grupo para ser levado adiante com a futura elaboração e produção do protótipo, que se seguiu de acordo com o descrito a seguir:

## 7. Layout de Produção Escolhido

Para a realização do processo de fabricação do produto (“Holdit”), o grupo deve ser decomposto em 5 subgrupos, haja visto que a produção deve ser dividida em 5 etapas, caracterizando uma produção própria de uma linha de montagem em que cada parte do grupo se especializa em uma função específica e repetitiva. Este tipo de produção, considerando a estrutura e a natureza simples das componentes do nosso produto, representa a melhor opção pois ele fraciona o trabalho, o que acelera o processo produtivo e garante uma qualidade elevada do produto final, já que cada etapa é inteiramente dedicada à montagem de apenas uma parte, diminuindo as chances de surgirem defeitos (devido a especialização de cada uma das etapas).

### 7.1. Arranjo Produtivo

O processo produtivo adotado, se visualizado de forma global, prevê a implementação dos seguintes estágios produtivos:

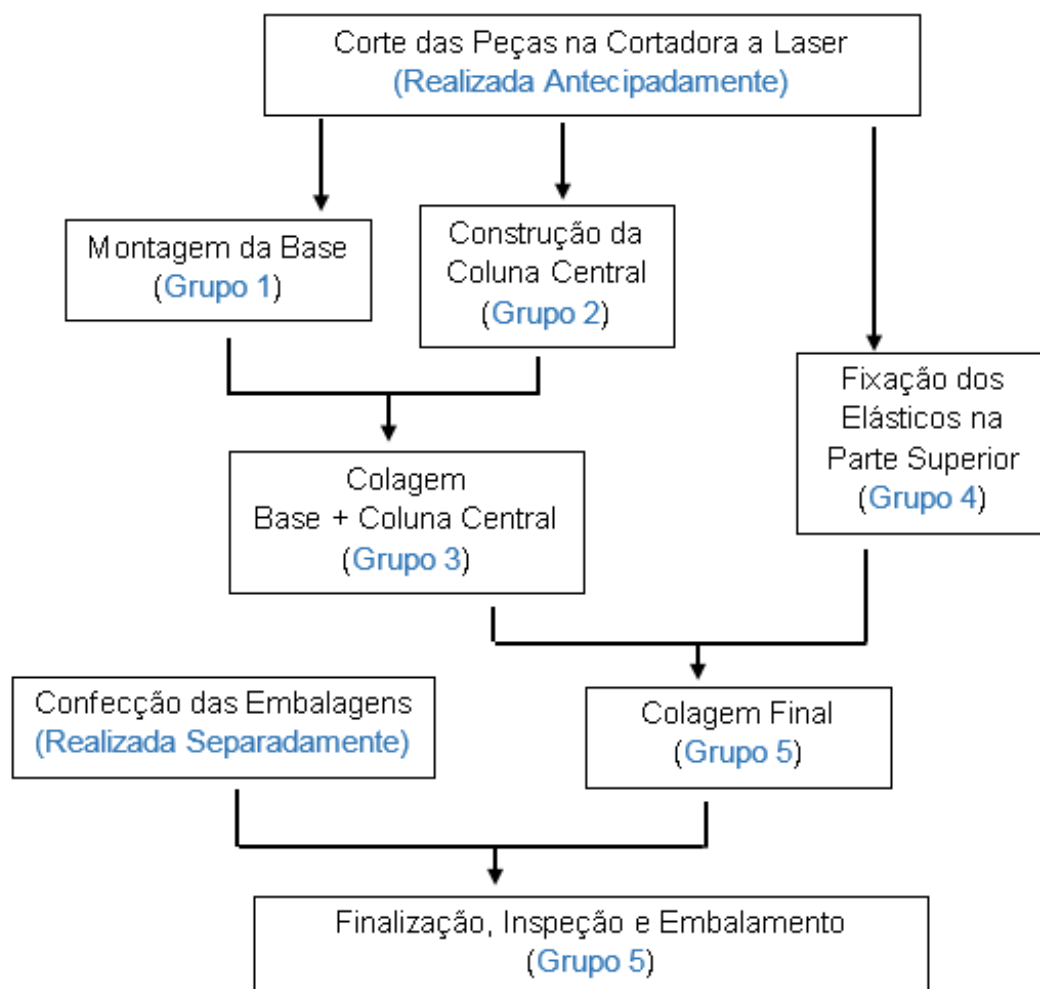
- (i) O Corte das Peças de Papel a partir de uma folha de papel duro de dimensões  $1m \times 0,8m$  utilizando-se uma cortadora a Laser;
- (ii) Montagem da Base do Produto;
- (iii) Construção da coluna (pilha de peças) central;
- (iv) Colagem (Base + Pilha);
- (v) Fixação das Fitas Elásticas na parte superior do produto;
- (vi) Colagem Final;
- (vii) Confeção das Embalagens;
- (viii) Finalização, Inspeção e Embalamento.

Entretanto, consideramos o estágio (i) – Corte das peças de papel e o estágio (vii) – Confeção das Embalagens separadamente dos demais, uma vez que ambos ocorrem independente dos demais, ou seja, espacialmente fora da linha de produção.

Os demais estágios serão etapas da linha de produção, e uma descrição sobre cada uma dessas etapas será mostrada adiante.

O estágio de Corte das Peças deve, obrigatoriamente, anteceder as etapas executadas na linha de produção, já que todas elas requerem, direta ou indiretamente, que as peças já estejam cortadas.

A seguir, representamos esquematicamente o Arranjo produtivo, indicando o modo como eles se relacionam e o grupo responsável por cada etapa do processo:



**Imagem 3 – Arranjo Esquemático da Produção**

No caso do Processo de Fabricação desenvolvido pelo grupo em sala, os Grupos 1, 3, 4 e 5 devem conter apenas um aluno, enquanto que o Grupo 2 deve conter dois, já que a etapa desenvolvida por eles demanda maior tempo.



Atribuindo mais pessoas para o Grupo 2 (responsável pelo estágio de Construção da Coluna (ou Pilha) Central), evitamos que o esse estágio consuma mais tempo do que o viável, o que traria um grande prejuízo a todo processo. Caso isso ocorresse, esse estágio atuaria de forma determinante como gargalo (bottleneck), diminuindo a Taxa de Produção global.

## **7.2. Etapas de Produção na Linha de Montagem**

Assim, as etapas de produção definidas na linha de montagem são:

1. Montagem da Base;
2. Construção das Pilhas (Colunas) Centrais;
3. Colagem (Base + Pilha Central);
4. Fixação dos Elásticos na Parte Superior;
5. Colagem Final, Inspeção e Embalamento.

A seguir, essas cinco etapas de produção são descritas de forma detalhada.

## **8. Descrição das Etapas de Produção**

Para descrever as etapas de produção, convém, antes de tudo, enumerar as peças utilizadas na produção. Essas peças devem ser previamente cortadas, utilizando-se uma cortadora a Laser de forma adequada.

### **8.1. Enumeração das Peças Utilizadas**

O esquema a seguir representa todas as peças de papel utilizadas no produto (além delas, também são utilizadas duas fitas elásticas); também estão representadas as quantidades utilizadas em cada unidade do produto.

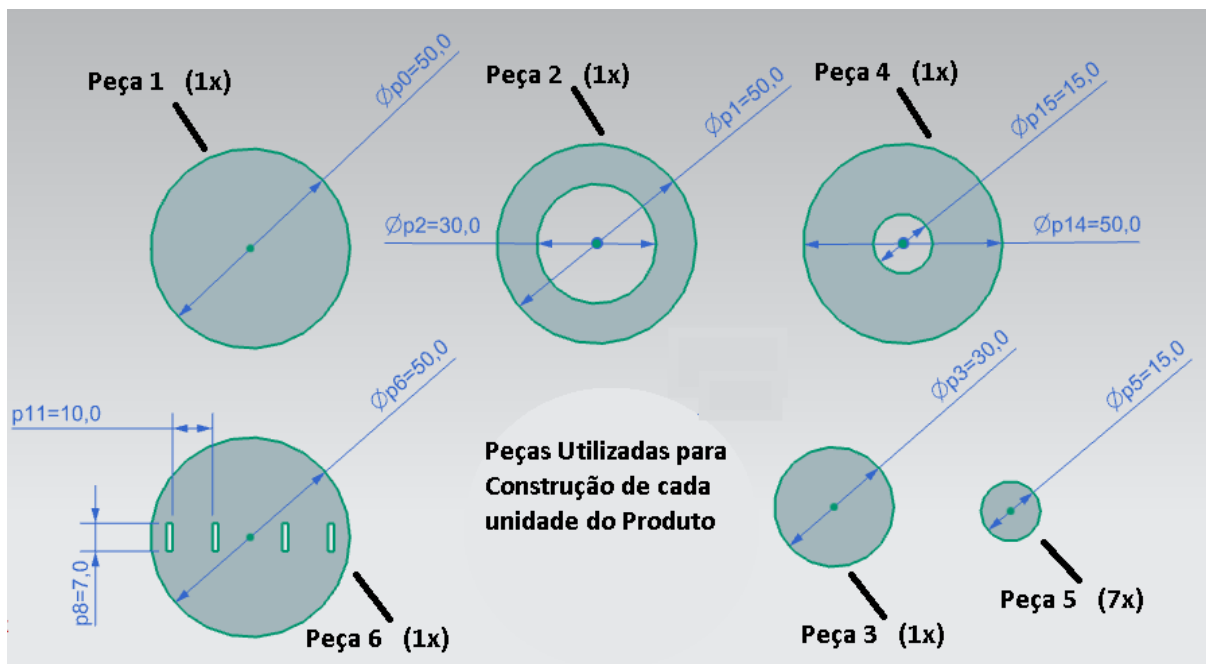


Figura 11 – Representação Ilustrativa das Peças Utilizadas

## 8.2. Etapas Produtivas

### 1) Primeira Etapa – Montagem da Base:

Nessa etapa, a peça 1, que será grudada no celular/capinha, é colada junto a peça 2; a peça 3 é inserida no orifício da peça 2 e, em seguida, a peça 4 é colada nesta última, permitindo o movimento de rotação da peça 3.

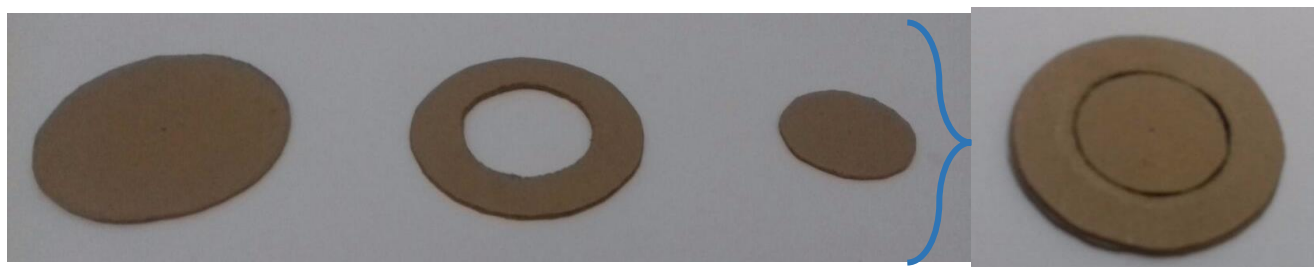


Imagem 4 – União das Peças 1, 2 e 3



Imagem 5 – União da Montagem Parcial da Base com a Peça 4

Também na primeira etapa, uma circunferência (peça 5) da pilha central é colada na peça 3, possibilitando também seu movimento de rotação.

## **2) Segunda Etapa – Construção das Pilhas (Colunas) Centrais:**

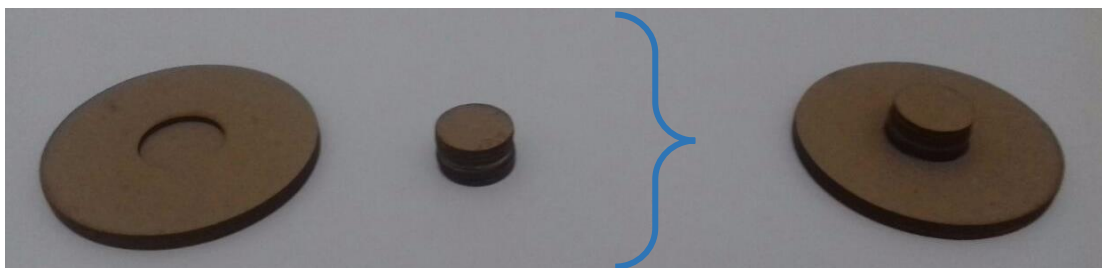
Nessa etapa, basicamente, colam-se 6 círculos (peça 5) de modo que formem uma coluna cilíndrica. Posteriormente, esta pilha será colada naquela circunferência (com mesmo diâmetro da base da coluna) colada anteriormente na peça 3.



**Imagem 6 – Construção das Pilhas Centrais**

## **3) Terceira Etapa – Colagem (Base + Pilha Central):**

Essa etapa consiste simplesmente na colagem da pilha central na circunferência colada na peça 3, garantindo a rotação da pilha inteira.



**Imagem 7 – União da Base com a Pilha Central**

## **4) Quarta Etapa – Fixação dos Elásticos na Parte Superior:**

Essa etapa é realizada separadamente e de modo independente em relação às três primeiras. Nessa parte do processo de produção, as extremidades de dois elásticos, ambos de mesmo comprimento, passam pelos furos da peça 6 e, em seguida, são coladas na parte inferior dessa mesma peça, resultando no encaixe para os dedos.



**Imagem 8 – União da Parte Superior com os Elásticos**

#### **5) Quinta Etapa – Colagem Final, Inspeção e Embalamento:**

A quinta e última etapa do processo produtivo equivale à união da estrutura resultante dos três primeiros subprocessos com a parte superior já dotada de elásticos. Isso é obtido ao colar-se à base superior da coluna cilíndrica a parte inferior da peça 6, verificando que os centros das duas circunferências coincidam.



**Imagem 9 – União da Parte Superior com Restante da Montagem**

Por fim, resta somente inspecionar o produto terminado e colocá-lo na embalagem anteriormente fabricada.



**Imagem 10 – Produto Finalizado e Pronto para ser embalado**

## 9. Conclusão

Por fim, depois de planejadas e executadas todas as etapas de desenvolvimento do produto, que passaram não somente por análises técnicas de Engenharia, mas também pelas etapas de avaliação econômica, relativas ao público-alvo e ao plano de vendas do produto que seria desenvolvido, apresentou-se o projeto a um representante de possíveis investidores, simulando, de fato, uma tentativa de convencimento e venda da nossa ideia.

Tomando por base todo o processo desenvolvido para a escolha da melhor ideia a ser levada adiante em cada etapa e para a tomada de decisões cruciais no projeto, nosso grupo discutiu e analisou detalhadamente as características que estariam presentes no produto final ainda enquanto ele estava sendo criado. Isso nos permitiu ter sempre em mente as qualidades e vantagens que ele oferecia em relação aos produtos já existentes no mercado, por exemplo.

Além disso, conhecendo e definindo precisamente os requisitos necessários para o produto, empregamos conhecimentos para encontrar soluções adequadas, de forma que, quando finalizado, eram claros os requisitos que ele cumpria e, portanto, claras as características e vantagens oferecidas por pelo produto final. E conhecer esses detalhes foi fundamental para apresentar a ideia de forma geral e conseguir convencer outrem de que investir nela seria um bom negócio.