

# IRIS

tecnologia assistiva.



# IRIS

tecnologia assistiva.



## UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB

O presente trabalho foi desenvolvido por alunos da matéria de Projeto de Sistema de Produção 6 da Universidade de Brasília que tem como o objetivo de aplicar as fases iniciais do PDP (Processo de Desenvolvimento do Produto) para o desenvolvimento do projeto de um produto por meio da metodologia Problem Based Learning (PBL).

O trabalho foi desenvolvido com o foco na concepção de uma tecnologia assistiva para atacar o problema da dificuldade de locomoção de deficientes visuais em centros urbanos, em função da presença de buracos e obstáculos acima do nível da cintura. Trata-se de um estudo de caso realizado na Associação de Centro de Treinamento de Educação Física Especial (CETEFE).

Foram aplicados métodos e técnicas das fases iniciais do PDP e como resultado chegou-se a uma concepção do produto e a um teste de protótipo.

Brasília-DF  
Outubro/2019

## Lista de Figuras

Figura 1 - Cego sendo conduzido por cão-guia	24
Figura 2 - Representação do deficiente visual utilizando piso tátil e uma bengala longa	24
Figura 3 - Mapa tecnológico por tempo decorrido.	26
Figura 4 - Porcentagens do custo meta	29
Figura 5 - Estratégia da empresa	32
Figura 6 - Canvas de valor.	36
Figura 7 - Canvas de negócio.	36
Figura 8 - Etapas do projeto informacional.	37
Figura 9 – Exemplo de QFD	45
Figura 10 - Requisitos de Relacionamento	58
Figura 11 - Função Global	62
Figura 12 - Modelagem funcional 1 – Bengala	63
<b>Figura 13 - Modelagem Funcional 2 – Óculos</b>	<b>63</b>
Figura 14 - Modelagem Funcional 3 – Dispositivo Encaixável	64
<b>Figura 15 - Modelo da Matriz Indicadora de Módulos</b>	<b>70</b>
Figura 16 - Concepção 1 virtual e desenho manual	74
Figura 17 - Concepção 2 virtual e desenho manual	75
Figura 18 - Concepção 3 virtual e desenho manual	76
Figura 19 - Matriz de Pugh	77
Figura 20 – Sistemas, Subsistemas e Componentes	81
Figura 21 - Ligação dos componentes	99
Figura 22 - Componentes montados e soldados	100
Figura 23 - Componentes montados presos na bengala	101

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Pessoas com deficiência por região	13
Tabela 2 – Análise dos Concorrentes	16
Tabela 3 – Legislação para deficiência visual	18
Tabela 4 - Análise de patentes existentes.	20
Tabela 5 - Preço dos concorrentes	26
Tabela 6 - Salário mínimo por hora	27
Tabela 7 - Proporção dos preços por salário mínimo	27
Tabela 8 - Custo meta do produto	28
Tabela 9 - Cálculo do custo de desenvolvimento	29
Tabela 10 - Horas e semanas previstas para o desenvolvimento do produto.	30
Tabela 11 - Investimento inicial e custos.	31
Tabela 12 – Vendas anuais	33
Tabela 13 - Indicadores financeiros.	34
Tabela 14 - Ciclo de vida do produto	37
Tabela 15 - Levantamento das Necessidades do Cliente	40
Tabela 16 – Matriz de Atributos	41
Tabela 17 - Matriz de Cenários.	43
Tabela 18 - Legenda Diagrama de Kano	46
Tabela 19 - Diagrama de Mudge.	49
Tabela 20 - Benchmarking competitivo.	51
Tabela 21 - Requisitos do Produto	53
<b>Tabela 22 - Requisitos do Produto</b>	<b>54</b>
Tabela 23 - Relação final das especificações meta.	58
Tabela 24 - Restrições	60
Tabela 25 - Matriz de Seleção de Alternativa de Estrutura Funcional	64
Tabela 26 – Matriz Morfológica	65
Tabela 27 - Requisitos de Produto Conflitantes x Parâmetros de Engenharia	67
Tabela 28 - Princípios de Solução da TRIZ	67
Tabela 29 - Matriz Indicadora de Módulos	70
Tabela 30 - Bill of Materials	81
Tabela 31 - Revisão das especificações meta	84
Tabela 32 - Custos de Operação no Cenário Realista	87
<b>Tabela 33 - Indicadores Financeiros Revisados</b>	<b>88</b>
<b>Tabela 34 - Indicadores Financeiros Revisados</b>	<b>89</b>
Tabela 35 – Tempo planejado e executado	89
<b>Tabela 36 - Indicadores Financeiros Revisados</b>	<b>91</b>
Tabela 37 - Componentes utilizados no protótipo	95

## Lista de gráficos

Gráfico 1 - Fluxo de Caixa Otimista	32
Gráfico 2 - Fluxo de Caixa Realista.	33
Gráfico 3 - Fluxo de Caixa Pessimista.	33
Gráfico 4 - Diagrama de Kano	46
Gráfico 5 – Pareto dos requisitos	50
Gráfico 6 - Custos de Operação no Cenário Realista - Porcentagens	88
Gráfico 7 - Fluxo de Caixa Otimista Inicial.	91
Gráfico 8 - Fluxo de Caixa Otimista Revisado.	92
Gráfico 9 - Fluxo de Caixa Realista Inicial.	92
Gráfico 10 - Fluxo de Caixa Realista Revisado.	92
Gráfico 11 - Fluxo de Caixa Pessimista Inicial.	93
Gráfico 12 - Fluxo de Caixa Pessimista Revisado.	93

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. PRÉ-DESENVOLVIMENTO	11
2.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	11
2.2 DEFINIÇÃO DOS CLIENTES	13
2.2.1 Mercado	13
2.2.1.1 Levantamento dos dados primários	14
2.3 VIABILIDADE TÉCNICA	16
2.3.1 Concorrentes	16
2.3.2 Legislação	18
2.3.3 Patentes	19
2.3.4 Tecnologias Existentes	22
2.3.5 Mapa Tecnológico	25
2.4 VIABILIDADE ECONÔMICA	25
2.4.1 Custo meta do produto	26
2.4.2 Custo de desenvolvimento do projeto	29
2.4.3 Fluxo de caixa e indicadores financeiros	30
2.5 CANVAS DE VALOR E DE NEGÓCIO	34
3. PROJETO INFORMACIONAL	36
3.1. DEFINIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO	36
3.2. CICLO DE VIDA DO PRODUTO	37
3.3 COLETA DE NECESSIDADES DOS CLIENTES	38
3.3.1 Entrevistas com potenciais usuários	38
3.3.2 Entrevista com especialistas	38
3.3.3 Pesquisas de opinião do usuário	39
3.4 MATRIZ DE ATRIBUTOS	41
3.5 CONVERSÃO DAS NECESSIDADES EM REQUISITOS	43
3.6 CASA DA QUALIDADE	44
3.7. DIAGRAMA DE KANO	45
3.8. DIAGRAMA DE MUDGE	47
3.8.1 Diagrama de Pareto	50
3.9 BENCHMARKING COMPETITIVO	51

3.10 CONVERSÃO DOS REQUISITOS DO CLIENTE EM REQUISITOS DO PRODUTO	52
3.11 MATRIZ DE RELACIONAMENTO	54
3.12 MATRIZ DE CORRELAÇÃO	56
3.13 ESPECIFICAÇÕES META	57
3.14 INFORMAÇÕES ADICIONAIS	60
<b>4. PROJETO CONCEITUAL</b>	<b>61</b>
<b>4.1. MODELAGEM FUNCIONAL</b>	<b>61</b>
4.1.1. Seleção da Estrutura Funcional	64
<b>4.2. DESENVOLVIMENTO DOS PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO</b>	<b>65</b>
4.2.1. Matriz Morfológica	65
4.2.2. Teoria da Solução Inventiva de Problemas (TRIZ)	66
<b>4.3. DEFINIÇÃO DA ARQUITETURA DO PRODUTO</b>	<b>69</b>
4.3.1. Matriz Indicadora de Módulos	69
4.3.2. Desenvolvimento das Concepções	72
4.3.2.1 Concepção 1	72
4.3.2.2 Concepção 2	73
4.3.2.3 Concepção 3	74
4.3.3. Seleção da Concepção	76
4.3.4. Otimização da Concepção do Produto (DFX)	77
<b>4.4. DETALHAMENTO DA CONCEPÇÃO DO PRODUTO</b>	<b>79</b>
4.4.1. Análise dos Sistemas, Subsistemas e Componentes	79
4.4.2. Definição de Materiais	81
<b>4.5. Análise de Valor</b>	<b>83</b>
<b>5. REVISÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA</b>	<b>84</b>
<b>6. REVISÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA</b>	<b>87</b>
<b>6.1. CUSTO META</b>	<b>87</b>
<b>6.2. CUSTO DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO</b>	<b>89</b>
<b>6.3. CUSTO TOTAL DO INVESTIMENTO</b>	<b>90</b>
<b>6.4. FLUXO DE CAIXA E INDICADORES</b>	<b>91</b>
<b>7. CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO</b>	<b>94</b>
<b>7.1. COMPONENTES UTILIZADOS</b>	<b>95</b>
<b>7.2. CÓDIGO UTILIZADO</b>	<b>96</b>
<b>7.3. ESQUEMA DE LIGAÇÃO DOS COMPONENTES</b>	<b>98</b>

7.4. PROCESSO DE CONSTRUÇÃO	99
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
9. LIÇÕES APRENDIDAS	103
9.1. PRÉ DESENVOLVIMENTO	103
9.2. PROJETO INFORMACIONAL	103
9.3. PROJETO CONCEITUAL	104
REFERÊNCIAS	105

# 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento do projeto de um produto com base nas fases de desenvolvimento definidas por Rozenfeld et al. (2006): Pré-desenvolvimento, projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado.

Inicialmente é necessário definir o problema a ser trabalhado, bem como os clientes, desta forma, este trabalho foi realizado no CETEFE (Centro de Treinamento de Educação Física Especial), organização que presta serviços a pessoas com algum tipo de deficiência. Durante a conversa com professores do CETEFE identificou-se que o problema da locomoção de deficientes visuais nas vias urbanas é recorrente e causa danos aos deficientes, uma vez que as vias urbanas não possuem infraestrutura adequada. A partir, definiu-se que o projeto terá o objetivo de desenvolver um produto que auxilie a locomoção do público de deficientes visuais.

A deficiência visual é caracterizada pela perda das funções básicas do olho e do sistema visual. São classificadas em dois grupos de deficiência: baixa visão e cegos. Os cegos são caracterizados pela completa perda de visão, sem percepção visual de luz e forma, já os “baixa visão” possuem diversos níveis, porém geralmente são caracterizados como pessoas com condição na qual a visão não pode ser totalmente corrigida por óculos, interferindo em suas atividades diárias.

Após a definição dos clientes e usuários do produto, seguiu-se com as etapas de desenvolvimento de projeto citadas acima.

## 2. PRÉ-DESENVOLVIMENTO

O pré-desenvolvimento engloba as primeiras etapas do desenvolvimento de produtos, onde são tomadas decisões de elevada importância no momento que possui maior grau de incerteza no projeto. Para tanto, é necessário se trabalhar com um alto volume de informações, a fim de minimizar os riscos das tomadas de decisões nessa etapa do desenvolvimento de produtos.

É nessa etapa, portanto, que é identificado o principal problema a ser tratado no projeto, bem como identificação de possíveis clientes e suas principais necessidades relativas ao produto em desenvolvimento. Para isso foram elaboradas entrevistas qualitativas visando corroborar a existência do público e compreender melhor suas necessidades.

Além disso, foi realizada uma análise da viabilidade técnica do produto, por meio de estudos sobre as condições das inovações tecnológicas no ambiente, legislações relacionadas a esse tipo de tecnologia, concessões de patentes e de possíveis concorrentes ao produto no mercado atual, também mensurado durante a fase de pré-desenvolvimento.

A partir da análise das tecnologias existentes e da concorrência foi possível definir o custo meta do produto, que serviria de base para o cálculo dos custos mais destrinchados do produto, além da viabilidade econômica do projeto. Por último foram elaborados o Canvas de negócio e de valor, esboçando o novo modelo de negócios, a proposta de valor e o segmento de clientes.

### 2.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

É consenso entre os especialistas que a inovação social é o caminho para solucionar os problemas sociais de forma mais efetiva e sustentável, migrando do modelo de assistencialismo para ações que realmente transformem a realidade das populações mais necessitadas. É fundamental entender e avaliar as melhores soluções para os problemas apontados, como mobilidade, moradia, coleta de lixo e alimentação, com serviços e produtos que atendam de forma efetiva à sociedade e possibilitem um crescimento inclusivo e consistente.

A primeira etapa do planejamento de desenvolvimento do produto consiste na análise dos gargalos existentes na sociedade atualmente. Com o intuito de gerar impacto social, no presente trabalho, buscou-se problemas que estivessem presentes no dia a dia de pessoas mais vulneráveis às condições estruturais da sociedade, os deficientes, nesse caso, visuais. Dentre muitos centros especializados no Distrito Federal, escolheu-se o CETEFE (Centro de Treinamento de Educação Física Especial) como cliente do projeto.

O CETEFE é uma organização não governamental que proporciona modalidades esportivas adaptadas e orientação funcional às pessoas com necessidades especiais. Além de treinamentos para cegos, o centro também atende outros tipos de deficiência física, possibilitando a inclusão dessas pessoas no esporte. Elas não só praticam os esportes, como treinam para competições.

Ao entrevistar assistentes do CETEFE, muitos problemas foram levantados em relação ao que eles viam no acompanhamento dos deficientes, vários desses problemas eram voltados a execução de esportes adaptados. Entretanto, notou-se que a inclusão social cotidiana de algumas dessas pessoas ainda é precária, devido a fatores como falta de acessibilidade de centros urbanos.

No caso dos cegos ou baixa visão, um dos problemas ocasionados pela falta de acessibilidade diz respeito à dificuldade de locomoção nos centros urbanos. Existem algumas ferramentas que visam auxiliar na locomoção da pessoa com deficiência visual, como a bengala longa. No entanto, a bengala longa se torna ineficiente em relação a alguns obstáculos em altura, localizados acima da linha da cintura do usuário (Dummer, 2018).

Alguns produtos que solucionam esse problema já estão presentes no mercado de países como Estados Unidos, Holanda e Reino Unido, mas ainda não são comercializados os produtos dessa tecnologia no mercado brasileiro. Além do que existem outros gargalos relacionados à incapacidade de detectar buracos no caminho, como os desniveis comuns encontrados nas calçadas. Dessa forma, definiu-se o problema por: **dificuldade de locomoção de deficientes visuais em centros urbanos, em função da presença de buracos e obstáculos acima do nível da cintura.**

## 2.2 DEFINIÇÃO DOS CLIENTES

Os clientes são divididos de acordo com o ciclo de vida do produto e do mercado. Dessa forma, existe um mercado atual que pode ser estudado de acordo os dados demográficos e um mercado alvo e futuro, que pode ser previsto de acordo com projeções de crescimento e estimativa de alcance do produto.

### 2.2.1 Mercado

Para a definição do mercado potencial para o produto utilizou-se dados do IBGE 2010, sobre deficientes visuais no Brasil, uma vez que o produto será comercializado no Brasil.

O IBGE enquadra em deficientes visuais as pessoas que são incapazes de enxergar e pessoas com baixa visão, ou visão subnormal. Desta forma, os dados revelam que, em 2010, a quantidade de deficientes visuais no Brasil era em torno de 6,5 milhões de pessoas, divididas em 528.624 pessoas que são incapazes de enxergar e 6.056.654 que possuem baixa visão ou visão subnormal.

A tabela 1 indica a quantidade de deficientes visuais por região do Brasil.

Tabela 1 - Pessoas com deficiência por região

Região	Total de Pessoas	% da População Local
Norte	574.823	3,6%
Nordeste	2.192.455	4,1%
Sudeste	2.508.587	3,1%
Sul	866.086	3,2%
Centro-Oeste	443.357	3,2%

FONTE: Fundação Dorina. Disponível em:  
<https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/estatisticas-da-deficiencia-visual/>

Com isso, delimitou-se o mercado alvo de atuação a pessoas incapazes de enxergar e com baixa visão ou visão subnormal, não incluindo pessoas com dificuldades de enxergar permanente, corrigidas por óculos ou lentes de contato.

Para realizar a previsão da quantidade de deficientes visuais no Brasil em 2021, ano em que o produto será lançado no mercado, utilizou-se dados do Banco Mundial, 2017, em que a taxa de crescimento no Brasil é em torno de 0,8% ao ano. Desta forma pôde-se prever a quantidade de deficientes no Brasil em 2021. Aplicando a taxa de crescimento de 0,8% no valor total de deficientes visuais no Brasil em 2010, por 11 anos, prevê-se o número de 7.420.000 deficientes visuais em 2021.

Para mensurar o tamanho em potencial desse mercado, utilizou-se o dado de um estudo realizado pela Perkins School For The Blind e fez-se uma inferência ao mercado brasileiro. O estudo diz que a quantidade de pessoas que utiliza bengalas para auxílio à locomoção devido a deficiência visual, corresponde a aproximadamente 5% do total de deficientes.

Desta forma, do mercado total de 7.420.000, identificou-se um **mercado futuro** em potencial de 371.000 possíveis usuários do produto. Ao aplicar o Market Share de 0,05%, tem-se que o total estimado de usuários no segundo semestre de 2021 (lançamento previsto do produto) será de 94 pessoas. A partir disso, o crescimento do Market Share depende do cenário de vendas do produto.

### 2.2.1.1 Levantamento dos dados primários

Para o levantamento de dados primários, realizou-se um questionário para guiar as entrevistas realizadas pessoalmente com os potenciais consumidores-chave. Totalizaram-se em 20 entrevistas, que tiveram caráter qualitativo e foram realizadas na Associação no cliente CETEFE, no Centro de Ensino Especial de Deficientes Visuais de Brasília e na Associação Brasiliense de Deficientes Visuais (ABDV).

A principal dificuldade relatada durante a aplicação dos questionários foi a dificuldade de locomoção nos centros urbanos, uma vez que estes não possuem infraestrutura adequada para o deficiente visual se locomover sem que esbarre em algum obstáculo.

Uma mulher de 33 anos que possui baixa visão relatou que ao se locomover na cidade, esbarra com objetos acima do tronco, como retrovisores de carros e orelhões, uma vez que a bengala que ela utiliza não detecta a presença de tais objetos, e não há sinalização adequada nas ruas sobre a presença desses objetos.

Além disso a mesma pessoa relatou outra dificuldade presenciada por seu irmão, que perdeu completamente a visão aos 7 anos, em relação à presença de buracos nas calçadas, muitas vezes ele cai em buracos por não haver sinalização e pelo fato de a bengala não identificar a presença de buracos na trajetória.

Outro entrevistado foi um homem de 36 anos que também possui baixa visão, que relatou durante a entrevista não usar bengalas ou qualquer outro dispositivo de auxílio à locomoção, por sentir-se constrangido de mostrar para as pessoas ao redor que ele possui dificuldades de enxergar. Segundo ele utilizar uma bengala seria mostrar que ele é completamente cego e ele não sente que necessita de auxílio como uma pessoa completamente cega necessita, o que pode não ser compreendido por quem vê.

Além disso, também foi realizada uma visita à Associação Brasiliense de Deficientes Visuais, onde pode-se entrevistar a presidente e o vice-presidente da associação. A presidente possui cegueira total, enquanto o vice-presidente possui elevado grau de baixa visão. Ambos relataram enorme dificuldade de locomoção no meio urbano, principalmente em função da infraestrutura inadequada e falta de adaptações para portadores de deficiência visual.

Os entrevistados da ABDV relataram que hoje, no mercado, não existe um produto que satisfaça completamente as necessidades deles. O vice-presidente da associação relatou que há poucos anos foram realizados testes com protótipos de bengalas eletrônicas que detectam objetos por meio de ondas ultrassônicas, porém o resultado não foi satisfatório. A bengala informava objetos que estavam além da trajetória que o usuário percorria, como, por exemplo, informando objetos que estavam bem acima da linha da cabeça, os deixando assim ainda mais confusos para se locomover.

Além dos problemas já relatados, uma professora baixa visão de natação do CETEFE disse “se eu que sou baixa visão há 20 anos ainda tenho dificuldade de locomoção nos centros urbanos, como, por exemplo, atravessar uma rua, imagine quem não enxerga/enxergou nada”. Essa afirmação da professora é confirmada por um menino de 15 anos, cego total, que mostrou total insegurança em sair na rua sem a companhia de sua mãe.

Por mais que a maioria dos entrevistados nunca tenha utilizado qualquer dispositivo eletrônico para auxílio da locomoção, todos demonstram interesse na

aquisição de aparelhos mais precisos e que proporcionem mais segurança nos meios urbano, pois são poucos os espaços intactos, principalmente no Brasil.

## 2.3 VIABILIDADE TÉCNICA

### 2.3.1 Concorrentes

Para iniciar a viabilidade técnica de produção de algum produto que venha a sanar o problema em questão, iniciou-se com a análise de possíveis concorrentes já existentes no mercado brasileiro e internacional. É interessante ressaltar que o termo “concorrentes” nesse caso não se refere necessariamente a algum competidor de mercado que possua o mesmo produto, mas sim que possua algum produto que resolva em partes a mesma dor encontrada. Com essa análise é possível entender como os concorrentes estão posicionados e quais as oportunidades que podem ser exploradas pela equipe do projeto. A tabela abaixo traz os exemplos de concorrentes encontrados com o seu respectivo preço médio, vantagens e desvantagens:

Tabela 2 – Análise dos Concorrentes

Concorrente	Preço Médio	Vantagem	Desvantagem	Foto / Referência
Bengala Comum - Marca Ambutech	R\$ 250,00	Fácil uso, alta durabilidade e leve.	Erros em detecção de buracos e objetos acima do nível da cintura.	 <a href="https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-928428625-bengala-basto-dobravel-cegos-deficiente-visual-aluminio-_JM#position=12&amp;type=item&amp;tracking_id=f6a7d579-a670-495b-846b-c4977a2a6de5">https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-928428625-bengala-basto-dobravel-cegos-deficiente-visual-aluminio-_JM#position=12&amp;type=item&amp;tracking_id=f6a7d579-a670-495b-846b-c4977a2a6de5</a>

Bengala Eletrônica - Marca Amplas Visão	R\$ 800,00	Detecta objetos, preço regular.	Pouco Discreta, não detecta buracos.	
Bengala Eletrônica Importada - Ultra Cane	R\$ 2.857,50	Detecta obstáculos a curta, média e longa distância no chão e no alto.	Não detecta buracos no percurso, preço alto.	
Bengala Eletrônica Importada - We Walk - Smart Cane	R\$ 1.996,00	Detecta objetos da altura dos pés até a altura da cabeça, narra objetos, possui sistema GPS integrado, botão de emergência, compartilhamento de localização e reconhecimento da luz ambiente.	Não detecta buracos no percurso, preço alto.	

Fonte: Autoria Própria, 2019.

## 2.3.2 Legislação

Para que um produto seja lançado com sucesso e ter perpetuidade no mercado, é fundamental levantar as normas que tenham ligação com o ciclo de vida do produto. A partir desse levantamento, o projeto recebe restrições que já direcionam o trabalho que deve ser feito de acordo com o pretendido pela empresa.

A tabela a seguir discrimina as leis e normas principais do assunto, de acordo com a contextualização e assunto:

Tabela 3 – Legislação para deficiência visual

Lei	Assunto	Contexto
Decreto número 5.296/2004	Leis de prioridade ao atendimento de portadores de deficiências	Dá prioridade de atendimento e estabelece critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida
LEI N° 13.146/2015	Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)	Possui leis gerais da inclusão da pessoa com deficiência
LEI N° 11.126/2005	Lei do Cão Guia	Regulamenta o direito da pessoa com deficiência visual ingressar e permanecer em ambientes de uso coletivo acompanhado de cão-guia.
Lei nº 6.340/2019	Lei da Bengala Verde	Prevê o uso da “Bengala Verde” como instrumento de auxílio e identificação de pessoas com baixa visão.
Projeto de Lei nº 10425/18	Projeto de lei para isenção de impostos para produtos de tecnologia assistiva	Pretende conceder isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) sobre produtos de tecnologia assistiva destinados às pessoas com deficiência.
LEI N° 8.078	Código de Proteção e	Dispõe normas gerais

/1990	Defesa do Consumidor	sobre a relação de consumo e proteção do consumidor.
ABNT NBR 16537/2018	Norma de Sinalização tátil no piso	Estabelece critérios relacionados ao projeto de pisos táteis
Lei nº 11.442/2007	Leis do transporte rodoviário de cargas	Dispõe sobre o transporte rodoviário de cargas por conta de terceiros e mediante remuneração
Decreto Lei nº 1.102/1903	Lei de empresas de armazenagem	Institui regras para o estabelecimento de empresas de armazéns gerais, determinando os direitos e obrigações dessas empresas
LEI N° 12.305/2010	Política Nacional de Resíduos Sólidos	Referente ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos

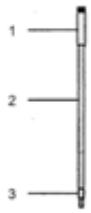
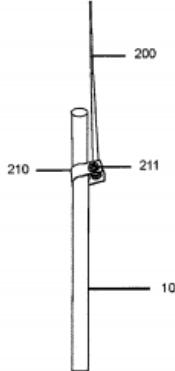
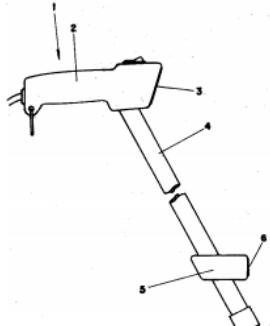
Fonte: Autoria Própria, 2019.

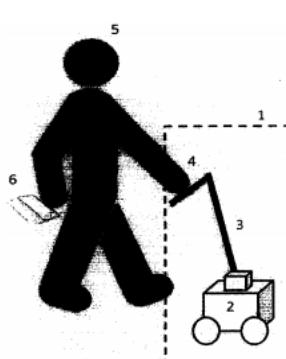
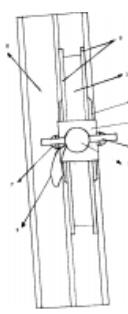
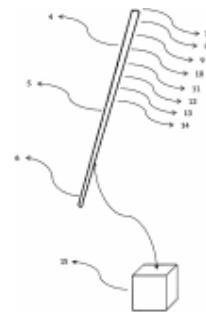
### 2.3.3 Patentes

A fim de complementar o estudo da viabilidade técnica inicial, é de fundamental importância realizar uma busca por patentes para aprimorar o conhecimento sobre o estado tecnológico de determinada inovação. As patentes registradas no mercado reservam o direito ao titular de ter exclusividade na exploração comercial da mesma, impedindo que terceiros se apropriem da invenção, fabricando, utilizando ou mesmo as vendendo.

A busca pelas patentes foi realizada através do guia básico de patentes do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Economia que, entre outros serviços, oferece os registros de marcas, desenhos industriais, programas de computador e concessões de patentes.

Tabela 4 - Análise de patentes existentes.

Título	Desenho	Descrição	Ano	Código da patente
Bengala para cegos		Bengala simples com ponteira multifuncional para qualquer tipo de piso.	2005	PI 0302635-3 A
Bengala eletrônica		Bengala com sensores ultrassônicos que detectam objetos acima da linha de cintura	2018	UM 8601042-5 Y1
disposição construtiva em bengala para deficientes visuais		Disposição construtiva de bengala tradicional com uma estrutura telescópica que indica a presença de obstáculos não detectados pela bengala.	2011	MU8902118-5 U2
Bengala para deficiente visual com sistema eletrônico para aviso de presença de obstáculos frontais		Bengala com central eletrônica colocada na empunhadura, indica de forma sonora a presença de obstáculos no meio do caminho.	2014	BR 10 2012 020647-1 A2

Bengala Robótica		Bengala com uma plataforma que fica em contato com o solo e sensores para detectar obstáculos. Se comunica com smartphones ou computadores para obter trajetórias e guiar o usuário.	2014	BR 10 2013 004370-2 A2
Bengala rotativa magnética para deficiente visual		Bengala rotativa magnética com função de direcionar deficientes visuais.	2016	BR 102014013520-0 A2
Disposição introduzida em bengala com equipamento ultrassônico para auxiliar na locomoção de deficientes visuais		Bengala locomotora que integra um dispositivo eletrônico detector que avisa o usuário se há algum obstáculo prejudicial ao seu avanço.	2016	BR 202013027754-7 U2
Bengala inteligente para auxílio à locomoção de deficientes visuais		Arquitetura de sistema baseada em bengala eletrônica que auxilia deficientes visuais a se locomoverem em vias públicas e ambientes fechados, sendo capaz de fazer o reconhecimento e identificação	2016	BR 202014022127-7 U2

		de objetos na linha de cintura e cabeça, bem como desniveis, além de identificar pessoas.		
Óculos inteligente para deficientes visuais		Tem a função de ajudar na locomoção do deficiente visual, protegendo-o de obstáculos da parte superior do corpo. Identifica os objetos por meio de um sensor de proximidade e avisa o usuário por vibrações	2018	BR 102016017796-0 A2
Óculos para auxiliar na locomoção de deficientes visuais		Se destina a alertar os usuários da presença de objetos e de outra pessoas a partir da emissão de sinais sonoros ou pela vibração dos óculos.	2017	BR 102016005217-3 A2

Fonte: Autoria Própria, 2019.

### 2.3.4 Tecnologias Existentes

Segundo Bersch et al. (2019), o termo Assistive Technology, traduzido no Brasil como Tecnologia Assistiva, foi criado em 1988 como importante elemento jurídico dentro da legislação norte-americana. No Brasil, o Comitê de Ajudas Técnicas - CAT propõe o seguinte conceito para a tecnologia assistiva: "Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social".

Apesar do termo técnico ter surgido no final do séc. XX, as tecnologias assistivas existem há milênios, com um grau de complexidade que vem aumentando exponencialmente com o tempo. Na antiguidade, há relatos de que a forma como os cegos sentiam e entendiam o mundo era com o uso de bastão, vara e, até mesmo, cajado. Além disso, há registros na Roma antiga e no continente Asiático e Europeu, na Idade Média, de cães conduzindo os cegos.

Só a partir de 1780, cães começaram a ser treinados de forma sistemática no hospital 'Les Quinze-Vingts' para cegos em Paris. A partir daí, os cães começaram a ser mais utilizados por cegos com o intuito de guiá-los, ganhando o termo "cão-guia" por Johann Wilhelm Klein, fundador do Instituto de Educação de Cegos (Blinden-Erziehungs-Institut) em Viena, em seu livro sobre educação de cegos e descreveu o conceito de cão-guia em seu livro seu método para treinar cães.

Figura 1 - Cego sendo conduzido por cão-guia



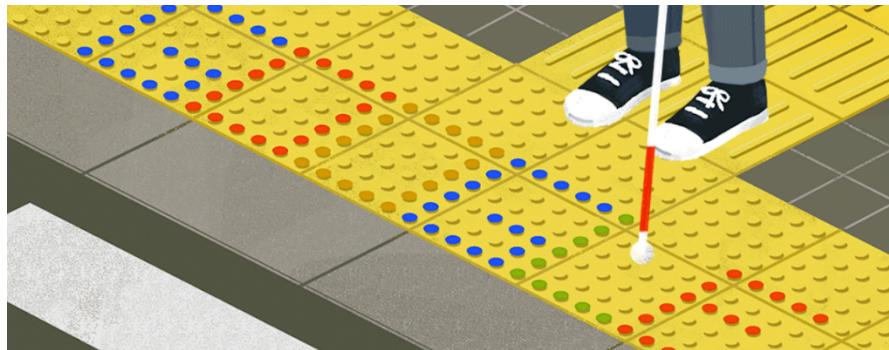
Fonte: <https://wagwalking.com/training/train-a-guide-dog-for-the-blind>

Entretanto, somente no início do século XX, em um contexto de Revolução industrial, que foram formalizadas as tecnologias voltadas aos deficientes visuais. A "primeira" delas foi a bengala para cegos, também conhecida como *White Cane*, que surgiu em 1930, nos Estados Unidos, com uma lei de incentivo ao uso da bengala por deficientes visuais para que fossem mais facilmente reconhecidos nas ruas.

Em 1940, após a chegada de muitos soldados cegos, decorrente da Segunda Guerra mundial, o Tenente Oftalmologista Richard Hoover, propôs estudar e tratar o problema da cegueira e o mecanismo da marcha. Segundo Cerqueira (2011),

Hoover desenvolveu técnicas específicas de locomoção e criou um modelo padronizado de bengala longa, ainda universalmente adotados.

Figura 2 - Representação do deficiente visual utilizando piso tátil e uma bengala longa



Fonte:

<https://www.google.com/logos/doodles/2019/celebrating-seiichi-miyake-5109857001668608-2xa.gif>

Desde o início do séc. XXI, as inovações tecnológicas em bengalas vêm sendo estudadas, prototipadas e lançadas no mundo todo. No Brasil, muito estudos têm sido feitos a respeito de bengalas eletrônicas, mas poucos saem da fase de prototipagem e patente. Já no exterior, existem alguns modelos no mercado. Esse tipo de bengala faz uso da eletrônica, da computação e da robótica para implementar elementos como sensores, gps, chips, alertas vibratórios e muitos outros elementos que visam multiplicar ainda mais a independência e segurança com o uso da bengala nos meios urbanos.

Enquanto no Brasil, os estudos não saem do papel, em países mais desenvolvidos, as prototipagens e lançamentos só evoluem. Percebeu-se, que com tanto avanço tecnológico, outros artifícios poderiam ser acoplados nas bengalas, melhorando ainda mais o desempenho das mesmas e dando cada vez mais segurança aos usuários. Dessa forma, surgiu um conceito novo, conhecido como Bengala Inteligente.

Esse tipo de bengala é capaz de traçar rotas e identificar placas que possuem códigos QR (*Quick Response*), de forma a ajudar o usuário a atravessar ruas ou encontrar estabelecimentos. A bengala pode ser emparelhada com o sistema Bluetooth de um smartphone para facilitar o controle. Como também pode ser integrada a outros softwares como o *Voice Assistant* e *Google Maps*. Ela

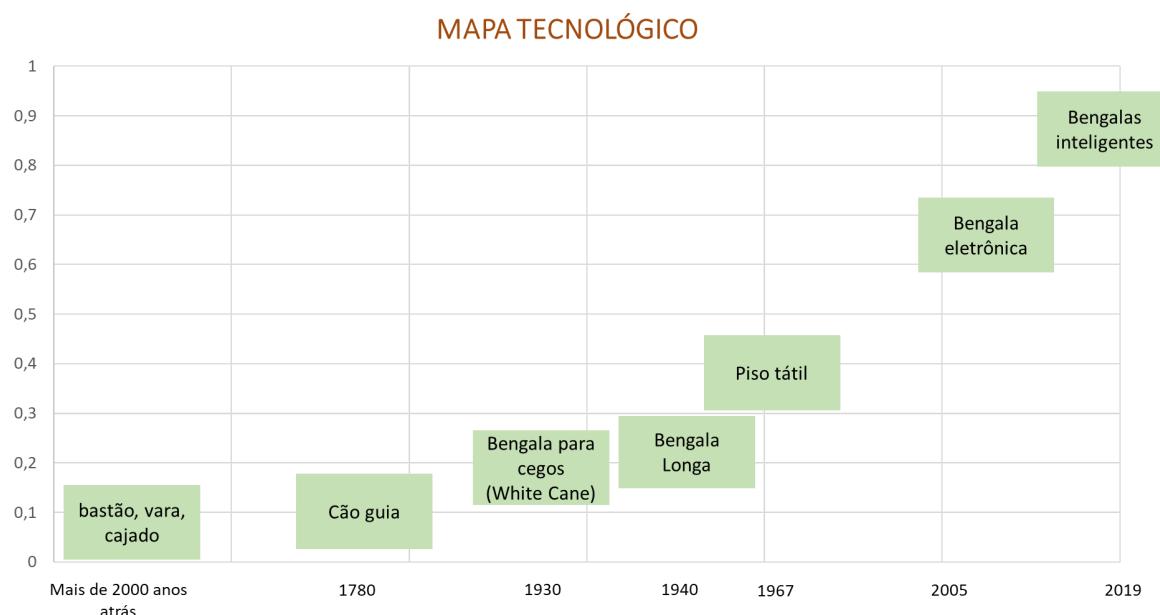
pode utilizar os alto-falantes embutidos em sua estrutura para informar o usuário sobre lojas próximas e detalhes na infraestrutura das ruas e calçadas, entre outras funcionalidades.

Segundo o criador da bengala concorrente WeWalk, “Atualmente estamos falando sobre carros voadores, mas as pessoas têm usado bengalas normais. Como uma pessoa cega, quando eu estou na estação de metrô, não sei onde fica a saída. Eu não sei qual ônibus está se aproximando. Ou quais lojas estão ao meu redor. Esse tipo de informação pode ser oferecida pela Bengala Inteligente”.

### 2.3.5 Mapa Tecnológico

A partir dos estudos feitos sobre o histórico de todas as tecnologias assistivas para deficientes visuais, foi esboçado um Mapa Tecnológico (Figura 3), onde foram elencadas as tecnologias de acordo com seus graus de complexidade (eixo y) ao decorrer do tempo (eixo x).

Figura 3 - Mapa tecnológico por tempo decorrido.



FONTE: Autoria Própria, 2019.

## 2.4 VIABILIDADE ECONÔMICA

A definição preliminar da viabilidade econômica é fundamental para que o projeto tenha sucesso e seja sustentável, de acordo com o ciclo de vida do produto. É necessário especificar o produto de acordo com o mercado e o poder de compra dos clientes, e para isso se definiu o custo meta do produto e a margem de lucro da empresa.

Após essa definição, foi definido o custo de desenvolvimento do projeto, para dar embasamento ao investimento inicial necessário. Com esse valor, foi possível realizar estimativas do fluxo de caixa e encontrar indicadores da viabilidade econômica, como payback e valor presente líquido.

### 2.4.1 Custo meta do produto

O custo meta de um produto pode ser conceituado como a diferença do preço que o mercado está disposto a pagar por um determinado produto, com a margem de lucratividade almejada pela empresa sobre a venda do mesmo (Perez, 1999).

Como um método extremamente importante para diminuir os custos do produto em todas as fases do ciclo de vida do produto, a definição do custo meta do produto permite uma análise de possíveis pontos de atuação para promover a redução de custos nas fases de planejamento, desenvolvimento e fabricação de protótipos (De Araujo, 2004).

O custo meta do produto foi então calculado baseando-se no preço que o mercado está disposto a pagar por produtos concorrentes de tecnologia assistiva que promovem a locomoção facilitada para portadores de deficiência visual. Para tanto foi realizada uma análise dos valores que estão sendo pagos nos produtos concorrentes no Brasil e no exterior.

Tabela 5 - Preço dos concorrentes

CONCORRENTES			
Nome	Marca	Valor no mercado local	Valor em reais

Bengala Eletrônica Sensorizada	Ampla Visão	R\$ 800,00	R\$ 800,00
Bengala Simples	Ambutech	R\$ 250,00	R\$ 250,00
Smartcane	We Walk	\$ 499,00	R\$ 2.020,95
Ultra Cane	UltraCane	£ 3.175,00	R\$ 3.175,00

FONTE: Autoria Própria, 2019.

Em função das diferentes moedas utilizadas nos países do exterior, viu-se necessário fazer uma estimativa do quanto a população local está disposta a pagar pelo produto em função do salário mínimo por hora recebido nesses diferentes países. Foi escolhido utilizar essa estimativa pois, apenas com a conversão bruta de uma moeda do exterior mais valorizada para o real não representaria fielmente o quanto o público realmente está disposto a pagar atualmente por esses tipos de produto, supervvalorizando assim os preços do mercado.

Tabela 6 - Salário mínimo por hora

Salário mínimo por hora		
	Na moeda local	Em reais
Brasil	R\$ 4,54	R\$ 4,54
EUA	\$7,25	R\$ 29,36
Reino Unido	£5,03	R\$ 25,15

FONTE: Autoria Própria, 2019.

A partir do salário mínimo por hora calculado foi calculado a proporção do preço pago pelo salário mínimo recebido na região onde o produto é comercializado. Os cálculos são demonstrados na tabela

Tabela 7 - Proporção dos preços por salário mínimo

Concorrentes				
Nome do produto	Valor em reais	Região de origem	Salário mínimo por hora na região de origem	Proporção (preço/salário mínimo médio na região de origem)

Bengala Eletrônica Sensorizada	R\$ 800,00	Brasil	R\$ 4,54	176,2114537
Bengala Simples	R\$ 250,00	Brasil	R\$ 4,54	55,0660793
Smartcane	R\$ 2.020,95	EUA	R\$ 29,36	68,82758621
Ultra Cane	R\$ 3.175,00	Reino Unido	R\$ 25,15	126,2425447
Média	R\$ 1.561,49	-	-	106,586916

FONTE: Autoria Própria, 2019.

Feito o cálculo da proporção para cada concorrente, calculou-se o valor meta a partir da proporção média que multiplicada pelo salário mínimo por hora no Brasil resulta num valor meta de R\$ 483,90. Considerando uma margem de lucro de 10%, por se tratar de um produto de tecnologia assistiva, chegou-se no custo meta do produto de R\$ 435,51.

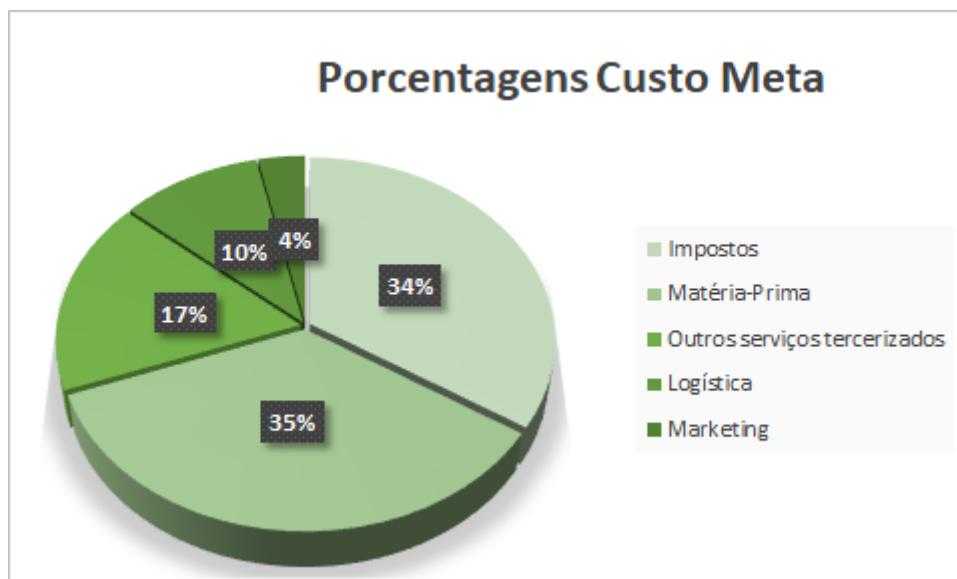
Tabela 8 - Custo meta do produto

Proporção média	106,586916
Valor meta	R\$ 483,90
Lucro meta	10%
Custo meta	R\$435,51

FONTE: Autoria Própria, 2019.

Tendo o custo meta definido, foram definidas porcentagens relativas aos diferentes tipos de custos que compõem o custo meta final do produto. As porcentagens estão representadas na figura 4:

Figura 4 - Porcentagens do custo meta



FONTE: Autoria Própria, 2019.

## 2.4.2 Custo de desenvolvimento do projeto

Para o cálculo do custo de desenvolvimento do projeto, foi considerado que a empresa é uma StartUp, desta forma, os valores de salário e horas trabalhadas foram determinados a partir dessa premissa. Abaixo segue as premissas utilizadas para o cálculo do valor homem/hora utilizado no projeto:

Tabela 9 - Cálculo do custo de desenvolvimento

Premissas	Valores
Pessoal (Quantidade de Engenheiros)	5
Salário	R\$ 1.200,00
Encargos Trabalhistas	39%
Custo de Protótipo	R\$ 673,00
Custo Hora de Trabalho	R\$ 20,91

FONTE: Autoria Própria, 2019.

O cálculo dos encargos trabalhistas foi feito considerando o regime CLT de trabalho ficando em torno de R\$ 42.591 durante todo o desenvolvimento do

projeto. O custo de protótipo foi realizado a partir do custo médio dos componentes dos produtos concorrentes ao nosso produto. Já o salário dos engenheiros foi estimado a partir de benchmarking com StartUps.

Para o cálculo das horas de projeto, foram consideradas todas as etapas de desenvolvimento do produto. A quantidade de semanas por etapa foi dividida de acordo com a estratégia da empresa que estabeleceu 1 ano e 6 meses para o desenvolvimento do projeto.

Abaixo segue discriminado as horas e semanas previstas para o desenvolvimento.

Tabela 10 - Horas e semanas previstas para o desenvolvimento do produto.

Etapas	Quantidade de semanas	Horas Previstas por semana	Horas Realizadas	Total horas Previsto	Total Horas Realizado
Pré Desenvolvimento	13	20		260	
Projeto Informacional	13	20		260	
Projeto Conceitual	16	20		320	
Projeto Detalhado	13	20		260	
Preparação para Produção	10	20		200	
Lançamento do produto	13	20		260	
<b>Total</b>		<b>120</b>		<b>1560</b>	

FONTE: Autoria Própria, 2019.

Desta forma pôde-se calcular o custo total de desenvolvimento de projeto, para isso utilizou-se a seguinte fórmula:

$$C = \text{Horas Previstas} \times \text{Custo de Hora de Trabalho} \times 5 + \text{Custo de Protótipo}$$

O que resultou no valor de R\$ 163.736,85 para o desenvolvimento do projeto.

## 2.4.3 Fluxo de caixa e indicadores financeiros

Dois indicadores financeiros bastante usados na viabilidade econômica são o Valor Presente Líquido (VPL) e o Payback Descontado.

O Valor Presente Líquido (VPL) ou *Net Present Value* (NPV) é uma das principais formas de analisar financeiramente um investimento, trazendo para o valor presente os pagamentos futuros de um fluxo de caixa. Segundo Assaf Neto (1992)," o NPV é calculado pela diferença entre o valor presente das entradas previstas de caixa e o valor presente dos desembolsos de caixa requeridos pelo investimento. Basicamente, todo investimento com NPV maior ou igual a zero deve ser aceito, tendo indicativo de rejeição todos aqueles com NPV negativo."

O payback é uma forma de mensurar o tempo para que o investimento inicial se pague, e serve como um indicador de risco, à medida que investimentos mais arriscados tendem a demorar mais para se pagarem. Segundo BUENO (2011), "No payback simples ou contábil, não se leva em consideração o valor do tempo em dinheiro no tempo, isto é, as receitas são somadas e confrontadas com o valor do investimento sem se atribuir um custo de oportunidade às mesas. O payback descontado procura sanar essa deficiência, descontando as receitas pelo custo de oportunidade do capital, ou seja, pela taxa de juros."

Dessa forma, para determinar os dois indicadores é necessário realizar a projeção do fluxo de caixa de acordo com o ciclo de vida do produto, de acordo com os dados estratégicos de mercado. A estratégia da empresa é desenvolver o produto até o meio de 2020, realizar testes com o protótipo até o meio de 2021 e realizar as primeiras vendas online até o fim de 2021. Após o lançamento do produto, pretende-se realizar a venda por meio do Sistema Único de Saúde, online e para revendedores do setor de saúde e acessibilidade, de 2022 até 2025.

Figura SEQ Figura ¶ ARABIC 5 - Estratégia da empresa



Fonte: Autoria própria, 2019.

Por meio dessa estratégia, foi possível realizar projeções do fluxo de caixa e chegar a indicadores de acordo com os cenários otimista, realista e pessimista a partir do investimento inicial de R\$ 217.736,85, sendo que R\$ 163.736,85 correspondem ao custo de projeto calculado e R\$ 54.000 ao custo de implementação, discriminado abaixo:

Tabela 11 - Investimento inicial e custos.

Investimento inicial	R\$ 217.736,85
Custo do Projeto	163.736,85
Custo de Implementação	54.000,0
Maquinário	20.000,0
Instalação do escritório (mobilha, materiais)	3.000,0
Imóvel	25.000,0
Marketing	5.000,0
Outros	1.000,0

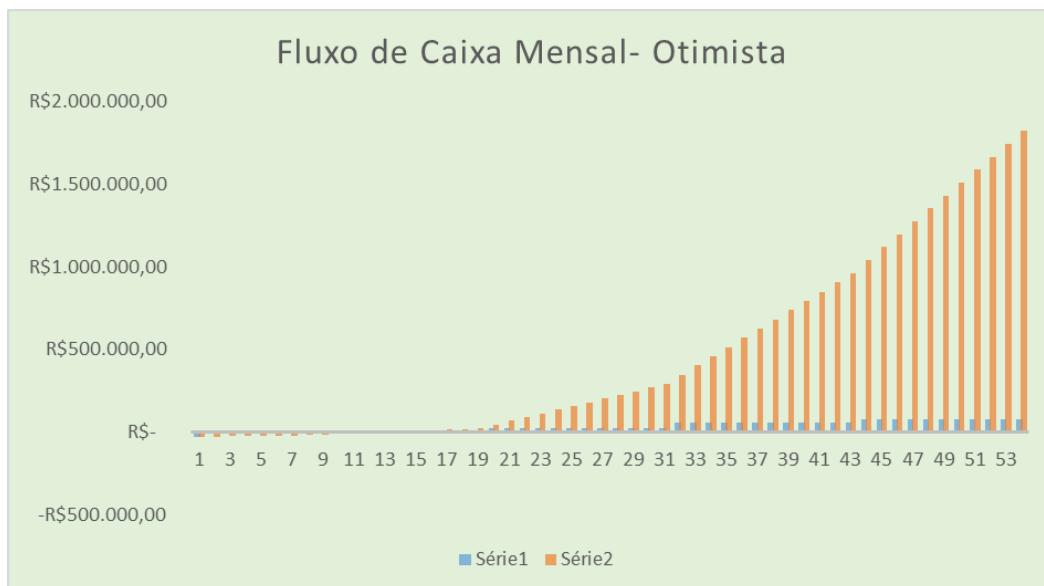
FONTE: Autoria Própria, 2019.

Ao realizar simulações, o projeto se tornou inviável até mesmo no cenário otimista de acordo com o alto investimento inicial. Dessa forma, considerou-se que R\$ 190.000 seriam obtidos a partir do fundo perdido, modalidade que não requer devolução do dinheiro em que o projeto se enquadra, por proporcionar ganho para a sociedade e assim pôde-se avançar com os cálculos. Assim o investimento inicial real caiu para R\$ 27.736,85. Para o cálculo do projeto utilizou-se o método do payback descontado e o do valor presente líquido considerando a taxa mínima de

atratividade (TMA) de 10%, valor comumente utilizado para a análise de investimentos de risco similar.

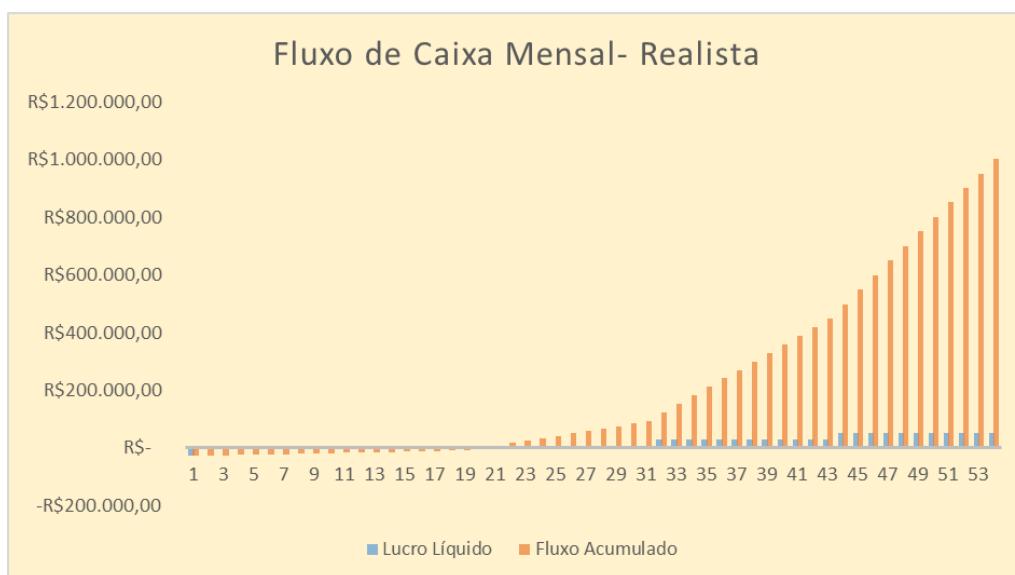
Os fluxos de caixa se encontram abaixo, além de uma comparação entre as vendas anuais e os indicadores dos cenários, lembrando que o investimento inicial obteve uma redução drástica:

Gráfico 1 - Fluxo de Caixa Otimista



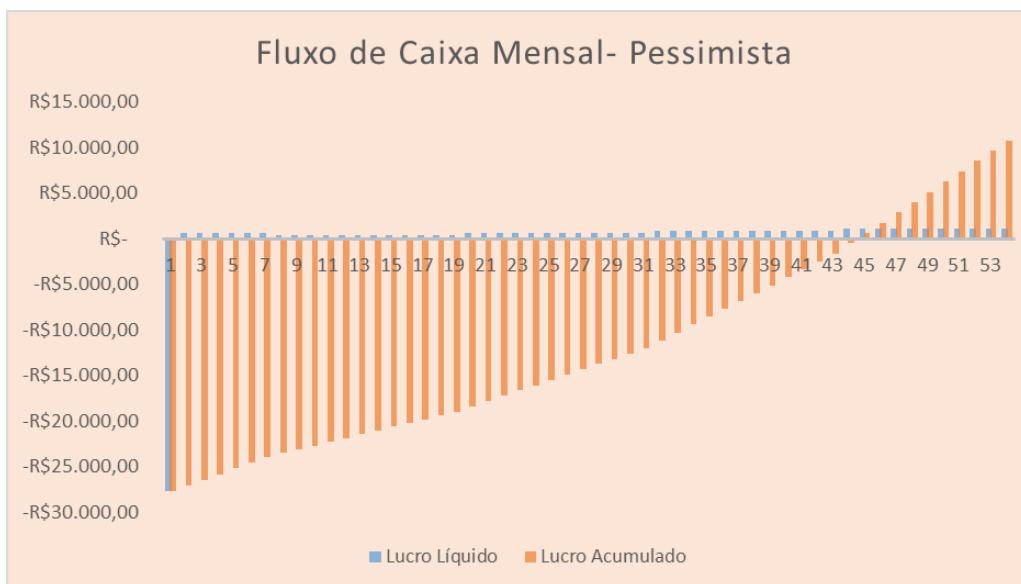
Fonte: Autoria própria, 2019.

Gráfico 2 - Fluxo de Caixa Realista.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Gráfico 3 - Fluxo de Caixa Pessimista.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Tabela 12 – Vendas anuais

Cenário	<b>Vendas Anuais</b>				
	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>
Otimista	132	924	5.541	13.853	19.395
Realista	94	188	1.508	5.277	8.972
Pessimista	57	74	103	154	201

Fonte: Autoria própria, 2019.

Tabela 13 - Indicadores financeiros.

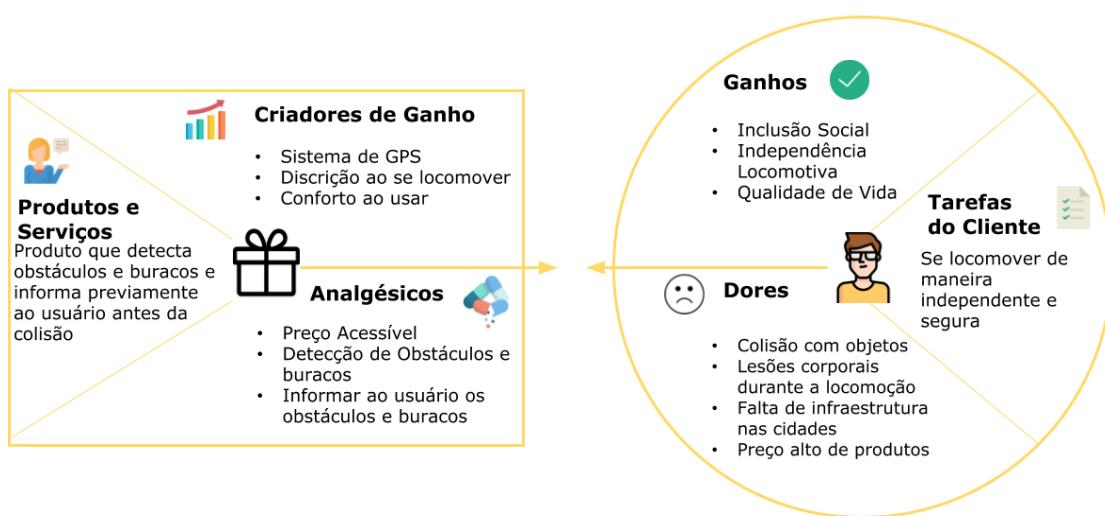
Indicadores Financeiros			
Cenário	Otimista	Realista	Pessimista
VPL	R\$ 49.694,92	R\$ 8.872,65	-R\$ 22.202,34
Payback Descontado	12 meses	21 meses	44 meses

Fonte: Autoria própria, 2019.

## 2.5 CANVAS DE VALOR E DE NEGÓCIO

Com a compilação de todas as informações que foram levantadas ao longo do pré desenvolvimento do produto, é necessário então tornar essas informações mais tangíveis e transformá-las em um negócio. Para isso foi desenvolvido o canvas de valor, que serviu de insumo para a posterior criação do canvas de negócio. O canvas de valor é uma ferramenta que permite criar a proposta de valor do produto em torno daquilo que o cliente realmente valoriza e necessita, permitindo uma maior adaptabilidade ao mercado. Ele é dividido em dois blocos que analisam mais profundamente o perfil dos clientes e a proposta de valor. Esses dois blocos possuem as seguintes partes: Atividades do cliente, dores, ganhos, analgésicos, criadores de ganho e produtos e serviços, conforme mostra a figura a seguir:

Figura 6 - Canvas de valor.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Com o canvas de valor montado, estruturou-se o Canvas de Negócio, que tem o intuito claro de deixar de forma visual e resumida a perspectiva geral do negócio. Ele é dividido em 8 quadros: clientes, proposta de valor, canais e relacionamento com o cliente, fontes de receita, parceiros-chave, atividades-chave, recursos chave e estrutura de custos, como mostrados no canvas final na imagem abaixo:

Figura 7 - Canvas de negócios.



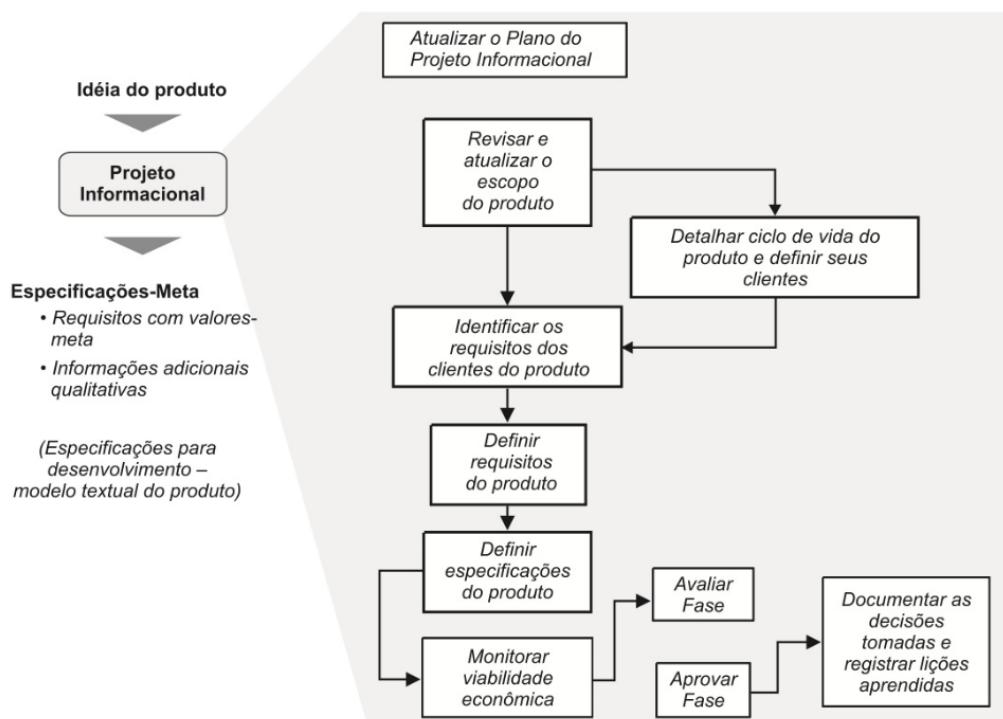
Fonte: Autoria própria, 2019.

### 3. PROJETO INFORMACIONAL

O projeto informacional tem como objetivo o desenvolvimento das especificações-meta do produto que serão definidas a partir das informações levantadas na etapa de pré desenvolvimento. Essas especificações serão essenciais para orientar a geração de soluções e para fornecer a base sobre a qual serão montados os critérios de avaliação e tomada de decisão nas fases posteriores.

As etapas do projeto informacional com base em Rozenfeld et. al (2006) estão ilustradas na figura 8.

Figura 8 - Etapas do projeto informacional.



Fonte: ROZENFELD et. al., 2006.

Abaixo será detalhado as etapas que compuseram o projeto informacional do desenvolvimento do produto.

#### 3.1. DEFINIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O processo produtivo foi definido de acordo com a estratégia da empresa. Definiu-se os componentes do produto serão fabricados por fornecedores e o produto final será montado pelo time de produção da empresa. Desta forma, o produto será modular, e por ser variável de acordo com as dimensões do cliente, definiu-se a estratégia de produção Assemble to order (ATO), ou montagem sob encomenda.

Nesta estratégia, os subconjuntos podem ser previamente fabricados e estocados e o produto final será montado de acordo com o pedido do cliente, o que permite a diferenciação necessária para os usuários de diferentes alturas, por exemplo.

### 3.2. CICLO DE VIDA DO PRODUTO

Segundo Rozenfeld et. al (2006) os modelos do ciclo de vida do produto fornecem uma descrição gráfica da história do produto, elencando os estágios pelos quais o produto passa. Com o ciclo de vida do produto definido, elenca-se os clientes associados a cada fase do ciclo. Por cliente entende-se o conjunto de pessoas ou organizações que irá utilizar ou consumir o produto, manter, desativar e retirar o produto.

Abaixo segue o ciclo de vida do produto e os clientes de cada fase, levando em consideração a estratégia ATO de produção, definida no item 3.1 deste relatório.

Tabela 14 - Ciclo de vida do produto

Fase	Cliente
1. Projeto	Equipe de Desenvolvimento do Produto CETEFE Investidores
2. Fabricação	Fornecedores Empresa que fabricará os componentes
3. Armazenagem dos módulos	Equipe de Armazenagem
4. Montagem	Equipe de Montagem do Produto
5. Transporte	Transportadora
6. Uso/Função	Usuário SUS e profissionais de saúde
7. Manutenção	Usuário

	Assistência técnica
8. Descarte	SLU Empresa responsável pelo descarte

Fonte: Autoria própria, 2019.

## 3.3 COLETA DE NECESSIDADES DOS CLIENTES

As informações coletadas para definir as necessidades do ciclo de vida do produto se deram por meio da aplicação de questionários com os potenciais usuários do produto a ser desenvolvido, ou seja, os cegos e os “baixa visão”, além de entrevistas com especialistas no assunto, como os funcionários do CETEFE e os principais acompanhantes de deficientes visuais. Para obter dados secundários foram realizadas pesquisas de opinião do usuário.

### 3.3.1 Entrevistas com potenciais usuários

Essa rodada de entrevistas, como dito anteriormente, foi feita com os potenciais usuários na Associação no cliente CETEFE, no Centro de Ensino Especial de Deficientes Visuais de Brasília e na Associação Brasiliense de Deficientes Visuais (ABDV). O caráter das informações coletadas no questionário, presente no Anexo I deste relatório, foi qualitativo, o que proporcionou muitos insumos para o entendimento de necessidades funcionais e ergonômicas, por exemplo. Foram entrevistados 20 potenciais usuários com diferentes idades, graus de cegueira, tempos de perda da visão e sexos.

### 3.3.2 Entrevista com especialistas

As entrevistas com os especialistas (pessoas que convivem com os deficientes visuais) também foram realizadas nos locais citados anteriormente. Dessa forma foi possível levantar necessidades estéticas e funcionais, por exemplo.

Foi entrevistado também o dono de uma loja de produtos para deficientes visuais, o qual possui cegueira. O cego total utilizou o recurso de áudio via WhatsApp para responder as perguntas e enfatizou que há uma falta dessas

bengalas no mercado. Ficou claro com a conversa, que o recurso de vibração com áudio para o aviso de obstáculos, seria melhor do que apenas áudio.

### 3.3.3 Pesquisas de opinião do usuário

Esta parte, foi realizada no pré-desenvolvimento e na parte de Projeto Informacional. Foram coletadas mais necessidades de clientes por meio de pesquisa de opinião dos deficientes visuais usuários de bengalas simples e outras tecnologias assistivas.

Um dos relatos encontrados se mostra bem sugestivo, Jean (2016) declara:

Então segue a dica aos investidores e startups de plantão que verifiquem com calma a necessidade de se criar um produto inovador que já foi fruto de várias pesquisas acadêmicas no Brasil e no mundo. Trata-se da bengala eletrônica ou bengala inteligente, como prefiram chamar, afinal vocês que vão investir e nós seremos meros compradores. Essa bengala tem o mesmo formato que as atuais, porém vem equipada com sensores que emitem alertas vibratórios para sinalizar proximidade de declives no solo e obstáculos, já que a bengala atual não detecta obstáculos suspensos como orelhões, caixas de correio, galhos de árvore etc. Outra tecnologia utilizada na bengala inovadora é o GPS que indicará o caminho a ser percorrido pelo deficiente visual. Além disso, uma boa pitada de design seria bem-vinda, já que muitas bengalas são fabricadas como em 1930, sem nenhum compromisso com a qualidade estética e ergonômica, que é pensada em qualquer simples produto que é concebido nos tempos atuais.

Os outros relatos podem ser encontrados no item 2.2.1.1 deste relatório. Com as necessidades levantadas, construiu-se a tabela abaixo que ilustra as necessidades dos clientes conforme ao longo do ciclo de vida do produto.

Tabela 15 - Levantamento das Necessidades do Cliente

Fase	Cliente	Necessidades do Cliente
Projeto	Equipe de Desenvolvimento do Produto	1. Baixo custo de desenvolvimento
	CETEFE	2. Desenvolvimento de tecnologia assistiva
	Investidores	3. Viabilidade econômica 4. Fácil de instruir sobre o uso
Fabricação	Fornecedores	5.Ter as especificações técnicas dos módulos dos produtos
	Empresa que fabricará os componentes	6. Ter as matérias primas disponíveis no mercado 7. Produto Rastreável
Armazenagem dos módulos	Equipe de Armazenagem	8. Dimensões adequadas para o estoque
		9. Ter instruções de armazenagem
Montagem	Equipo de Montagem	10.Ser resistente
		11. Ser modular
		12. Ser empilhável
		13. Peças encaixáveis
Transporte	Transportadora	14. Baixo custo de montagem
		15. Pouco módulos (tempo de set up)
		16. Ser fácil de montar
		17. Ser resistente
		18. Instruções para transporte
Uso/Função	Usuário	19. Ser empilhável
		20. Baixo custo de trasporte
		21. Atender as legislações de transporte
		22. Detecte buracos
		23. Detectar objetos abaixo
		24. Detectar objetos acima
		25. Ser ergonomico
		26. Ser resistente
		27. Fácil uso
		28. Avisar usuário de obstáculos
		29.Ser intuitivo
		30. Durabilidade
		31. Instruções de uso em texto, braile, voz, etc
		32. Confiabilidade
		33. Disponibilidade
		34. Discreto
		35. Flexível
		36. Portátil
		37. À prova d'água
		38. Ser leve
		39. Identificar somente objetos que estejam na trajetória

		40. Comunicar a altura do objeto detectado 41. Identificação de objetos em movimento 42. Produto que não chame a atenção 43. Informar com precisão a distância dos objetos
	SUS/Profissionais de saúde	44. Ser fácil de explicar
Manutenção	Usuário	45. Durabilidade da manutenção 47. Resistência 48. Instruções de uso em texto, braile, voz, etc
	Assistência Técnica	49. Ser modular 50. Módulos de fácil desmonte 51. Fácil conserto 52. Produto Rastreável
Descarte	Empresa responsável pelo descarte	53. Fácil desmonte
	SLU	54. Peças reaproveitáveis

Fonte: Autoria própria, 2019.

Vale ressaltar que as necessidades coletadas diretamente com os usuários, a partir de entrevistas e aplicação de questionários, foram as seguintes: 22, 23, 24, 27, 28, 34, 39, 41, 42, 43, 44. As demais necessidades foram inferidas.

### 3.4 MATRIZ DE ATRIBUTOS

Com as necessidades dos clientes coletadas, utilizou-se a matriz de atributos a fim de agrupar e classificar cada necessidade de acordo com o atributo a que ela se refere. Os atributos foram definidos de acordo com Rozenfeld et. al (2006).

Tabela 16 – Matriz de Atributos

Ciclo de vida	Funcionamento	Ergonomia	Estética	Econômico	Normalização	Modular
Projeto				1. Baixo custo de desenvolvimento	21. Estar em conformidade com as normas	11. Ser modular
Fabricação				6. Matérias-primas disponíveis do mercado	11. Estar em conformidade com as normas de fabricação	
Armazenagem	9. Ter instruções de armazenagem			26. Ser resistente		8. Dimensões adequadas para estoque 12. Fácil de empilhar

						11. Ser modular
Encomenda				14. Baixo custo de montagem	31. Informações sobre o produto disponíveis em braile	
Montagem						16. Ser fácil de montar 15. Pouco módulos (tempo de set up) 13. Peças encaixáveis
Transporte				20. Baixo custo de transporte 17. Ser resistente	8. Instruções para transporte	19. Ser empilhável
Uso/Função	22. Detecte buracos  26. Ser resistente  39. Detectar precisamente objetos na trajetória  27. Fácil manuseio  28. Avisar usuário de obstáculos  30. Durabilidade  32. Confiabilidade  37. À prova d'água  41. Identificação de objetos em movimento  40. Comunicar a altura do objeto detectado	25. Ser confortável  38. Ser leve  36. Portátil	42/34. Discreto na aparência e enquanto funciona			
Manutenção	51. Fácil conserto					11. Ser modular

	45. Durabilidade da manutenção					53. Módulos de fácil desmonte
Descarte				54. Peças reaproveitáveis		53. Fácil desmonte

Fonte: Autoria própria, 2019.

### 3.5 CONVERSÃO DAS NECESSIDADES EM REQUISITOS

Com as necessidades agrupadas e classificadas obtidas na Tabela 14 utilizou-se a técnica de cenários transformar os dados originais em requisitos e entender quais necessidades se repetem e podem ser sintetizadas em apenas uma. Além disso, as necessidades podem ser retiradas caso não gerem requisitos para o cliente. Desta forma, a conversão das necessidades do cliente em requisito do cliente foi sintetizada na tabela abaixo e resultou em 23 requisitos.

Tabela 17 - Matriz de Cenários.

Necessidade	Necessidade Primária	Cenário	Requisito A	Requisito B	Requisito C	Requisito D
Necessidade de uso	Ser resistente	Produto resista a impactos e condições de uso severas	Q. Ter alta confiabilidade	S. Ter autonomia de fonte de energia	F. Ser à prova de água	
	Avisar o usuário a existência de obstáculos no caminho	Produto que informe ao usuário a existência de obstáculos para que ele não se machuque	B. Comunicar precisamente obstáculos na trajetória	A. Comunicar precisamente obstáculos na trajetória	C. Comunicar a altura do objeto identificado	D. Comunicar objetos em movimento
	Não chamar a atenção	Produto discreto esteticamente e que não chame a atenção do não usuário ao realizar as funções básicas para o usuário	H. Ser discreto esteticamente	W. Comunicar obstáculos discretamente ao usuário		
	Fácil manuseio	Usuário consegue manusear o produto sem dificuldades	L. Ser Leve	N. Ser portátil para o usuário	T. Ter instruções de uso disponíveis no produto	
Armazenagem	Ser fácil de empilhar	Possuir fácil de armazenagem	M. Ser modular	J. Ser empilhável	R. Ter dimensões	O. Ser rastreável

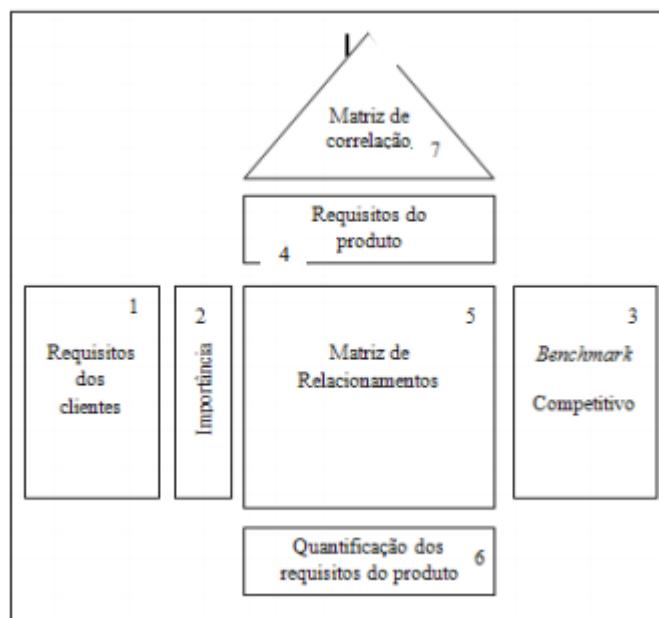
		em grande escala			adequadas para estoque	
Montagem	Ser fácil de montar	Produto fácil de montar na fábrica	V. Possuir poucos módulos	K. Ter peças encaixaveis		
Manutenção	Ser de fácil concerto	Produto que seja rápido e fácil de concertar	G. Ter módulos de fácil desmonte	P. Ter matérias primas disponíveis no mercado	I. Ter alta durabilidade	
Descarte	Ser reciclável	Produto que não afete negativamente o meio ambiente	U. Ter peças reaproveitáveis			

Fonte: Autoria própria, 2019.

### 3.6 CASA DA QUALIDADE

A casa da qualidade, ou QFD, é um método sistemático utilizado para auxiliar na tradução das necessidades do cliente em requisitos de projeto. Para construir a casa da qualidade é necessário passar por 7 diferentes fases que a constituem: Requisitos dos clientes, importância dos requisitos, *benchmarking* competitivo, requisitos de produto, matriz de relacionamento, quantificação dos requisitos do produto e matriz de correlação. Para iniciar o processo de construção do QFD é necessário converter as necessidades dos clientes em requisitos dos clientes, que dará o início para a construção das demais etapas.

Figura SEQ Figura ¶ ARABIC 9 – Exemplo de QFD



Fonte: ROZENFELD et. al., 2006.

### 3.7. DIAGRAMA DE KANO

Com as necessidades convertidas em requisitos, se faz necessário utilizar métodos de priorização dos requisitos. Um dos métodos utilizados foi o Kano, que estuda o grau de satisfação do cliente em função do desempenho de um determinado critério e é comumente utilizado no processo de desenvolvimento de produto para classificar e priorizar as necessidades dos mesmos (XU et al., 2008). Com base no modelo de Kano, podemos classificar os elementos da qualidade em cinco categorias:

**Atributos obrigatórios:** Os atributos obrigatórios preenchem as funções básicas de um produto. Se esses atributos não estiverem presentes ou seu desempenho for insuficiente, os clientes ficarão extremamente insatisfeitos. Por outro lado, se esses atributos estiverem presentes ou forem suficientes, eles não vão trazer satisfação. De fato, os clientes veem esses atributos como pré-requisitos. Os atributos obrigatórios geralmente não são exigidos explicitamente pelos clientes, quando estes são interrogados sobre o que é importante em um produto ou serviço (Blessing et al., 2010).

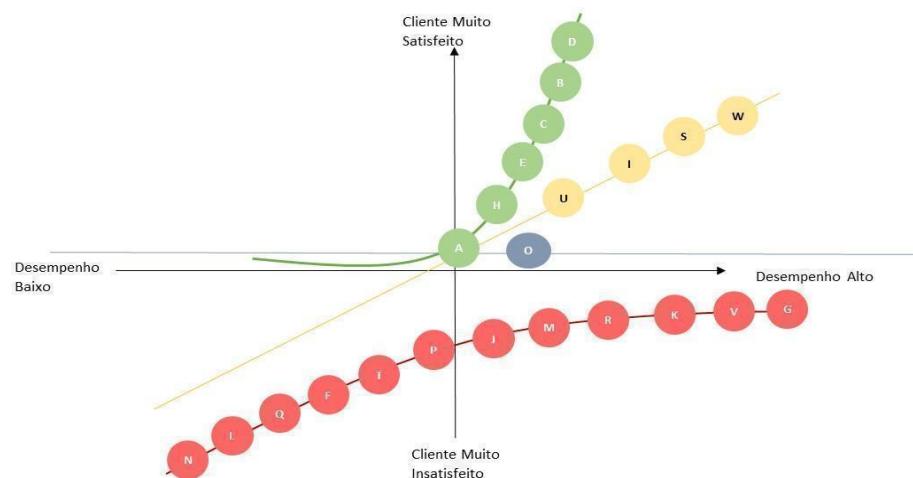
**Atributos unidimensionais:** Quanto a esses atributos, a satisfação do cliente é proporcional ao nível de desempenho, quanto maior o nível de desempenho,

maior será a satisfação do cliente e vice-versa. Geralmente atributos unidimensionais são exigidos explicitamente pelos clientes (Blessing et al., 2010).

**Atributos atrativos:** Esses atributos são pontos chave para a satisfação do cliente. O atendimento desses atributos traz uma satisfação mais que proporcional (Blessing et al., 2010). Porém, eles não trazem insatisfação se não forem atendidos. Além desses três tipos diferentes de atributos, podem-se identificar mais dois:

**Atributos neutros e reversos:** Atributos neutros são aqueles cuja presença não traz satisfação, nem a sua ausência traz insatisfação. Exemplos de atributos neutros são aqueles que nunca ou apenas raramente são usados pelo cliente. Atributos reversos são aqueles cuja presença traz insatisfação (Blessing et al., 2010).

Gráfico 4 - Diagrama de Kano



FONTE: Autoria Própria, 2019.

Tabela 18 - Legenda Diagrama de Kano

Código do Requisito	Nome do Requisito	Tipo
A	Comunicar precisamente obstáculos	Atrativo
B	Comunicar a presença de buracos	Atrativo
C	Comunicar a altura do objeto identificado	Atrativo
D	Comunicar objetos em movimento	Atrativo

E	Comunicar a distância do objeto identificado	Atrativo
F	Ser à prova de água	Obrigatório
G	Ter módulos de fácil desmonte	Obrigatório
H	Ser discreto esteticamente	Atrativo
I	Ter alta durabilidade	Unidimensional
J	Ser empilhável	Obrigatório
K	Ter peças encaixáveis	Obrigatório
L	Ser Leve	Obrigatório
M	Ser modular	Obrigatório
N	Ser portátil para o usuário	Obrigatório
O	Ser rastreável	Neutro
P	Ter matérias primas disponíveis no mercado	Obrigatório
Q	Ter alta confiabilidade	Obrigatório
R	Ter dimensões adequadas para estoque	Obrigatório
S	Ter autonomia de fonte de energia	Unidimensional
T	Ter instruções de uso disponíveis no produto	Obrigatório
U	Ter peças reaproveitáveis	Unidimensional
V	Possuir poucos módulos	Obrigatório
W	Comunicar obstáculos discretamente ao usuário	Unidimensional

FONTE: Autoria Própria, 2019.

Com a elaboração do Diagrama de Kano, pôde-se perceber que os requisitos atrativos ao usuário estão relacionados as questões funcionais, como comunicar a presença de obstáculos, por exemplo.

Nota-se também que a maioria dos requisitos se encaixam nas categorias atrativos e obrigatórios, desta forma, espera-se que esses requisitos apresentem maior importância ao elaborar o Diagrama de Mudge e o Diagrama de Pareto.

Além disso, encontra-se coerência no projeto ao cruzar as informações do Canvas de Valor, presente no item 2.5 deste relatório, com o resultado do Diagrama de Kano, uma vez que os requisitos atrativos são justamente aqueles que solucionam as dores do cliente e permitem que o cliente realize suas tarefas.

### 3.8. DIAGRAMA DE MUDGE

O Diagrama de Mudge auxilia na priorização dos requisitos dos clientes fazendo a comparação par a par entre eles e atribuindo um valor com o intuito de quantificá-los e ordenar por relevância. Após sua construção, foi elaborado um diagrama de Pareto para verificar quais os requisitos mais importantes e convertê-los em uma escala Likert.

Para construção do diagrama é feita uma matriz triangular superior para comparação dos requisitos, onde na primeira linha e coluna são preenchidos com os requisitos dos clientes para uma comparação par a par. Nessa comparação é necessário perguntar qual é a função mais importante e o quanto mais importante ela é (ROCCO; SILVEIRA, 2008).

Os requisitos dos clientes foram nomeados com letras de A a W, assim como no diagrama de Kano, e foi utilizada a seguinte escala numérica para discernir o grau de importância de um requisito sobre o outro: 0 - Igual importância; 1 - Moderadamente mais importante; 3 - Medianamente mais importante; 5 - Muito mais importante.

A lógica de preenchimento consiste em colocar a letra correspondente ao requisito mais importante seguido do valor que representa o quanto mais importante é aquele requisito em comparação ao seu par. Caso os requisitos sejam de mesma importância não há a necessidade de adicionar o requisito, bastando apenas colocar o valor de igual importância.

Com o diagrama construído soma-se todos os valores que apareceram depois de cada requisito para obter o valor total de cada um, podendo então identificar aqueles que possuem maior grau de importância, como pode-se observar no diagrama abaixo:

Tabela 19 - Diagrama de Mudge.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	Total	Percentual
A	0	A1	A5	A1	A3	A5	A3	A3	A5	A3	A5	A1	A5	A3	0	A5	A1	A3	A5	A5	A3	70	10%	
B	B3	B5	B1	B3	B5	B3	B3	B5	B5	B3	B5	B1	B5	B3	0	B5	B1	B3	B5	B5	B3	72	10%	
C	C3	E1	C3	C5	C3	C5	C3	C5	C3	C5	C1	C5	C3	0	C5	C1	C3	C5	C5	C3	66	9%		
D	E3	F1	D5	H1	I1	D5	D3	L3	D3	N3	D3	P3	Q3	D3	S3	T1	D5	D5	W1	32	4%			
E	E3	E5	E3	E5	E3	E5	E3	E5	E1	E5	E3	0	E5	E1	E3	E5	E5	E3	67	9%				
F	F3	0	I3	F3	F1	F1	F3	F3	F3	0	F5	0	F1	F5	F5	0	37	5%						
G	H5	I5	J3	K1	L5	M5	N5	O3	P5	Q5	J3	S5	T3	J5	V1	W3	0	0%						
H	0	H5	H3	0	H1	0	H3	H1	Q3	H5	S1	H1	H3	H3	0	31	4%							
I	I5	I3	I1	I1	I1	0	I5	I1	0	I5	0	I1	I3	I5	I1	39	5%							
J	K1	L5	M1	N5	0	P3	Q5	0	S5	T3	J3	V3	W5	6	1%									
K	L3	M1	N5	O1	P3	Q3	K1	S5	T1	0	K1	W3	4	1%										
L	L3	0	L3	L1	Q3	L3	S3	T1	L3	L1	0	30	4%											
M	N3	M3	0	Q3	M3	S3	0	M5	M5	W3	23	3%												
N	N5	N1	Q1	N5	S3	0	N3	N1	N3	W5	39	5%												
O	P3	Q5	R1	S5	T1	U1	V1	W5	4	1%														
P	Q3	P1	S3	0	P3	P1	W1	22	3%															
Q	Q5	0	Q1	Q5	Q3	Q5	W5	53	7%															
R	S5	T3	R1	V3	W5	2	0%																	
S	S3	S5	S3	S3	S3	W5	54	8%																
T	T3	0	W3	16	2%																			
U	V3	W5	1	0%																				
V	W3	W5	11	2%																				
W	W5	37	5%																					
		716	100%																					

FONTE: Autoria Própria, 2019.

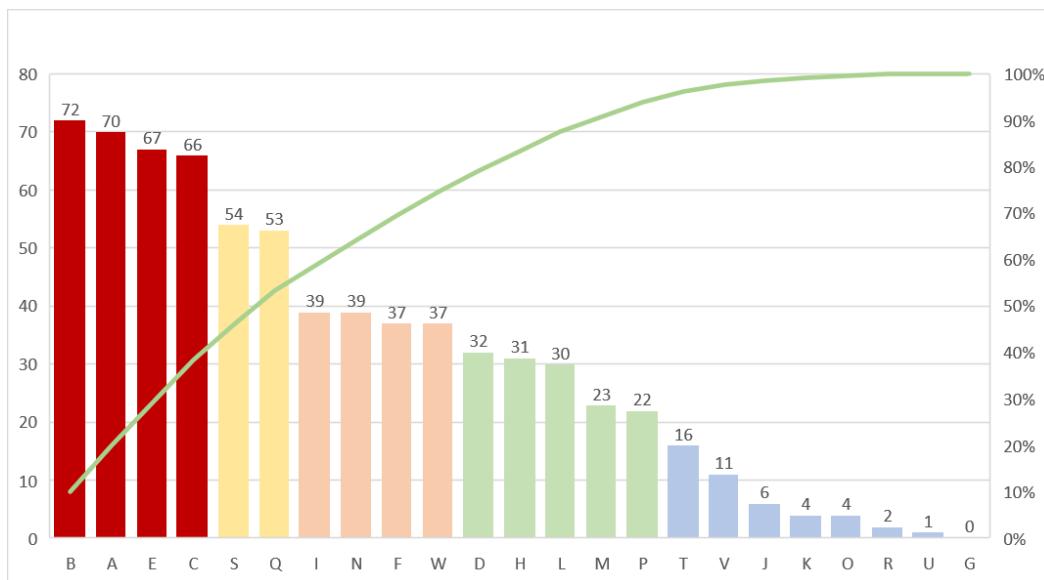
Nota-se coerência com o Diagrama de Kano, uma vez que os requisitos A, B, C e E, que são requisitos atrativos para o cliente, representaram maior pontuação de importância na comparação.

Para melhor visualização e posterior análise dos dados obtidos no Diagrama, elaborou-se o Diagrama de Pareto, para priorizar os requisitos do cliente.

### 3.8.1 Diagrama de Pareto

A partir da hierarquia dos requisitos pontuados e seus devidos percentuais relativos, feito no diagrama de Mudge, realizou-se a priorização dos requisitos do cliente pelo Diagrama de Pareto (Gráfico 5), afim de visualizar quais representavam maior impacto no projeto.

Gráfico 5 – Pareto dos requisitos



FONTE: Autoria Própria, 2019.

A partir da elaboração do Diagrama de Pareto, pôde-se observar quais requisitos de cliente são mais relevantes para a elaboração do produto. Diferente dos diagramas convencionais, os requisitos não foram separados em 3 classes, então utilizou-se a escala Likert para essa priorização, em que 5 representa maior importância ao passo que 1 representa a menor. Dessa forma, conseguimos diferenciar mais as prioridades, não só pelo valor, mas pelo seu decaimento no gráfico.

Com isso, destacam-se os requisitos B, A, E e C (importância 5), que são requisitos ligados à função do produto, coincidentemente. E, como previsto ao

finalizar o Diagrama de Kano, os requisitos de maior importância no Diagrama de Mudge são parte dos requisitos atrativos ao cliente. Por outro lado, os requisitos T, V, J, K, O, R, U e G, foram todos classificados como menos importantes, marcados assim com importância 1. Esses dados foram utilizados na elaboração da Casa da Qualidade na coluna “Importância dos requisitos do cliente” da Matriz de Relacionamento.

### 3.9 BENCHMARKING COMPETITIVO

Durante a fase de pré desenvolvimento foram encontrados dois principais concorrentes do produto comercializados no mercado brasileiro. Os concorrentes identificados foram as bengalas para cegos simples, da empresa estrangeira Ambutech, que são comercializadas no Brasil por meio de revendedores e a bengala eletrônica sensorizada comercializada pela empresa Ampla Visão.

Os concorrentes então serviram de análise para o *Benchmarking* competitivo, onde foi feito um posicionamento com base nas características dos produtos concorrentes destacados acima. A tabela X apresenta o *Benchmarking* competitivo com os requisitos do cliente hierarquizados de acordo com a sua importância avaliada no Diagrama de Pareto.

Tabela 20 - Benchmarking competitivo.

Requisitos do cliente	Bengala Eletrônica Ampla Visão	Bengala Ambutech	Produto do Projeto
Comunicar precisamente obstáculos na trajetória	3	2	5
Comunicar a presença de buracos	1	2	5
Comunicar a altura do objeto identificado	1	1	4
Comunicar objetos em movimento	2	1	4
Comunicar a distância do objeto identificado	1	1	5
Ser à prova de água	1	5	4
Ter módulos de fácil desmonte	5	5	5
Ser discreto esteticamente	1	4	4
Ter alta durabilidade	2	5	5

Ser empilhável	4	5	5
Ter peças encaixaveis	5	5	5
Ser Leve	3	4	4
Ser modular	5	4	5
Ser portátil para o usuário	3	5	5
Ser rastreável	1	1	3
Ter matérias primas disponíveis no mercado	5	5	5
Ter alta confiabilidade	2	5	5
Ter dimensões adequadas para estoque	4	5	5
Ter autonomia de fonte de energia	2	5	4
Ter instruções de uso disponíveis no produto	1	1	2
Ter peças reaproveitáveis	3	5	3
Possuir poucos módulos	2	5	4
Comunicar obstáculos discretamente ao usuário	1	5	5

FONTE: Autoria Própria, 2019.

A partir do posicionamento do produto do projeto em relação aos principais concorrentes destaca-se a relação dos requisitos de detecção e comunicação ao usuário. Nesses requisitos, que são os mais funcionais do projeto, a concorrência ainda não possui um nível satisfatório, apresentando sistemas sujeitos a um enorme número de falhas em diferentes ambientes e situações. Em função disso, foi entendido que o projeto de produto em questão poderia focar nesses requisitos funcionais, a fim de oferecer um produto diferenciado no mercado que cumpra efetivamente as principais necessidades de uso dos clientes.

### 3.10 CONVERSÃO DOS REQUISITOS DO CLIENTE EM REQUISITOS DO PRODUTO

Essa etapa consiste na conversão dos requisitos do cliente em requisitos do produto, ou seja, transformar os requisitos levantados a partir das necessidades do cliente em linguagem técnica de engenharia. Esses requisitos mostram os requisitos do cliente de uma forma mais técnica, para que a equipe de

engenheiros consiga desenvolver o produto assertivamente. Foram encontrados 21 requisitos do produto, dispostos na tabela abaixo:

Tabela 21 - Requisitos do Produto

Código	Requisito do Cliente	Requisito do Produto 1	Requisito do Produto 2
A	Comunicar precisamente obstáculos na trajetória	Taxa de acerto por objeto no raio do percurso (%)	
B	Comunicar a presença de buracos	Taxa de buracos detectados (%)	
C	Comunicar a altura do objeto identificado	Taxa de acerto da identificação da altura (%)	
D	Comunicar objetos em movimento	Taxa de acerto por objeto em movimento no raio do percurso (%)	
E	Comunicar a distância do objeto identificado	Taxa de acerto na identificação da distância (%)	
F	Ser à prova de água	Proteção de Entrada (ipx7) (kN/m^2)	
G	Ter módulos de fácil desmonte	Tempo de desmonte (minutos)	
H	Ser discreto esteticamente	Grau de aceitação do design (%)	
I	Ter alta durabilidade	Tempo de uso (anos)	
J	Ser empilhável	Peso do produto (g)	Volume do produto final (m^3)
L	Ser Leve		
N	Ser portátil para o usuário		
R	Ter dimensões adequadas para estoque		
K	Ter peças encaixáveis	Taxa de peças encaixáveis (%)	
M	Ser modular	Número de módulos (unid)	
V	Possuir poucos módulos		
O	Ser rastreável	Taxa de produtos com rastreabilidade (%)	
P	Ter matérias primas disponíveis no mercado	Lead Time da matéria prima (dias)	
Q	Ter alta confiabilidade	Taxa de Falhas (falhas por milhão)	
S	Ter autonomia de fonte de energia	Autonomia energética (horas)	
T	Ter instruções de uso disponíveis no produto	Instruções de uso disponíveis no produto (unid/ produto)	
U	Ter peças reaproveitáveis	Taxa de reaproveitamento das peças (%)	
W	Comunicar obstáculos discretamente ao usuário	Nível de ruído (db)	
		Intensidade da vibração (Hertz)	

FONTE: Autoria Própria, 2019.

### 3.11 MATRIZ DE RELACIONAMENTO

A Matriz de relacionamento tem o objetivo de fazer a correlação entre os requisitos de clientes - os “quê’s” - e os requisitos de produto - os “como” - (Rozenfeld et. al 2006). Ela é construída através da comparação entre os requisitos na seguinte escala numérica: 0 - Relação nula; 1 - Relação Fraca; 3 - Relação Média; 5 - Relação Forte.

Após realizadas todas as comparações, foi feita a quantificação dos requisitos de produto (passo 6 do QFD) multiplicando as notas de cada requisito do produto pelo seu grau de importância, que foi definido pela escala likert após a realização do Pareto. Essa quantificação servirá de insumo para as próximas etapas do projeto, as quais a equipe deverá formar o conjunto de requisitos que irá desenvolver.

Com a análise da Matriz de relacionamento, o requisito que obteve maior importância foi a taxa de falhas, que é de extrema importante para a integridade física do usuário do produto. Também é possível observar que logo após o requisito mais importante, os 5 que vem em seguida possuem uma pontuação consideravelmente maior que os demais requisitos e são diretamente relacionados aos requisitos do cliente classificados como grau 5 na escala likert. Esse resultado demonstra a coerência do projeto e indica de forma clara quais requisitos devem ser priorizados, como podemos ver na matriz abaixo:

Tabela 22 - Requisitos do Produto

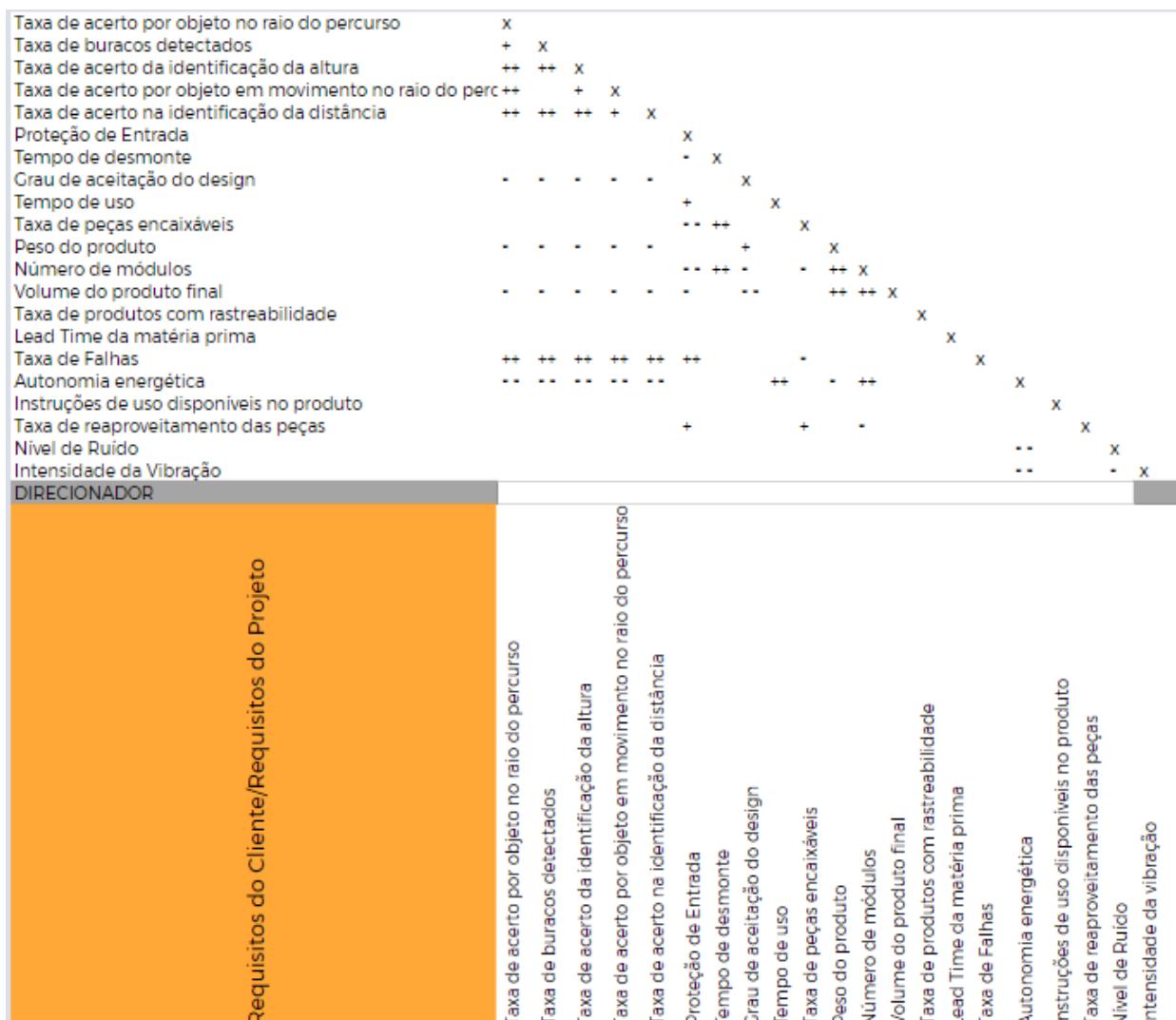
Requisitos do Cliente/Requisitos do Projeto	Importância do Requisito do projeto																								
	Taxa de acerto por objeto no raio do percurso	Taxa de buracos detectados	Taxa de identificação da altura	Taxa de acerto em movimento no raio	Taxa de acerto na identificação da distância	Proteção de entrada	Tempo de desmonte	Grau de aceitação do design	Tempo de uso	Taxa de peças encaixáveis	Peso do produto	Número de módulos	Volume do produto final	Taxa de produtos com rastreabilidade	Lead Time da matéria prima	Taxa de Falhas	Autonomia energética	Instruções de uso disponíveis no produto	Taxa de reaproveitamento das peças	Nível de Ruido	Intensidade da vibração	Bengala Elétrônica Ampla Visão	Bengala Simples Ambutech		
Comunicar a presença de buracos	5	3	5	5	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	3	1	2		
Comunicar precisamente obstáculos na trajetória	5	5	3	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	2		
Comunicar a distância do objeto identificado	5	3	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	3	1	1	
Comunicar a altura do objeto identificado	5	3	3	5	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	3	2	1	
Ter autonomia de fonte de energia	4	1	1	1	1	1	0	0	0	5	0	1	1	1	0	0	0	5	5	0	3	0	0	1	1
Ter alta confiabilidade	4	5	5	5	5	5	3	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	1	5
Ter alta durabilidade	3	1	1	1	1	1	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	3	0	0	5	5
Ser portátil para o usuário	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
Ser à prova de água	3	0	0	0	0	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	2	5
Comunicar obstáculos discretamente ao usuário	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	5	5	4	5
Comunicar objetos em movimento	2	5	0	5	5	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	1	1	5	5
Ser discreto esteticamente	2	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0	1	1	5	0	0	0	0	1	0	1	1	3	4
Ser Leve	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4
Ser modular	2	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5
Ter matérias primas disponíveis no mercado	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1	1
Ter instruções de uso disponíveis no produto	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	0	0	0	5	5
Possuir poucos módulos	1	0	0	0	0	0	0	3	5	0	0	3	3	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5
Ser empilhável	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	3	3	0	0	0	0	0	0	0	4	5
Ter peças encaixáveis	1	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5
Ser rastreável	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Ter dimensões adequadas para estoque	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5
Ter peças reaproveitáveis	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	2	5	
Ter módulos de fácil desmonte	1	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5
Quantificação dos requisitos do produto	107	107	87	107	87	52	26	24	52	28	50	62	48	5	10	168	107	16	29	79	79	58	86		

FONTE: Autoria Própria, 2019.

### 3.12 MATRIZ DE CORRELAÇÃO

A matriz de correlação, o “telhado” da casa da qualidade, procura fazer uma análise da relação par a par entre os requisitos do produto. Os requisitos do produto podem ser positivos, quando um requisito afeta positivamente o outro, ou conflitantes quando um grau de atendimento de um requisito pode dificultar o atendimento ao outro. A matriz de relacionamento está representada pela figura 10:

Figura 10 - Requisitos de Relacionamento



FONTE: Autoria Própria, 2019.

### 3.13 ESPECIFICAÇÕES META

Após desenvolvida a casa da qualidade, nota-se a necessidade de propor parâmetros mensuráveis para cada requisito do produto estabelecido durante o projeto informacional, parâmetros que devem ser atendidos durante o desenvolvimento do produto.

Para tal, são propostas as especificações metas do produto, principal resultado do projeto informacional. As especificações meta contam com objetivos mensuráveis para cada requisito do produto, sensores para medir se esses objetivos estão sendo atingidos e as saídas indesejadas, ou efeitos colaterais

resultantes do não cumprimento dos objetivos definidos para cada requisito do produto. A Tabela 23 apresenta a relação final das especificações meta do projeto informacional, contendo ainda algumas restrições ou informações adicionais de acordo com a necessidade do requisito:

Tabela 23 - Relação final das especificações meta.

Nº	Requisito	Objetivo	Sensor	Saídas Indesejáveis	Restrições / Informações Adicionais
1	Taxa de Falhas (falhas por milhão)	3,4 falhas por milhão	Inspeção da qualidade	Proporcionar riscos aos usuários	Valor baseado na filosofia Seis Sigma
2	Taxa de acerto na identificação da distância (%)	Superior a 99%	Inspeção da qualidade	Distância informada incorretamente	
3	Taxa de acerto da identificação da altura (%)	Superior a 99%	Inspeção da qualidade	Altura informada incorretamente	
4	Taxa de acerto por objeto no raio do percurso (%)	Superior a 99%	Inspeção da qualidade	Detectar objetos fora da trajetória de locomoção do usuário	
5	Taxa de buracos detectados (%)	Superior a 99%	Inspeção da qualidade	Não detectar buracos	
6	Taxa de acerto por objeto em movimento no raio do percurso (%)	Superior a 99%	Inspeção da qualidade	Não informar objetos em movimento	
7	Autonomia energética (horas)	Superior a 12 horas de uso	Cronômetro	Produto descarregar durante o uso	O usuário deve poder utilizar o produto diariamente sem problemas com a energia
8	Nível de ruído (db)	Inferior a 80 db	Decibelímetro	Lesões auditivas	O ruído não pode causar danos ou

					irritação ao usuário
9	Intensidade da vibração (Hertz)	Superior a 100 Hertz	Acelerômetro	Incômodo e lesões físicas	A vibração não pode causar danos ou irritação ao usuário
10	Número de módulos (unid)	Máximo de 10 módulos	Inspeção visual	Montagem e desmonte excessivamente complexos	
11	Proteção de Entrada (ipx7) (kN/m^2)	IPx7	Equipamento de teste de IP	Produto não resistir à exposição da água	Produto deve resistir ao uso diário em cidades com chuvas frequentes
12	Tempo de uso (anos)	Superior a 5 anos	Calendário	Produto parar de funcionar em pouco tempo	
13	Peso do produto (g)	Máximo de 350g	Balança eletrônica	Peso que traga incômodo ou lesões aos usuários	Não deve possuir peso muito diferente de uma bengala convencional
14	Volume do produto final (m^3)	Inferior a 4 m^3	Balança eletrônica medidora de volume	Não ser de fácil transporte	Não deve possuir volume muito diferente de uma bengala convencional
15	Taxa de reaproveitamento das peças (%)	Superior a 10%	Inspeção da qualidade	Desperdício de peças	
16	Taxa de peças encaixáveis (%)	100%	Inspeção técnica	Desperdício de peças	
17	Tempo de desmonte (minutos)	Inferior a 5 minutos	Cronômetro	Longo processo de desmonte dos módulos	
18	Grau de aceitação do design (%)	Superior a 85%	Pesquisas com o mercado	Produto pouco discreto que constrange o usuário	O usuário e seus amigos e familiares devem estar satisfeitos com a aparência do produto

19	Instruções de uso disponíveis no produto (unid/ produto)	Superior a 3 por produto	Inspeção da qualidade	Dificuldade de uso	O usuário deve compreender de forma plena a utilização do produto
20	Lead Time da matéria prima (dias)	Inferior a 5 dias úteis	Calendário	Atraso na montagem do produto	
21	Taxa de produtos com rastreabilidade (%)	100%	Inspeção da qualidade	Perda de produtos na cadeia de produção	

FONTE: Autoria Própria, 2019.

### 3.14 INFORMAÇÕES ADICIONAIS

O produto ainda possui outras restrições gerais ao longo de todo o seu ciclo de vida em função de normas e legislações vigentes no território brasileiro. Essas normas e legislações são citadas na tabela a seguir:

Tabela 24 - Restrições

Normas e legislações		
Estar em conformidade com as normas de armazenagem previstas na NBR 15.524-2	Estar em conformidade com a Lei 11.442 que dispõe sobre o transporte rodoviário de cargas	Estar em conformidade com a Norma Regulamentadora N°11 que dispõe sobre transporte, manuseio e armazenagem de produtos.
Estar em conformidade com as normas do Código de Proteção ao Consumidor	Estar em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei N° 12.305.	Estar em conformidade com a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência.

FONTE: Autoria Própria, 2019.

## 4. PROJETO CONCEITUAL

A fase do projeto conceitual é caracterizada pela busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto, Rozenfeld et. al (2006). A busca por soluções já existentes pode ser feita por meio de *benchmarking* ou observações de produtos já existentes, enquanto isso, o processo de criação não possui restrições, mas deve ser direcionado pelas necessidades, requisitos e especificações do projeto, técnicas de criatividade são aplicadas nesta etapa. A representação das soluções é realizada por meio de esquemas ou desenhos, e normalmente é realizada junto com a criação. Por fim, a seleção da solução é realizada com base em métodos adequados que se fundamentam nos requisitos ou necessidades previamente estabelecidos.

### 4.1. MODELAGEM FUNCIONAL

Segundo Rozenfeld et. al (2006) os modelos funcionais permitem que o produto seja representado por meio de suas funcionalidades, sendo assim pode descrever os produtos em um nível abstrato possibilitando a obtenção da estrutura do produto sem restringir o espaço de pesquisa de soluções específicas.

O primeiro passo para a modelagem funcional é a descrição da função total ou função global do produto para então definir as estruturas funcionais, essas são obtidas pela decomposição da função total em funções de menor complexidade. Desta forma, a partir das especificações meta definidas no Projeto Informacional, concluiu-se que a função global do produto é “Comunicar Obstáculos” devido a sua importância para o usuário. A figura 11 representa a função global do produto com seus fluxos de energia e materiais.

Figura 11 - Função Global

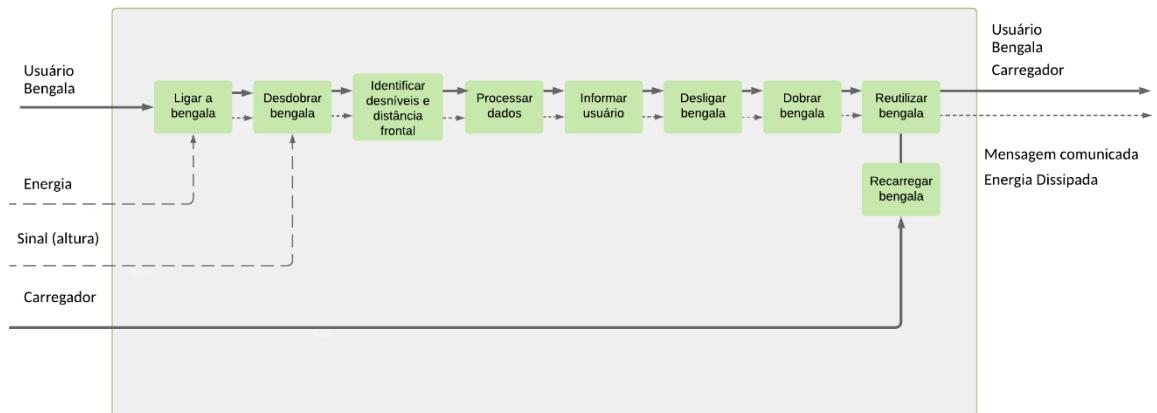


Representação	Legenda
→	Energia
—→	Material
···→	Sinal

FONTE: Autoria Própria, 2019.

As estruturas funcionais devem refletir a função global do produto e conter todos os fluxos de energia, material e sinal envolvidos, assim, após a definição da função global do produto elaborou-se três estruturas funcionais distintas para posterior seleção. Abaixo segue o detalhamento de cada estrutura funcional elaborada.

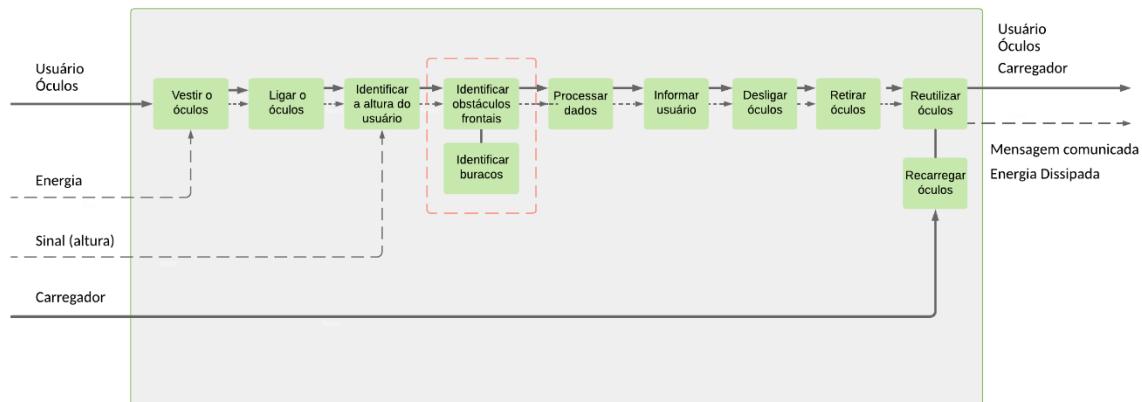
Figura 12 - Modelagem funcional 1 – Bengala



FONTE: Autoria Própria, 2019.

A estrutura 1 é um modelo de bengala com sensores que avisa os obstáculos ao o usuário por meio de vibrações ou ondas sonoras. Neste modelo, o usuário necessita desdobrar a bengala e ligá-la para o uso.

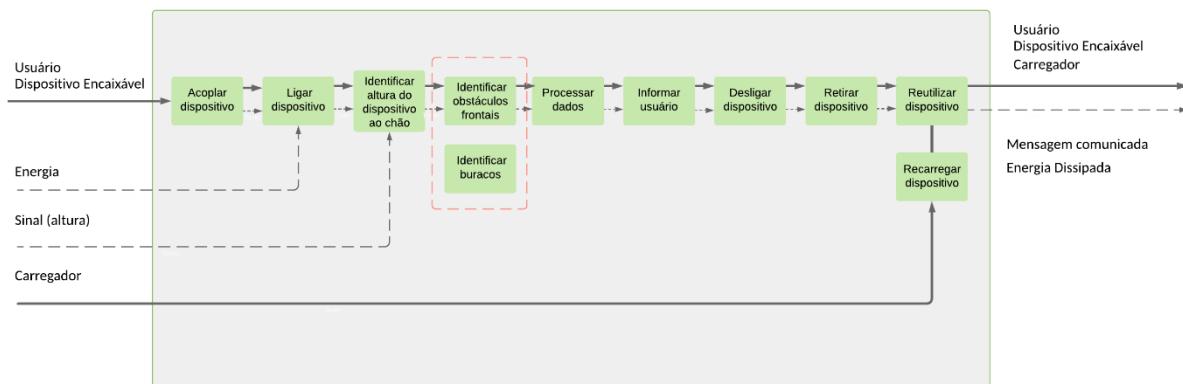
Figura 13 - Modelagem Funcional 2 – Óculos



FONTE: Autoria Própria, 2019.

A estrutura funcional 2 utiliza o óculos para identificar os obstáculos, nesta estrutura a identificação de buracos no percurso é mais complicada devido a distância entre o óculos e o chão. Para a utilização o usuário necessita colocar o óculos e liga-lo.

Figura 14 - Modelagem Funcional 3 – Dispositivo Encaixável



FONTE: Autoria Própria, 2019.

Esta estrutura segue o princípio de que o usuário encaixe o módulo identificador de obstáculos em seu corpo para a utilização. A ideia é que ele possa encaixar em um cinto, ou até mesmo em uma bengala simples que ele já possua. Neste modelo, o usuário necessita encaixar o módulo ao corpo e liga-lo para o uso.

### 4.1.1. Seleção da Estrutura Funcional

Para realizar a seleção da estrutura funcional, utilizou-se a matriz de seleção de alternativa de estrutura funcional, ou Matriz de seleção de variantes e estruturas funcionais (MARIBONDO, 2000), em que a Modelagem Funcional 1 foi escolhida como referência.

Os critérios utilizados foram os requisitos dos clientes mais relevantes e os pesos utilizados foram retirados da Casa da Qualidade. As notas atribuídas foram: muito melhor (3), medianamente melhor (2), pouco melhor (1), igual (0), pouco pior (-1), medianamente pior (-2), muito pior (-3). A tabela abaixo ilustra a seleção:

Tabela 25 - Matriz de Seleção de Alternativa de Estrutura Funcional

Requisitos de Cliente		1 - Bengala	2- Óculos	3- Dispositivo Encaixável
Comunicar a presença de buracos	5	0	-3	-3
Comunicar precisamente obstáculos na trajetória	5	0	-2	0
Comunicar a distância do objeto identificado	5	0	0	-2
Comunicar a altura do objeto identificado	5	0	0	-2
Ter autonomia de fonte de energia	4	0	-1	2
Ter alta confiabilidade	4	0	-1	0
Ter alta durabilidade	3	0	1	1
Ser portátil para o usuário	3	0	3	3
Ser à prova de água	3	0	0	0
Comunicar obstáculos discretamente ao usuário	3	0	1	-1
Comunicar objetos em movimento	2	0	0	0
Ser discreto estéticamente	2	0	3	2
Ser Leve	2	0	3	3
Ser modular	2	0	0	0
Ter matérias primas disponíveis no mercado	2	0	0	0
Ter instruções de uso disponíveis no produto	1	0	0	-1
Possuir poucos módulos	1	0	1	1
Ser empilhavel	1	0	-2	2
SOMA		0	-7	-6

FONTE: Autoria Própria, 2019.

A soma de cada alternativa é dada pela multiplicação das notas pelos pesos, desta forma, a estrutura funcional 1 apresentou maior nota em comparação com as outras duas estruturas, portanto, foi a estrutura escolhida para o desenvolvimento do produto.

## 4.2. DESENVOLVIMENTO DOS PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO

### 4.2.1. Matriz Morfológica

Segundo Rozenfeld et. al (2006), a matriz morfológica é uma abordagem estruturada para a geração de alternativas de solução para o problema do projeto, possibilitando a captura e visualização de funcionalidades necessárias para o produto.

Após a seleção da estrutura funcional por meio da matriz de seleção de alternativa de estrutura funcional, a equipe utilizou o brainstorm e a pesquisa de produtos similares no mercado para elaborar a Matriz Morfológica para o projeto – TABELA 26.

A primeira coluna da matriz indica as funções da estrutura funcional escolhida, estrutura 1, e as demais colunas indicam os possíveis princípios de soluções para a concepção do produto.

Tabela SEQ Tabela 26 – Matriz Morfológica

Função	Princípios de Solução						
1 Ligiar Bengala							
2. Desdobrar abengala							
3. Identificar desniveis e distância frontal							
4. Processar dados							
5. Informar usuário							

FONTE: Autoria Própria, 2019.

## 4.2.2. Teoria da Solução Inventiva de Problemas (TRIZ)

A Teoria de Solução Inventiva de Problemas (TRIZ) foi criada por Genrich S. Altshuller para auxiliar na geração de soluções inventivas para problemas. Desta forma, viu-se necessária a aplicação do método para levantar os princípios de solução mais adequados para solucionar os conflitos de requisitos.

Aplicou-se o método para dois requisitos que se relacionavam fortemente negativamente no telhado da Casa da Qualidade (QFD) já citado anteriormente. A tabela abaixo ilustra o parâmetro de engenharia que mais se adequa a cada requisito de produto, bem como a lista de princípio de solução gerados pela TRIZ.

Tabela 27 - Requisitos de Produto Conflitantes x Parâmetros de Engenharia

NÚMERO DO PAR DE REQUISITOS	REQUISITO DE PRODUTO CONFLITANTE	PARÂMETRO DE ENGENHARIA		REQUISITO DE PRODUTO CONFLITANTE	PARÂMETRO DE ENGENHARIA
1	taxa de acerto por objeto no raio do percurso	27. confiabilidade	x	autonomia energética	20. uso de energia estacionária
2	proteção de entrada	16. durabilidade do objeto estático	x	taxa de peças encaixáveis	32. facilidade de manufatura

FONTE: Autoria Própria, 2019.

Tabela 28 - Princípios de Solução da TRIZ

NÚMERO DO PAR DE REQUISITOS	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO DA TRIZ		
1	transição de fases	feedback	ação preliminar

2	mudança de parâmetros	ações parciais ou excessivas	
---	-----------------------	------------------------------	--

FONTE: Autoria Própria, 2019.

Abaixo segue a explicação dos princípios de solução identificados:

#### 1. Transição de fases

- Use fenômenos que ocorrem durante as transições de fase (por exemplo, alterações de volume, perda ou absorção de calor, etc.).

#### 2. Feedback

- Introduza feedback (consultando novamente, verificação cruzada) para melhorar um processo ou ação.
- Se o feedback já estiver sendo usado, altere sua magnitude ou influência.

#### 3. Ação preliminar

- Execute, antes que seja necessário, a alteração necessária de um objeto (total ou parcialmente).
- Organize os objetos de forma que eles possam entrar em ação no local mais conveniente e sem perder tempo para a entrega.

#### 4. Mudança de parâmetro

- Altere o estado físico de um objeto (por exemplo, para um gás, líquido ou sólido).
- Mude a concentração ou a consistência
- Mude o grau de flexibilidade
- Mude a temperatura

#### 5. Ações parciais ou excessivas

- Se for difícil conseguir 100% de um objeto usando um determinado método de solução, usando 'um pouco menos' ou 'um pouco mais'

do mesmo método, o problema pode ser consideravelmente mais fácil de resolver.

Os princípios de solução 2 e 5 foram utilizados para solucionar os pares de requisitos conflitantes 2 e 1 respectivamente. O princípio de solução 2, Feedback, foi importante para solucionar o problema da autonomia de energia e da taxa de acerto por objeto no raio do percurso, uma vez que possibilita a mudança da sensibilidade dos componentes quando o nível de energia está baixo, não comprometendo a utilização do produto.

O princípio de solução 5, Ações Parciais ou Excessivas, permitiu solucionar o conflito entre os requisitos proteção de entrada e taxa de peças encaixáveis, como proteção de entrada entende-se que o produto seja à prova d'água. O princípio traz como exemplo a utilização de um spray para vedação, desta forma pode-se utilizar esse método durante o processo de fabricação.

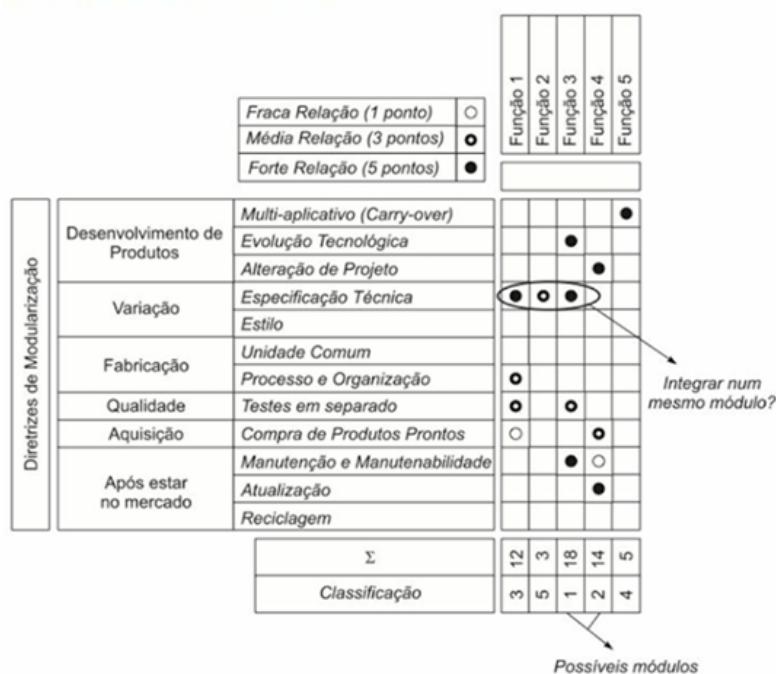
## 4.3. DEFINIÇÃO DA ARQUITETURA DO PRODUTO

### 4.3.1. Matriz Indicadora de Módulos

A modularidade de um produto é a capacidade de se separar o sistema em partes independentes, que também podem ser entendidas como partes lógicas. Na prática essas partes lógicas, são componentes que juntos desempenham uma ou mais funções padronizadas, mas que podem ser intercambiadas nos sistemas. A modularidade do produto pode se dar pela capacidade de ligar um ou mais componentes na mesma interface, a capacidade do módulo de ser inserido em outras famílias de produto, entre outros.

No contexto da arquitetura, a modularidade é simplesmente uma construção que utiliza componentes padronizados. Há diversas maneiras de se analisar quais funções devem ser agrupadas em módulos, mas no caso da bengala, foi utilizada a Matriz Indicadora de Módulos – MIM (Figura 15).

Figura 15 - Modelo da Matriz Indicadora de Módulos



Fonte: Rozenfeld, 2006.

Segundo Rozenfeld (2006), a Matriz Indicadora de Módulos baseia-se em 12 diretrizes relacionadas às razões pelas quais um produto deveria ser modularizado. As diretrizes são critérios que consideram características de todo o ciclo de vida do produto. Essas diretrizes são relacionadas com as funções desempenhadas pelo produto, atribuindo-se valores a cada relacionamento. As funções que apresentarem os melhores resultados no somatório de pontos poderão ser modularizadas, bem como os grupos de funções que apresentarem um forte relacionamento com alguma diretriz. A seguir, a Figura 29 mostra a Matriz Indicadora de Módulos feita para a bengala.

Tabela 29 - Matriz Indicadora de Módulos

Etapa do ciclo de vida	Função/Diretriz	Ligar a bengala	Desdobrar bengala	Identificar distâncias frontais	Identificar buracos	Processar dados	Informar usuário	Desligar bengala	Dobrar bengala	Reutilizar bengala	Recarregar bengala
Desenvolvimento do Produto	Multi Aplicativo	5	5				3	5	5	1	5
	Evolução Tecnológica			5	5	5				3	

	Planejamento e Alteração de projeto	5	3			1		5	3		3
Variação	Especificação Técnica	5	1			1	1	5	1		1
	Estilo	5	5				5	5	5		1
Fabricação	Unidade Comum	1	1	5	5	3	1	1	1	5	3
	Processo e Organização			1	1	3	1				
Qualidade	Testes em separado	1	5				1	1	5		1
Aquisição	Compra de Produtos Prontos			5	1	5				3	
Após estar no mercado	Manutenção e Mantenibilidad e	5	5						5	5	5
	Atualização	5	5	3	3	3	1	5	5	3	1
	Reciclagem			5	5	5				5	
SOMATÓRIO		32	30	24	20	26	13	32	30	25	20
CLASSIFICAÇÃO		1	1	2	2	2	2	1	1	2	3

legenda classificação	1	interface homem-bem galha
	2	sistema de detecção e aviso de obstáculos
	3	acessórios

Fonte: autoria própria.

Com as funções quantificadas em relação aos parâmetros do ciclo de vida, conseguimos classificar algumas funções em 3 módulos, são eles: Interface

homem-bengala, Sistema de detecção e aviso de obstáculos e Acessórios. Todas as funções foram classificadas em algum desses módulos, p a função “Informar usuário” que recebeu duas classificações, pois, na concepção 2, a solução definida para a função inclui um acessório (o fone de ouvido), o que não acontece nas outras concepções.

### 4.3.2. Desenvolvimento das Concepções

Os princípios de solução da matriz morfológica mais viáveis foram selecionados de acordo com o objetivo principal de cada concepção. Além disso, procurou-se observar a viabilidade do custo dos componentes e a aplicação da TRIZ de forma a existirem opções plausíveis para a escolha. São elas:

#### 4.3.2.1 Concepção 1

A primeira concepção visa uma produção mais viável possível, utilizando componentes de alta disponibilidade de mercado. Tem as características:

OBJETIVO: Produção mais viável

DOBRA: Retrátil (estilo antena de rádio) (1)

MICROCONTROLADOR: Node MCU ESP 8266 12-E (2)

BATERIA: Li-po (3)

AVISO: Motor (4) e transistor (5)

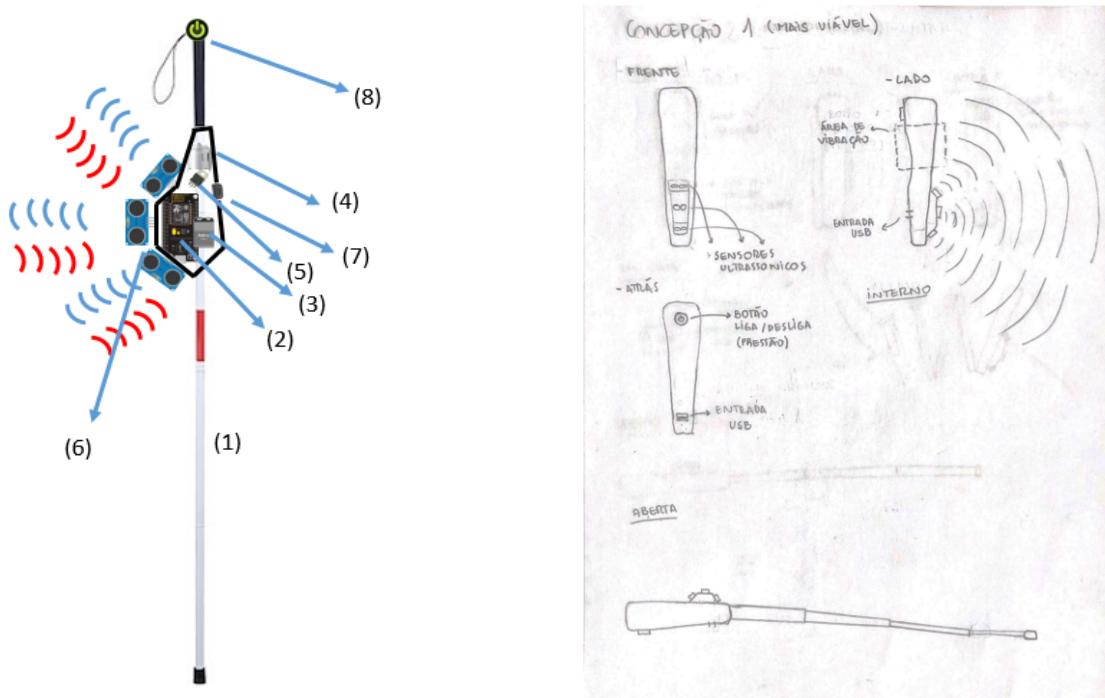
IDENTIFICAÇÃO: 3 sensores ultrassônicos (6)

SAÍDA: USB (7)

BOTÃO: de pressionar (8)

OBSERVAÇÕES: Pode ser feita em circuito impresso, tem conexão wi-fi.

Figura 16 - Concepção 1 virtual e desenho manual



FONTE: Autoria Própria, 2019.

#### 4.3.2.2 Concepção 2

A segunda concepção tem o objetivo de ser a mais comercial possível, com vários acessórios e funcionalidades que tragam valor ao cliente e que façam que o produto se torne desejado, sem extrapolar custos. Tem as características:

**OBJETIVO:** Mais comercial

**DOBRA:** Partes dobráveis (1)

**MICROCONTROLADOR:** Node MCU ESP 32 (com bluetooth) (2)

**BATERIA:** Li-po (3)

**AVISO:** Motor (4) e transistor (5)

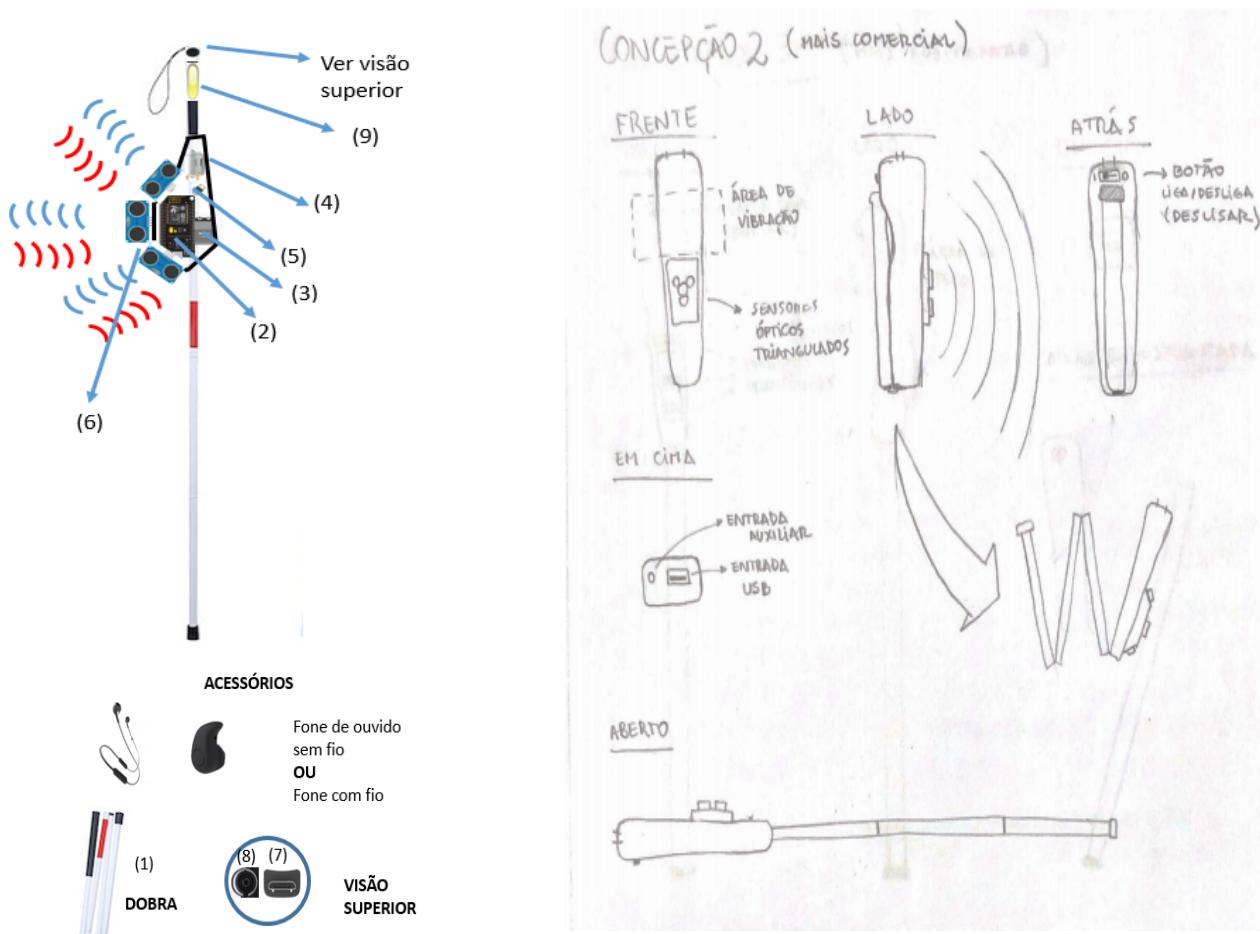
**IDENTIFICAÇÃO:** 3 sensores ultrassônicos (6)

**SAÍDA:** USB (7) e Auxiliar (8)

**BOTÃO:** De deslizar (9)

**OBSERVAÇÕES:** Pode ser feita em circuito impresso, tem conexão wi-fi.

Figura 17 - Concepção 2 virtual e desenho manual



FONTE: Autoria Própria, 2019

#### 4.3.2.3 Concepção 3

A terceira concepção é a que mais se assemelha de um protótipo. Possui todas as funcionalidades mínimas, porém não possui acessórios ou adicionais que chamem tanto a atenção. Em contrapartida, é a que possui um menor custo de fabricação das 3. Tem as características:

**OBJETIVO:** Mais prototipável

**DOBRA:** Sem dobra, com o cabo desmontável (1)

**MICROCONTROLADOR:** Node MCU ESP 8266 12-E (2)

**BATERIA:** Comum 9v (3)

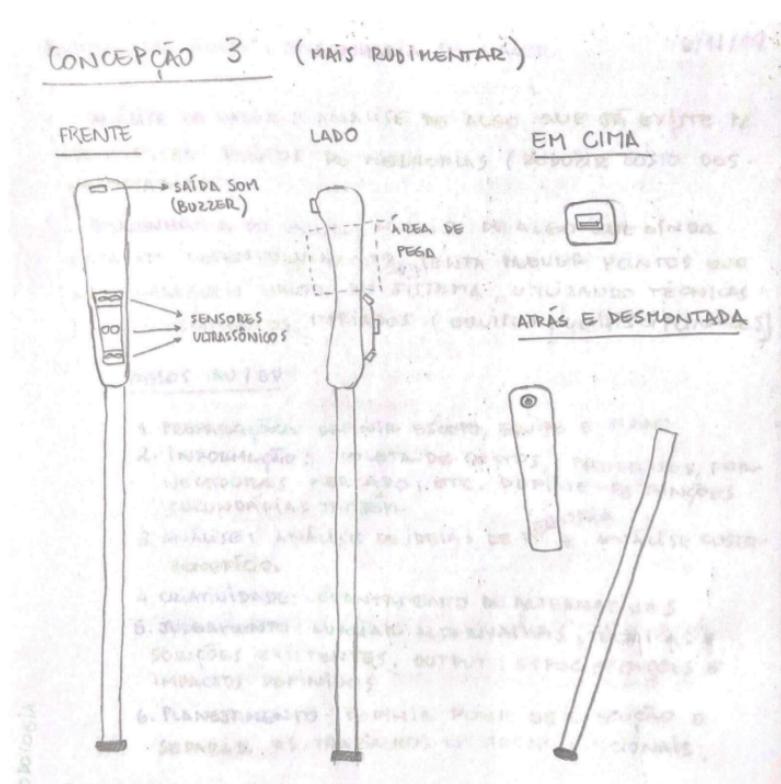
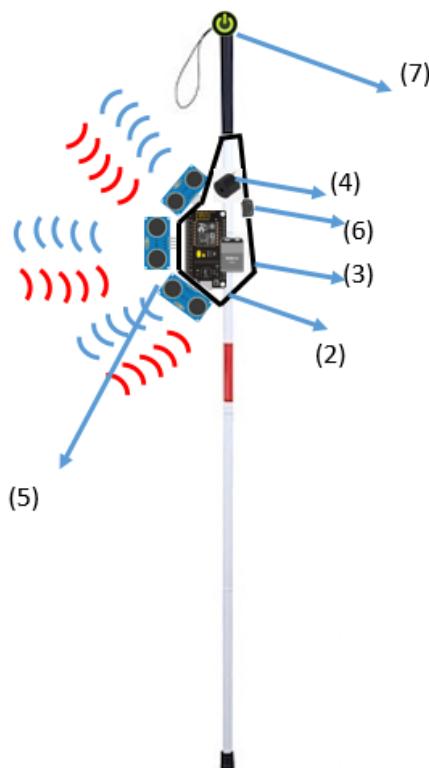
**AVISO:** Buzzer (4)

**IDENTIFICAÇÃO:** 3 sensores ultrassônicos (5)

SAÍDA: USB (6)

BOTÃO: De pressionar (7)

Figura 18 - Concepção 3 virtual e desenho manual



FONTE: Autoria Própria, 2019.

### 4.3.3. Seleção da Concepção

Para selecionar a concepção do produto, foi utilizada a Matriz de Pugh, que funciona de forma semelhante a matriz de seleção de estrutura funcional. Foi decidido que a concepção 1 seria a referência e os votos seriam comparando as outras concepções com ela. Os pesos foram retirados da casa da qualidade e a partir da seleção dos principais requisitos do cliente as notas atribuídas foram de -5 a 5, sendo 5 muito melhor que e -5 muito pior que a concepção 1.

Figura 19 - Matriz de Pugh

Concepções					
Requisitos dos clientes	Peso	Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3	Concepção 4
Comunicar a presença de buracos	5	0	5	0	
Comunicar precisamente obstáculos na trajetória	5	0	5	0	
Comunicar a distância do objeto identificado	5	0	5	0	
Comunicar a altura do objeto identificado	5	0	5	0	
Ter autonomia de fonte de energia	4	0	-4	4	
Ter alta confiabilidade	4	0	0	-4	
Ter alta durabilidade	3	0	0	-3	
Ser portátil para o usuário	3	0	-3	-3	
Ser à prova de água	3	0	0	3	
Comunicar obstáculos discretamente ao usuário	3	0	0	-3	
Comunicar objetos em movimento	2	0	2	0	
Ser discreto estéticamente	2	0	0	0	
Ser Leve	2	0	0	2	
Ser modular	2	0	0	0	
Ter matérias primas disponíveis no mercado	2	0	-2	2	
Ter instruções de uso disponíveis no produto	1	0	1	0	
Possuir poucos módulos	1	0	-1	0	
Ser empilhável	1	0	0	-1	

Ter peças encaixaveis	1	0	0	0
Ser rastreável	1	0	0	0
Ter dimensões adequadas para estoque	1	0	0	-1
Ter peças reaproveitáveis	1	0	0	1
Ter módulos de fácil desmonte	1	0	0	1
	0	13	-2	
Concepções				
	Viavel	Comercial	Rudimentar	

FONTE: Autoria Própria, 2019.

Pode-se observar que a concepção 2 foi a escolhida para desenvolvimento do produto, uma vez que a 1 e a 3 apresentaram notas piores que ela. A soma de cada alternativa é dada pela multiplicação das notas pelos pesos.

#### 4.3.4. Otimização da Concepção do Produto (DFX)

Com o produto mais idealizado, é possível ter uma noção maior do nível de complexidade do mesmo, algo que não é possível nas etapas iniciais do desenvolvimento do produto. Isso faz com que os projetistas não tenham uma noção muito clara da interferência do ciclo de vida do produto nas decisões tomadas para o projeto. Para suprir essa necessidade, foram desenvolvidos vários métodos e ferramentas de auxílio às decisões do projeto, chamadas de DFX (*Design for X*), onde o X representa a consideração que terá foco ao longo do ciclo de vida, que no caso desse projeto são a confiabilidade e a compatibilidade eletromagnética, respectivamente representadas pelas siglas: DFR(*Desing for reliability*) e DFA (*Design for Assembly*).

##### DFR - *Design for Reliability*

O DFR, *Design for Reliability*, é uma das abordagens do DFX, que direciona o foco do produto para a confiabilidade. De acordo com Rozenfeld et al.(2006), ele visa a identificação de fatores que influenciam a confiabilidade do produto, de forma que os projetistas podem modelar seus projetos de maneira a identificar potenciais falhas e o tornar o produto confiável.

O foco do DFR é na prevenção dos problemas, não na resolução dos mesmos. Ele é um processo que descreve um conjunto de ferramentas que suportam o design de produtos e processos para garantir que as expectativas de confiabilidade dos clientes sejam totalmente atendidas ao longo da vida útil do produto. No ponto de vista de Silverman e Kleyner (2012), o DFR possui as seguintes fases: Identificação, projeto, análise, verificação, validação, monitoramento e controle.

A fase de identificação, de acordo com Rezende et al.(2017) é feita durante a fase do projeto conceitual e possui o uso de algumas ferramentas e atividades que já foram desempenhadas no projeto até então, como o QFD, benchmarking, análise de produtos existentes e a definição do objetivo de confiabilidade do produto. Com essas ferramentas já prontas, o próximo passo para dar início ao projeto detalhado com prosseguimento ao DFR é realizar um plano do programa de confiabilidade (*reliability program plan*) e a análise de lacunas (*gap analysis*).

#### DFA - Design for Assembly

O DFA, *Design for Assembly*, é outra abordagem para o DFX, que visa o desenvolvimento do produto com foco para a montagem. Essa abordagem leva em consideração a redução dos custos de montagem através da simplificação do produto, que por sua vez gera outros benefícios, tais como: aumento da qualidade, uma vez que direciona o produto para possuir o menor número de peças, cuja união seja mais eficiente; possibilidade de maior padronização do produto; menor número de passos e ajustes e etc.

Para isso, de acordo com Rozenfeld et al. (2006), os 8 princípios norteadores do projeto para a montagem são:

1. Simplificar, integrar e reduzir o número de peças;
2. Padronização e uso de partes comuns e materiais;
3. Projetar produtos e montagem à prova de erros;
4. Projetar partes que minimizem o esforço e a ambigüidade nas orientações e manipulações;
5. Minimizar partes flexíveis e interconexões;

6. Projetar para a fácil montagem pela utilização de movimentos simples e minimização do número de eixos de montagem;
7. Projetar para união e fixação eficientes;
8. Projetar produtos modulares para facilitar a montagem.

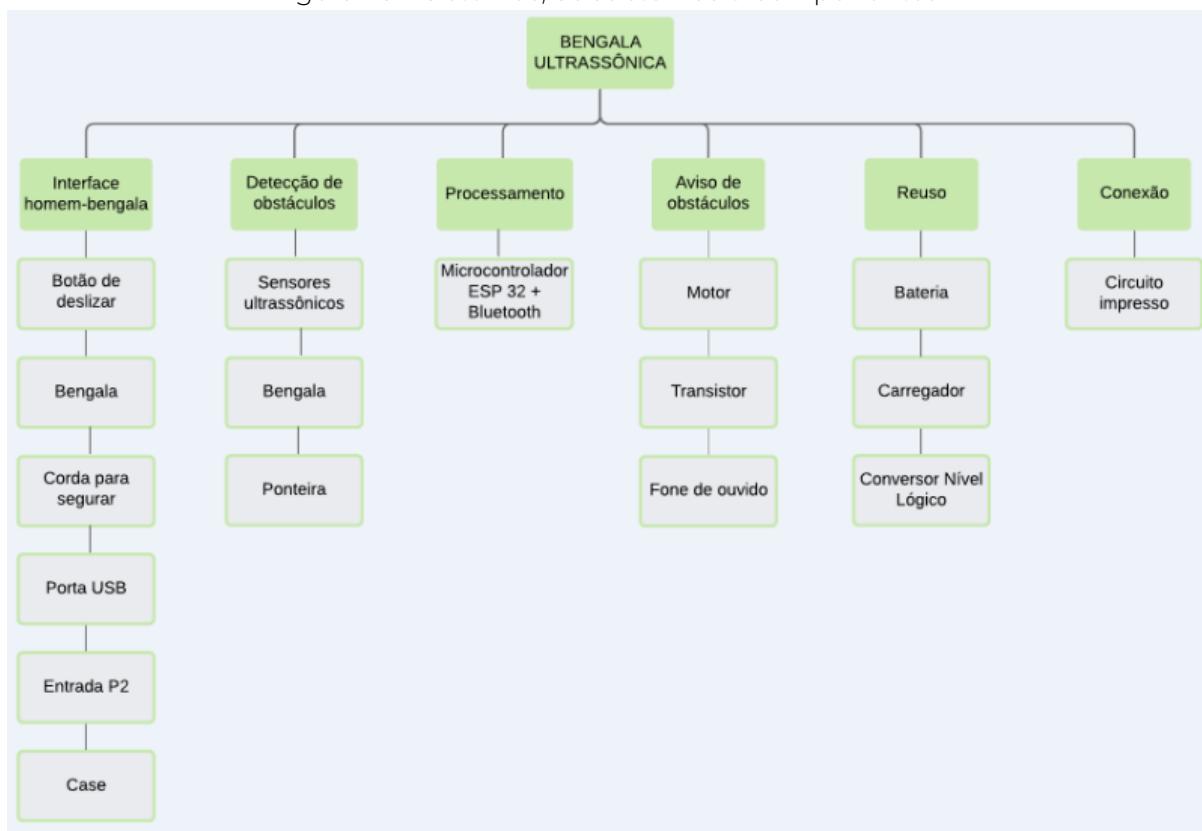
O produto em questão atende boa parte dos pontos citados por Rozenfeld et al. (2006), uma vez que é um produto que busca ser modular e possuir o menor número de módulos e peças possíveis; possui peças padronizadas e tem uma montagem prática para o usuário e para a empresa; não possui partes flexíveis e é projetado para uma união e fixação eficientes para também não comprometer a segurança do usuário.

## 4.4. DETALHAMENTO DA CONCEPÇÃO DO PRODUTO

### 4.4.1. Análise dos Sistemas, Subsistemas e Componentes

A fim de detalhar a concepção do produto, primeiramente foi definido o produto principal como um sistema composto por seis subsistemas. Os subsistemas são: interface homem-bengala, detecção de obstáculos, processamento, aviso de obstáculos, reuso e conexão. A estrutura está representada na figura abaixo.

Figura 20 – Sistemas, Subsistemas e Componentes



FONTE: Autoria Própria, 2019.

O subsistema interface homem-bengala é formado pelos componentes aos quais o usuário do produto possui alguma interação com o produto. Essa interação pode ser direta do homem com a bengala como para o botão de desligar, a bengala, o case onde o usuário segura o produto e a corda que auxilia na pega. Além disso também é composto pela entrada P2 onde o usuário deverá inserir o fone de ouvido e a Porta USB para o usuário inserir o carregador de bateria.

A detecção de obstáculos consiste em três componentes que se complementam para cumprir a função estabelecida de detecção. São eles os sensores ultrassônicos, bengala e a ponteira da própria bengala.

O subsistema de processamento consiste em apenas um componente, o Microcontrolador ESP 32 + Bluetooth. Este componente processará os dados recebidos do subsistema de detecção e fornecerá as informações processadas para o subsistema de aviso de obstáculos. Em função disso, esse subsistema é de extrema importância para o produto pois faz a ponte entre dois subsistemas separados.

O aviso de obstáculos consiste em um motor apoiado por um transistor para avisar o usuário dos obstáculos a partir de vibrações no produto. Além disso o produto também possuirá a opção de fones de ouvido como forma alternativa de comunicação com o usuário.

O subsistema de reuso consiste na bateria, no conversor de nível lógico e o carregador de bateria. A função desse subsistema é permitir energeticamente que o produto esteja pronto para ser utilizado repetidas vezes com a mesma eficácia.

Finalmente o último subsistema é o de conexão, formado pelo único componente circuito impresso. Suas principais funções são suportar mecanicamente componentes de outros subsistemas e eletricamente conectar diferentes componentes eletrônicos entre si.

#### 4.4.2. Definição de Materiais

Após a definição do sistema principal, subsistemas e componentes do produto é necessário realizar a escolha dos materiais, o se os componentes serão de produção própria ou por terceiros, quantidades de cada componente e seus custos totais de aquisição. Para isso foi utilizada a técnica *Bill of Materials* (BOM), que é uma lista de materiais detalhada com todas essas informações dos componentes que serão utilizados no produto.

Tabela 30 - *Bill of Materials*

Componente	Funções	Módulo	Qty	Material	Processo de Fabricação	Tipo de serviço	Fornecedor	Custo
Botão de deslizar	Desligar a bengala Ligar a bengala	Interface Homem Bengala	1	Plástico	-	Terceirizada	Ningbo Best Group	R\$ 2,24
Bengala dobrável	Desdobrar bengala Dobrar a bengala	Interface Homem Bengala Detecção de obstáculos	1	Alumínio	-	Terceirizada	Ninghai Jianda Stationery & Sports Products	R\$ 32

	a							
Sensor ultrassônico	Identificar desnível e distância frontal	Detecção de obstáculos	3	Metal		Terceirizada	Shenzhen iSmart Electronic	R\$ 2,4
Microcontrolador ESP 32 + Bluetooth	Processar dados	Processamento	1	Metais e plásticos		Terceirizada	Shenzhen Global Alliance Science And Technology Trade	R\$ 9,6
Motor	Informar usuário	Aviso de Obstáculos	1	Metal, Plástico e cola UV	-	Terceirizada	Shenzhen Kinmore Motor	R\$ 12,8
Fone de ouvido	Informar usuário	Aviso de Obstáculos	1	Íma, silicone, plástico e espuma	-	Terceirizada	Yunshi Electronics	R\$ 8
Bateria	Reutilizar a bengala Recarrregar a bengala	Reuso	1	Li-Po, íon de polímero	-	Terceirizada	Shenzhen CSIP Science&Technology	R\$ 24
Carregador	Reutilizar a bengala Recarrregar a bengala	Reuso	1	Plástico e Metais	-	Terceirizada	Guangdong Yilian Industrial	R\$ 7,2
Conversor Nível Lógico	Reutilizar a bengala Recarrregar a bengala	Reuso	1	Metais e plásticos	-	Terceirizada	Shenzhen Shiji Chaoyue Electronics	R\$ 3,2
Case	Proteger	Interface Homem	1	Derivados do	Manufatura	Produção	-	R\$ 25

	componentes Possibilitar pega	Bengala		Petróleo	aditiva	Própria		
Circuito Impresso	Conectar componentes eletrônicos Suportar mecanicamente	Conexão	1	Materiais Plásticos e Fibrosos	-	Terceirizada	Shenzhen Eastwin Trading	R\$ 25,6
Entrada P2	Conectar dispositivos	Interface Homem Bengala	1	Metal	-	Terceirizada	Shenzhen Tesla Elec Technology	R\$ 1,12
Entrada USB	Conectar dispositivos	Interface Homem Bengala	1	Metal e plástico	-	Terceirizada	Shenzhen Atom Technology	R\$ 1,36
Ponteira reserva	Identificar desníveis e distância frontal	Detecção de obstáculos	1	Borracha	-	Terceirizada	Shenzhen Fushiyuan Rubber & Plastic Factory	R\$ 0,64

FONTE: Autoria Própria, 2019.

Como prioridade na BOM foram escolhidos fornecedores chineses em função de seu custo unitário reduzido, mesmo após a aplicação de taxas de importação de 60% por peça que já foram incluídos na tabela acima.

## 4.5. ANÁLISE DE VALOR

A engenharia e análise de valor é um esforço organizado que visa atingir o valor ótimo de um produto de forma a promover suas funções necessárias ao menor custo.

A análise de valor foi feita conforme os custos elencados na BOM, item 4.4.2 deste relatório, e para a análise foi utilizado o percentual relativo desses custos.

### Tabela Custos

Em seguida, para calcular o grau de importância de cada função, foi utilizado o Diagrama de Mudge.

### Tabela Mudge

De posse dessas informações realizou-se a matriz de Análise de Valor, em que as funções que apresentam valores relativos maiores que 100% indicam que seu valor é maior que o seu custo, ou seja, o cliente está disposto a pagar a mais sobre elas. Em contra partida, valores relativos menores que 100% indicam que o cliente não enxerga tanto valor nessa função, dessa forma devem ser aplicados esforços para reduzir os custos atrelados a essas funções.

### Tabela analise de valor

Conforme apresentado na Análise de Valor, as funções de informar usuário, identificar desníveis e distância frontal e processar dados apresentaram valores relativos maiores que 100%, o que indica que o cliente enxerga muito valor e está disposto a pagar por isso. As funções relacionadas a interface homem-bengala apresentaram valor relativo inferior a 100%, o que indica a necessidade de trabalhar na redução de custos atrelados a essas funções.

Com a Análise de Valor estruturada, classificou-se as funções como básica ou secundária e de uso ou estima. As funções básicas são as que fazem o produto funcionar já as secundárias melhoram a função básica. Quanto a finalidade, as de uso estão relacionadas ao funcionamento do produto, enquanto as de estima são aquelas atrativas ao consumidor.

### Tabela hierarquia

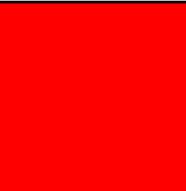
Nota-se que apenas a função de dobrar e desdobrar a bengala foram classificadas como função de estima, uma vez que essas funções são atrativas para o usuário pois facilitam o transporte da bengala. As demais funções foram classificadas como funções de uso.

## 5. REVISÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA

Ao longo do desenvolvimento do projeto, foram levantadas as especificações que o produto deveria ter com base nas necessidades e nos requisitos dos clientes. No entanto, esses pontos foram levantados na fase de pré desenvolvimento e de projeto informacional, o que pode gerar algumas informações que são revistas conforme o projeto vai se desenvolvendo. Com base nisso e no aprofundamento que foi realizado durante a etapa do projeto conceitual, através das modelagens funcionais, arquitetura do produto e da *Bill of Materials* (BOM), viu-se a necessidade de cruzar os dados obtidos anteriormente das especificações meta para verificar quais foram atendidas, quais não foram testadas ainda e quais não se aplicam ao projeto.

Tabela 31 - Revisão das especificações meta

Nº	Requisito	Objetivo	Sensor	Saídas Indesejáveis	Restrições / Informações Adicionais	Revisão Viabilidade Técnica
1	Taxa de Falhas (falhas por milhão)	3,4 falhas por milhão	Inspeção da qualidade	Proporcionar riscos aos usuários	Valor baseado na filosofia Seis Sigma	
2	Taxa de acerto na identificação da distância (%)	Superior a 99%	Inspeção da qualidade	Distância informada incorretamente		
3	Taxa de acerto da identificação da altura (%)	Superior a 99%	Inspeção da qualidade	Altura informada incorretamente		
4	Taxa de acerto por objeto no raio do percurso (%)	Superior a 99%	Inspeção da qualidade	Detectar objetos fora da trajetória de locomoção do usuário		
5	Taxa de buracos detectados (%)	Superior a 99%	Inspeção da qualidade	Não detectar buracos		

6	Taxa de acerto por objeto em movimento no raio do percurso (%)	Superior a 99%	Inspeção da qualidade	Não informar objetos em movimento			
7	Autonomia energética (horas)	Superior a 12 horas de uso	Cronômetro	Produto descarregar durante o uso	O usuário deve poder utilizar o produto diariamente sem problemas com a energia		
8	Nível de ruído (db)	Inferior a 80 db	Decibelímetro	Lesões auditivas	O ruído não pode causar danos ou irritação ao usuário		
9	Intensidade da vibração (Hertz)	Superior a 100 Hertz	Acelerômetro	Incômodo e lesões físicas	A vibração não pode causar danos ou irritação ao usuário		
10	Número de módulos (unid)	Máximo de 10 módulos	Inspeção visual	Montagem e desmonte excessivamente complexos			
11	Proteção de Entrada (ipx7) (kN/m^2)	IPx7	Equipamento de teste de IP	Produto não resistir à exposição da água	Produto deve resistir ao uso diário em cidades com chuvas frequentes		
12	Tempo de uso (anos)	Superior a 5 anos	Calendário	Produto parar de funcionar em pouco tempo			
13	Peso do produto (g)	Máximo de 350g	Balança eletrônica	Peso que traga incômodo ou lesões aos usuários	Não deve possuir peso muito diferente de uma bengala convencional		
14	Volume do produto final (m^3)	Inferior a 4 m^3	Balança eletrônica medidora de volume	Não ser de fácil transporte	Não deve possuir volume muito diferente de uma bengala		

					convencional	
15	Taxa de reaproveitamento das peças (%)	Superior a 10%	Inspeção da qualidade	Desperdício de peças		
16	Taxa de peças encaixáveis (%)	100%	Inspeção técnica	Desperdício de peças		
17	Tempo de desmonte (minutos)	Inferior a 5 minutos	Cronômetro	Longo processo de desmonte dos módulos		
18	Grau de aceitação do design (%)	Superior a 85%	Pesquisas com o mercado	Produto pouco discreto que constrange o usuário	O usuário e seus amigos e familiares devem estar satisfeitos com a aparência do produto	
19	Instruções de uso disponíveis no produto (unid/produto)	Superior a 3 por produto	Inspeção da qualidade	Dificuldade de uso	O usuário deve compreender de forma plena a utilização do produto	
20	Lead Time da matéria prima (dias)	Inferior a 5 dias úteis	Calendário	Atraso na montagem do produto		
21	Taxa de produtos com rastreabilidade (%)	100%	Inspeção da qualidade	Perda de produtos na cadeia de produção		

FONTE: Autoria Própria, 2019.

Tabela 32 – Legenda da revisão das especificações meta

	Atendido
	Não se aplica
	Ainda não testado

Como trata-se de um produto eletrônico com um alto grau de complexidade de solução e o desenvolvimento do produto ainda não foi concluído, ainda precisam ser realizados diversos testes para a validação das especificações ainda não validadas. Boa parte delas já foi testada em um protótipo, porém não podemos expandir os resultados destes testes para o produto final, uma vez que o protótipo foi criado para a validação da solução do problema encontrado, de forma um pouco mais rústica e menos complexa.

Com isso podemos perceber que o protótipo utilizado para testes se encontra no grau de maturidade tecnológica, ou *technology readiness level* (TRL) 3, uma vez que foram realizados os testes de funções críticas em ambiente de laboratório.

## 6. REVISÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Após a conclusão do Projeto Conceitual, é necessário avaliar a fase para definir se as especificações de custos estão sendo atendidas e quais são os custos de produção levantados até o momento, uma vez que nesta etapa, já se tem uma noção maior dos custos reais do desenvolvimento do produto.

Realizou-se, então, a revisão da viabilidade econômica do projeto, os pontos revistos foram o custo meta, custo de desenvolvimento do projeto, custo total de investimento e fluxo de caixa e indicadores. Abaixo segue o planejamento financeiro atualizado em relação ao apresentado na etapa de Pré-desenvolvimento do projeto.

### 6.1. CUSTO META

O custo meta foi alterado de acordo com simulações realizadas para estudo da viabilidade econômica do cenário realista. Viu-se a necessidade de aumentar a margem da empresa mesmo após a notada redução de custos do produto. O custo meta do produto tinha sido calculado como R\$ 435,51 e o lucro meta como 10%, o que levaria a valor meta de venda de R\$ 483,90.

Foram contabilizados os custos de operação considerando a matéria-prima, maquinário, funcionários, logística, marketing, impostos, serviços terceirizados e aluguel. Esses custos variam de acordo com a quantidade de bengalas fabricadas por ano e com o faturamento obtido. Como os cenários estão ligados com esses fatores, o custo meta depende do cenário analisado. Para exemplificação, o cenário realista foi escolhido e foi realizada a soma dos custos dos 5 anos de operação (2021 a 2025) de cada um dos fatores considerado, como pode ser observado na tabela e gráfico abaixo:

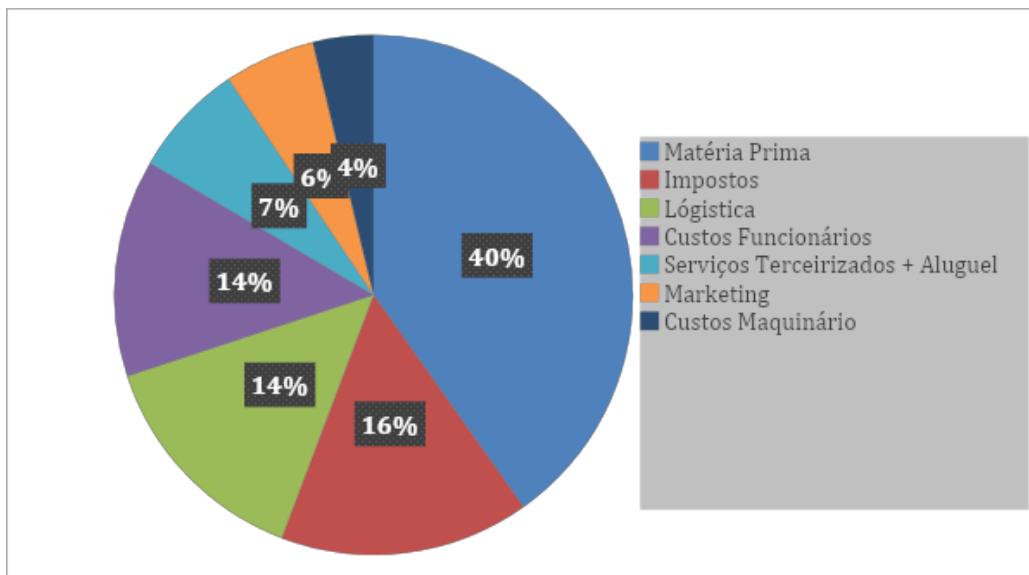
Tabela 33 - Custos de Operação no Cenário Realista

REALISTA		
Matéria Prima	4.623.600	40,18%
Impostos	1.793.127	15,58%
Lógistica	1.630.115	14,17%

Custos Funcionários	1.558.209	13,54%
Serviços Terceirizados + Aluguel	815.058	7,08%
Marketing	652.046	5,67%
Custos Maquinário	433.792	3,77%
Total	11.505.946,11	100%

Fonte: Autoria própria, 2019.

Gráfico 6 - Custos de Operação no Cenário Realista - Porcentagens



Fonte: Autoria própria, 2019.

Após o cálculo dos custos, foi realizado o cálculo do valor do novo lucro meta, agora com os custos calculados discriminadamente como visto acima no cenário realista. Para esse cálculo, foram somados os custos totais para os 5 anos de operação e o investimento inicial, realizando a comparação com o número de bengalas vendidas para chegar ao custo meta por bengala. Após esse cálculo, foi determinado o lucro meta a partir do valor meta de venda do produto, como demonstrado abaixo:

Tabela 34 - Indicadores Financeiros Revisados

Novo Custo Meta (2021 a 2025) - Cenário Realista	
Custos totais	R\$ 11.538.575,70

Bengalas Vendidas	29.638
Custo Meta / Bengala	R\$389,31

Fonte: Autoria própria, 2019.

Tabela 34 - Indicadores Financeiros Revisados

	Inicial	Revisado
Valor meta	R\$483,90	R\$550,00
Lucro meta	10%	29%
Custo meta	R\$435,51	R\$389,31

Fonte: Autoria própria, 2019.

Dessa forma, o valor meta é 14% maior do que o inicial, o lucro meta foi de 10% para 29% e o custo meta é 11% menor do que o inicial.

## 6.2. CUSTO DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O custo de desenvolvimento do projeto pôde-se revisto até a fase do projeto conceitual, uma vez que as fases de projeto detalhado, preparação para produção e lançamento do produto ainda não ocorreram. Desta forma, manteve-se a projeção de horas por semana para essas fases (valor indicado em vermelho na tabela 35) e atualizou-se apenas as horas das fases realizadas, pré desenvolvimento, projeto informacional e projeto conceitual.

Assumiu-se o mesmo custo de hora de trabalho por trabalhador (R\$ 20,91).

Tabela 35 – Tempo planejado e executado

Etapas	Quantidade de semanas	Horas Previstas por semana	Horas Realizadas por Semana	Total horas Previsto	Total Horas Realizado
Pré Desenvolvimento	13	20	10	260	130
Projeto Informacional	13	20	15	260	195
Projeto Conceitual	16	20	35	320	560
Projeto Detalhado	13	20	20	260	260
Preparação para Produção	10	20	20	200	200

Lançamento do produto	13	20	20	260	260
Total		120	95	1560	1605

Fonte: Autoria própria, 2019.

Com a atualização das horas realizadas até o projeto conceitual, nota-se que o grupo utilizou mais horas do que o previsto, o que aumentou em 3% a projeção do total de horas que serão realizadas até a conclusão do projeto. Esse aumento nas horas realizadas aconteceu durante o projeto conceitual em que foi realizado o protótipo do produto, acarretando horas de trabalho no laboratório para o seu desenvolvimento. No total foram dedicadas 47 horas para o desenvolvimento do protótipo, que foram divididas, para o cálculo da tabela 35, entre os 5 desenvolvedores do projeto durante as semanas do projeto conceitual.

O custo de desenvolvimento de projeto que no pré desenvolvimento era de R\$ 163.736,85 deve ser recalculado, utilizando a fórmula:

$$C = \text{Horas Previstas} \times \text{Custo de Hora de Trabalho} \times 5 + \text{Custo de Protótipo}$$

Desta forma, considerou-se as horas já realizadas e a previsão das horas a serem realizadas nas fases de projeto detalhado, preparação para produção e lançamento do produto e manteve-se o custo de protótipo em R\$ 673,95.

O novo custo de desenvolvimento do projeto é de R\$ 167.766,64, 3% maior do que o previsto no pré desenvolvimento.

Nota-se o aumento no custo de desenvolvimento do projeto por conta das horas empregadas no desenvolvimento do protótipo, o que indica a relação entre o nível de maturidade do projeto, que no caso deste projeto chegou-se ao TLR 3, e o custo de desenvolvimento do projeto.

### 6.3. CUSTO TOTAL DO INVESTIMENTO

O custo total de investimento é a soma do custo de implementação com o custo de desenvolvimento do projeto, desta forma, como o custo de implementação foi reduzido para R\$ 37.000, devido a revisões nos preços do

maquinário necessário para a produção, o custo total de investimento será de R\$ 167.766,64.

Assim, o investimento total, revisado, é de R\$ 221.766,64, 2% menor do que o definido no pré desenvolvimento (R\$217.736,85). Esse aumento se dá por conta de as horas desprendidas para a elaboração do protótipo, aumentando, assim, o custo com pessoal durante o desenvolvimento e pela redução nos custos do maquinário inicial para a produção.

## 6.4. FLUXO DE CAIXA E INDICADORES

Foram calculados os novos indicadores e projetados os fluxos de caixa. O cenário otimista se tornou mais atrativo com o aumento do lucro meta. Já no realista, o VPL aumentou e o payback se tornou um pouco menos atrativo. Isso significa que o projeto traz um grande retorno comprovado pelo VPL e TIR, mas que demora um relativo tempo para se pagar, uma vez que a empresa precisa conquistar o mercado.

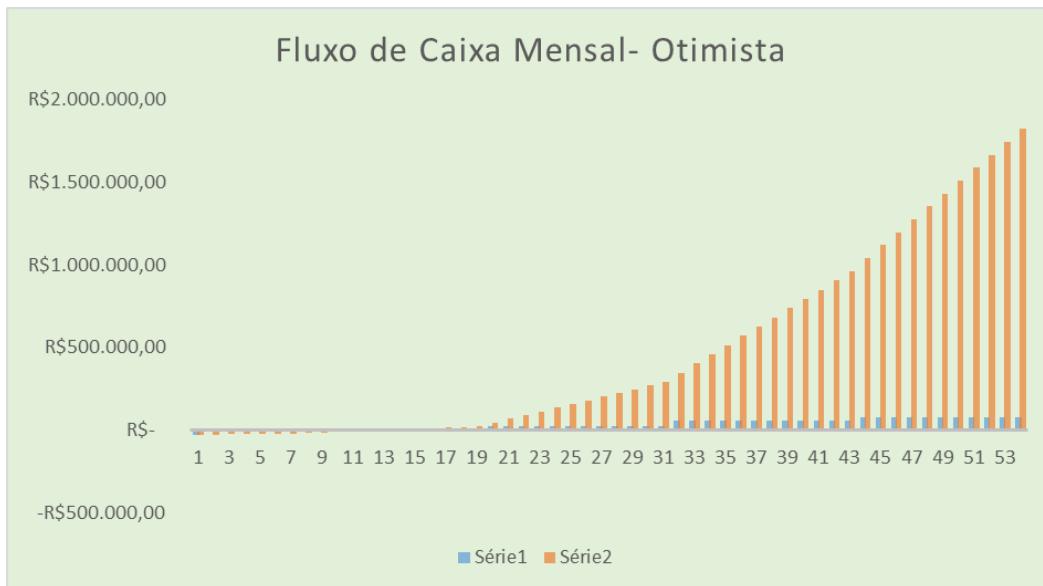
Tabela 36 - Indicadores Financeiros Revisados

Indicadores Financeiros			
Inicial			
	Otimista	Realista	Pessimista
VPL	R\$ 49.694,92	R\$ 8.872,65	-R\$ 22.202,34
Payback Descontado	12 meses	21 meses	44 meses
Revisado			
	Otimista	Realista	Pessimista
VPL	R\$ 1.272.798,63	R\$ 75.424,56	-R\$ 103.856,37
Payback Descontado	4 meses	23 meses	48 meses
TIR	48%	11%	

Fonte: Autoria própria, 2019.

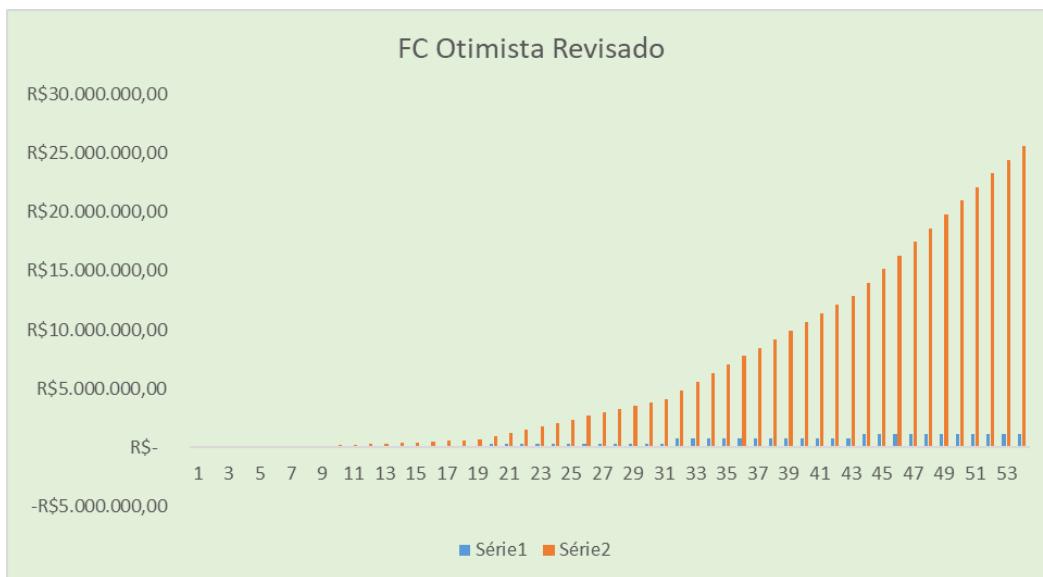
Já o cenário pessimista obteve resultados piores, uma vez que o produto tem um relativo grau de incerteza e está de certa forma entrando como pioneiro no mercado, o que traz seus riscos. Os cenários dos fluxos de caixa foram projetados como se observa nos gráficos abaixo:

Gráfico 7 - Fluxo de Caixa Otimista Inicial.



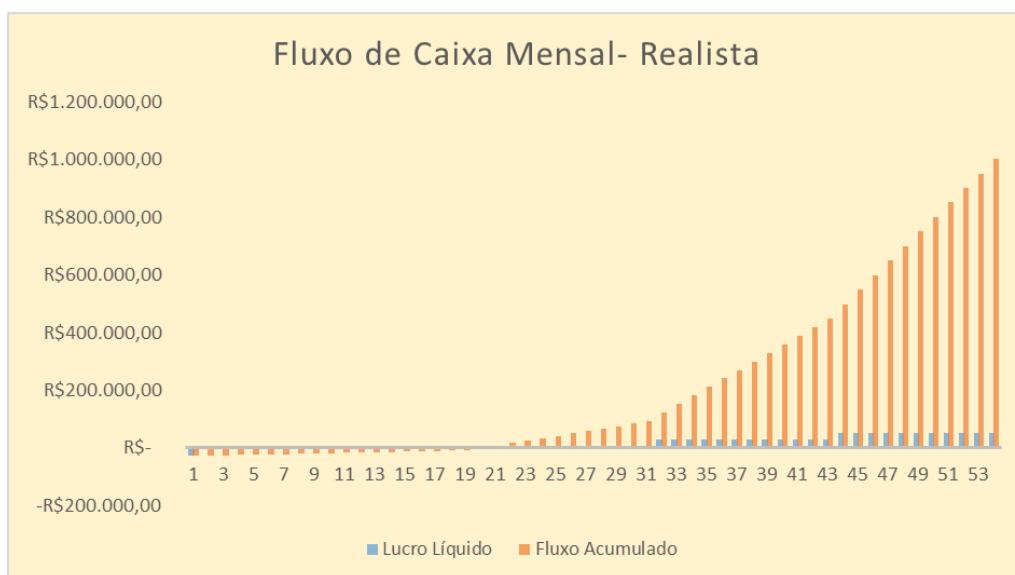
Fonte: Autoria própria, 2019.

Gráfico 8 - Fluxo de Caixa Otimista Revisado.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Gráfico 9 - Fluxo de Caixa Realista Inicial.



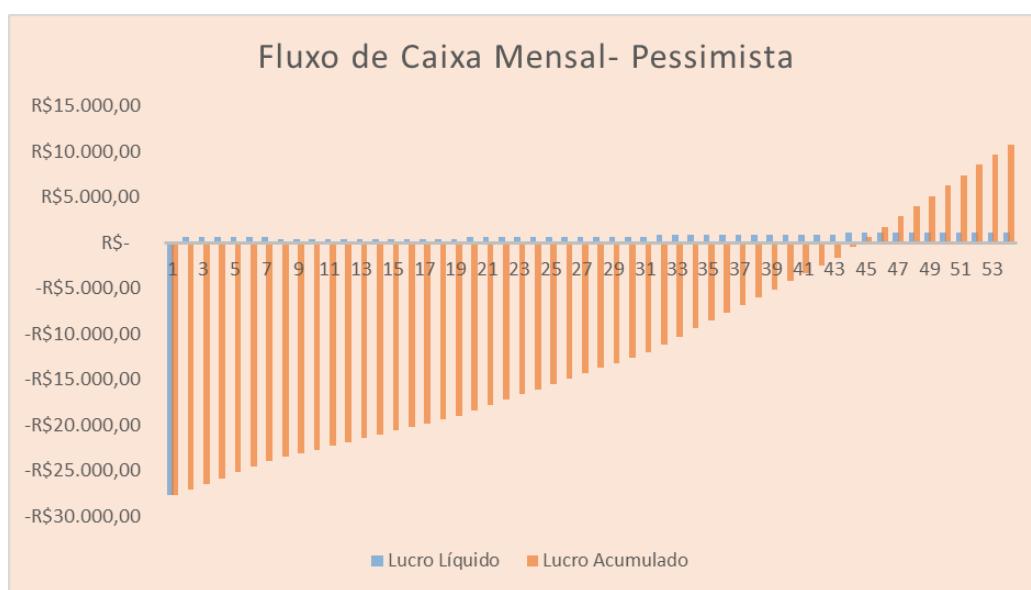
Fonte: Autoria própria, 2019.

Gráfico 10 - Fluxo de Caixa Realista Revisado.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Gráfico 11 - Fluxo de Caixa Pessimista Inicial.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Gráfico 12 - Fluxo de Caixa Pessimista Revisado.



Fonte: Autoria própria, 2019.

## 7. CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Foi desenvolvido um protótipo para exemplificação do funcionamento do produto. O tipo do protótipo criado é o focalizado. Segundo ULRICH e EPPINGER (2006), os protótipos focalizados implementam parcialmente os atributos do produto. No caso da bengala desenvolvida, buscou-se comprovar a viabilidade da programação e construção física do produto, se preocupando com o funcionamento dos sensores e a lógica do produto.

Alguns aspectos foram deixados de lado por restrições de tempo e de conhecimento de programação como o funcionamento via Bluetooth, processamento de dados e transmissão pelo fone de ouvido e captação de buracos.

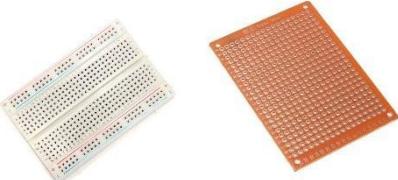
No entanto, foram tomadas as devidas precauções para comprovar a viabilidade técnica do que não foi testado, de forma a levantar os requisitos e entender a funcionalidade dos recursos. Serão apresentados os componentes utilizados, o código utilizado, esquema de ligação dos componentes e metodologia com fotos do processo de construção.

### 7.1. COMPONENTES UTILIZADOS

Para a montagem do protótipo, foram utilizados os componentes apresentados na tabela abaixo:

Tabela 37 - Componentes utilizados no protótipo

Componente	Foto
1 Arduino Nano	
3 Sensores Ultrassônicos HC-SR04	

Módulo Buzzer Passivo Piezoelétrico	
Bateria de 9V	
Jumpers	
Protoboard e Placa de Fenolite	
Cabo para Arduino	

FONTE: Autoria Própria, 2019.

## 7.2. CÓDIGO UTILIZADO

O código utilizado está apresentado abaixo. Ele faz o uso de uma biblioteca para sensores ultrassônicos chamada “Ultrasonic”, que calcula a distância baseada na velocidade do som e o tempo que leva para a onda sair e voltar ao sensor. O “trigger” de cada sensor é responsável por enviar a onda e o “echo” a receber.

Foram colocadas as distâncias mínimas de 10 e 25 centímetros e as distâncias máximas de 35 e 100 centímetros, para os sensores da frente e de cima, respectivamente. O sensor que tinha a finalidade de buracos foi testado mas não

foram colocadas distâncias, de forma que ele foi instalado como teste. O texto do código está disponível abaixo:

```
#include <Ultrasonic.h>

//Define os pinos para o trigger e echo
//TRIGGER PODE SER O MESMO PRA TODOS
#define pino_trigger 8
#define pino_echo 10
#define pino_triggersegundo 8
#define pino_echosegundo 11
#define pino_triggerterceiro 8
#define pino_echoterceiro 12
#define pino_buzzer 6
#define DEBUG 0 //debug 1 pra usar o monitor serial do pc
//Inicializa o sensor nos pinos definidos acima
Ultrasonic ultrasonic(pino_trigger, pino_echo);
Ultrasonic ultrasonic2(pino_triggersegundo, pino_echosegundo);
Ultrasonic ultrasonic3(pino_triggerterceiro, pino_echoterceiro);
void setup()
{
    #if(DEBUG)
        Serial.begin(9600);
        while(!Serial);
        Serial.println("Lendo dados do sensor...");
    #endif
    //Trigger como OUTPUT
    pinMode(pino_trigger, OUTPUT);
    pinMode(pino_triggersegundo, OUTPUT);
    pinMode(pino_triggerterceiro, OUTPUT);
    //Echo como INPUT
    pinMode(pino_echo, INPUT);
    pinMode(pino_echosegundo, INPUT);
    pinMode(pino_echoterceiro, INPUT);
    //Buzzer como OUTPUT
    pinMode(pino_buzzer, OUTPUT);
    digitalWrite(pino_buzzer, LOW);
    delay(1000);
    digitalWrite(pino_buzzer, HIGH);
    delay(1000);
}

void loop()
{
    //Le as informacoes do sensor, em cm
    long cmMsec = ultrasonic.read(CM);
    long cmMsec2 = ultrasonic2.read(CM);
    long cmMsec3 = ultrasonic3.read(CM);

    #if(DEBUG)
        //Exibe informacoes no serial monitor
        Serial.print("Distancia em cm: ");
        Serial.println(cmMsec);
        Serial.print("Distancia 2 em cm: ");
        Serial.println(cmMsec2);
        Serial.print("Distancia 3 em cm: ");
        Serial.println(cmMsec3);
        delay(100);
    #endif
}
```

```

if(cmMsec > 10 && cmMsec <= 35){
    #if(DEBUG)
        Serial.println("objeto 1 detectado");
    #endif
    tone(pino_buzzer,1000,500);

}
else if (cmMsec2 > 25 && cmMsec2 <=100){
    #if(DEBUG)
        Serial.println("objeto 2 detectado");
    #endif
    tone(pino_buzzer,50,500);

}
else if (cmMsec3 > 0 && cmMsec3 <0){

    #if(DEBUG)
        Serial.println("objeto 3 detectado");
    #endif
}
else{
    #if(DEBUG)
        Serial.println(cmMsec);
        Serial.println("nao entrou");
    #endif
    digitalWrite(pino_buzzer, HIGH);
}
delay(100);
}

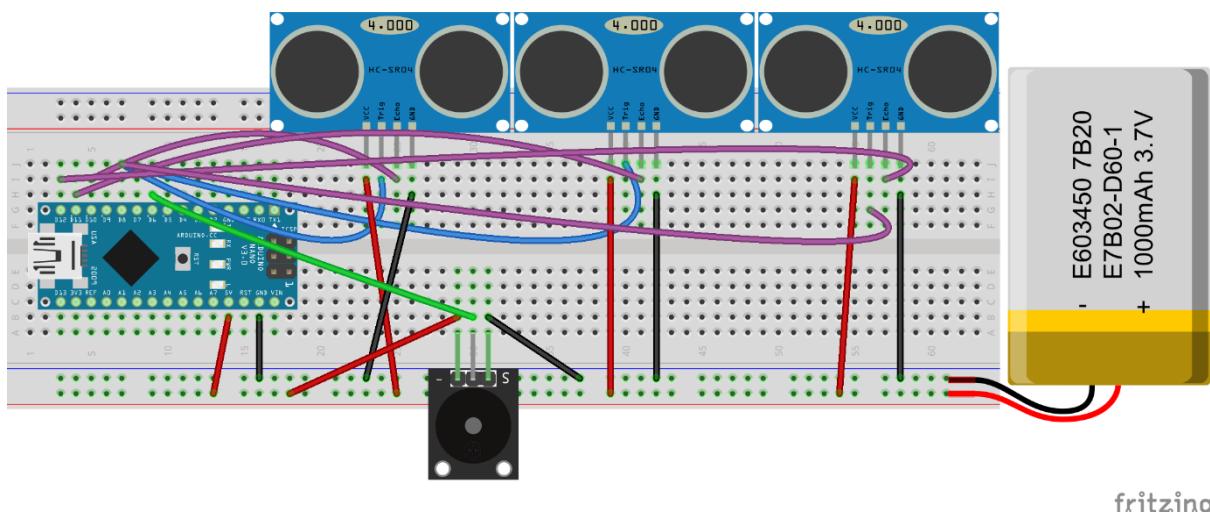
```

FONTE: Autoria Própria, 2019.

### 7.3. ESQUEMA DE LIGAÇÃO DOS COMPONENTES

Os componentes foram ligados conforme o esquema abaixo, para testes iniciais do código e das ligações:

Figura 21 - Ligação dos componentes

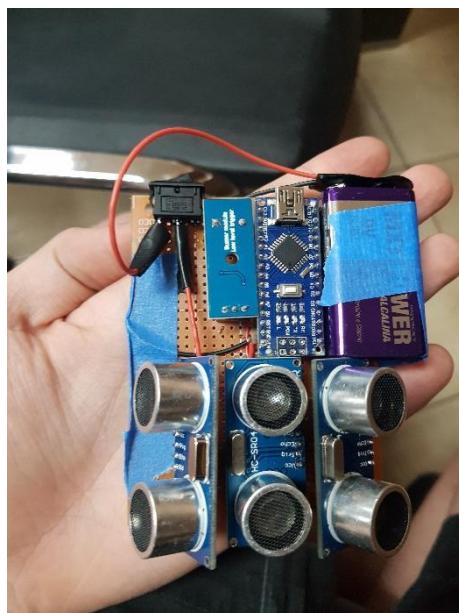


FONTE: Autoria Própria, 2019.

## 7.4. PROCESSO DE CONSTRUÇÃO

Primeiramente, os componentes foram montados conforme o esquema apresentado no tópico acima. Depois, foram soldados os componentes em uma placa de fenolite para a maior portabilidade e ausência de fios.

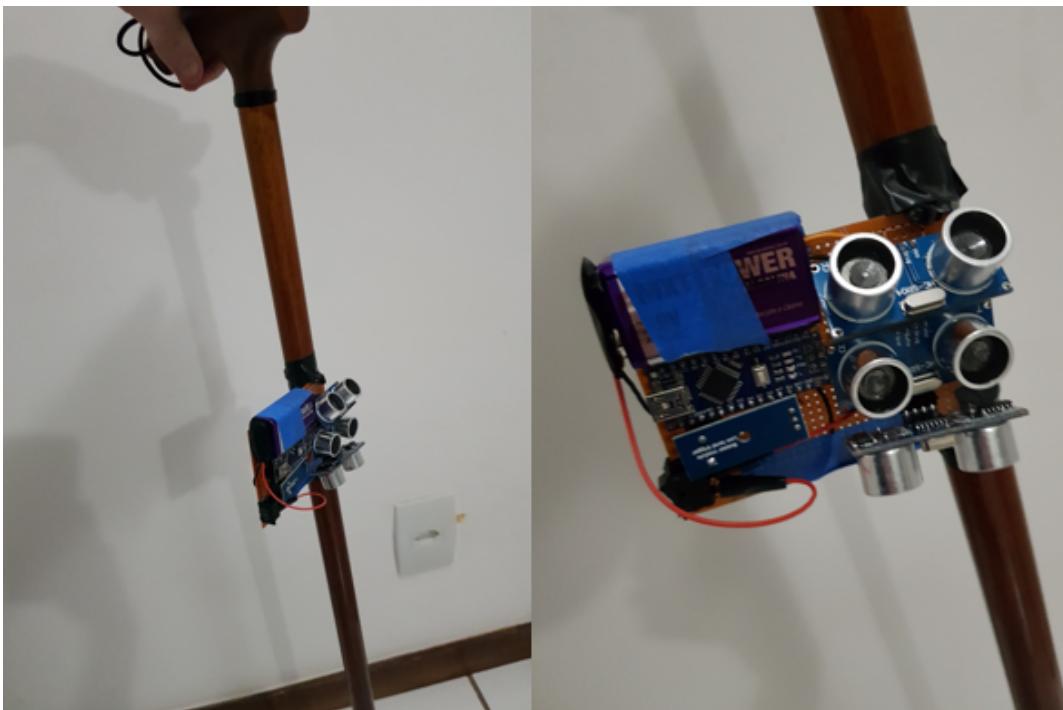
Figura 22 - Componentes montados e soldados



FONTE: Autoria Própria, 2019.

Foi utilizado Estanho para a soldagem e foram utilizados Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) na solda. Após a soldagem pronta, a parte eletrônica foi acoplada na bengala e foram realizados testes da proximidade, obtendo sucesso na identificação de obstáculos altos e baixos.

Figura 23 - Componentes montados presos na bengala



FONTE: Autoria Própria, 2019.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Projeto de Desenvolvimento de Produto (PDP) em questão abordou detalhadamente as etapas que vão do Pré-Desenvolvimento até o Projeto Conceitual do produto, não desdobrando o projeto detalhado, que seria a próxima etapa do PDP. O modelo de referência adotado seguiu como base o modelo proposto por Rozenfeld et al. (2016) adotado ao longo da disciplina de Projeto de Sistemas de Produção 6.

Primeiramente, foi identificado um problema real junto ao cliente CETEFE com seus pacientes portadores de deficiência visual. Os mesmos possuíam enorme dificuldade de se locomover independentemente nos meios urbanos, em função da infraestrutura inadequada e falta de apoio tecnológico que pudesse dar um apoio aos deficientes visuais na locomoção diária. A partir desse ponto viu-se a oportunidade de projetar um produto que entregue extremo valor para a vida dessas pessoas.

Na etapa do Pré-Desenvolvimento foi realizada uma coleta e análise de informações do ambiente externo, buscando ao máximo entender como o produto a ser desenvolvido se enquadraria no mercado em relação a patentes, tecnologias existentes, concorrentes e ao mesmo tempo atender todas as legislações a fim de se evitar problemas futuros. Também no pré-desenvolvimento é feita uma análise dos fatores internos, como o estudo inicial da viabilidade técnica e econômica do produto, permitindo assim o início da próxima etapa do modelo de referência.

O Projeto Informacional busca transformar as necessidades coletadas junto aos clientes em especificações-meta para o produto. Nessa etapa de transformação são utilizadas diversas ferramentas, como por exemplo o QFD, para converter as necessidades nas especificações-meta finais. Além disso, é nessa etapa que é definido o ciclo de vida do produto e os clientes de cada fase.

Finalmente, o Projeto Conceitual visa definir uma concepção e arquitetura do produto tendo em visto todas as informações consolidadas das etapas anteriores. Nessa etapa são utilizados tanto métodos de criatividade quanto sistemáticas para chegar na concepção final do produto já com as tecnologias descritas.

Assim, a IRIS buscou solucionar os problemas de locomoção urbana para deficientes visuais através de uma bengala eletrônica que detecta buracos a partir de 3 sensores ultrassônicos e informa o usuário tanto por vibração quanto por áudio em um fone de ouvido. O produto, ao final deste Projeto tem um nível de maturidade tecnológica 3 (TRL 3) onde estão começando os testes de funções críticas em ambiente de laboratório.

Ainda, nota-se que existe a possibilidade de reduzir ainda mais os custos de matéria-prima com parcerias com os fornecedores, na qual os mesmos já poderiam fazer a montagem de certos subsistemas, reduzindo os custos de mão-de-obra da IRIS. Além disso, é essencial que todas as funções críticas sejam adequadamente medidas em laboratório para em seguida testar no ambiente real de uso.

## 9. LIÇÕES APRENDIDAS

As lições aprendidas são de extrema importância para a documentação de cada fase projeto, uma vez que nelas registram-se os erros ocorridos, de forma a evitar a reincidência desses erros em projetos futuros, ou mesmo nas próximas fases do mesmo projeto. Desta forma, foram registradas as lições aprendidas de cada fase de projeto deste relatório, pré desenvolvimento, projeto informacional e projeto conceitual.

### 9.1. PRÉ DESENVOLVIMENTO

Durante o pré desenvolvimento a grande dificuldade da equipe foi a fixação com o princípio de solução quando o ponto a ser focado, nesta fase, é a definição clara do problema a ser trabalhado.

Por ser uma etapa crucial para o desdobramento do projeto, as decisões requerem a presença de todos os integrantes do grupo, desta forma, no início de cada reunião havia um alinhamento das atividades realizadas individualmente para a validação do grupo e possíveis ajustes para que a coerência do projeto fosse mantida.

Um ponto positivo observado nesta etapa foi a busca por outras instituições que trabalham com deficientes visuais, para realizar as entrevistas, além das entrevistas realizadas no cliente inicial, CETEFE. Isso trouxe mais insumo para a coleta das necessidades do usuário.

### 9.2. PROJETO INFORMACIONAL

O projeto informacional foi a fase que mais demandou trabalho em equipe e alinhamento, uma vez que há o levantamento de dados que são cruciais para o desdobramento do projeto, como as necessidades dos clientes, requisito do cliente, requisito do produto, informações que vão ser definitivas para a fase de projeto conceitual.

Nesta etapa muitos dos métodos aplicados são relacionados, desta forma, deve haver coerência entre os resultados obtidos durante a aplicação de cada

método. Um ponto de dificuldade encontrado nesta etapa foi realizar o rastreamento das informações, uma vez que a parte das necessidades do cliente e chega-se nas especificações meta do produto e todas as etapas entre essas atividades devem conversar e ser rastreável.

Além disso, viu-se a importância da validação de cada entrega, uma vez que o Diagrama de Mudge e o Diagrama de Kano tiveram que ser refeitos algumas semanas após a entrega por falta de validação inicial, fator que atrasou o cronograma inicial.

Por fim, destaca-se a importância de documentar as etapas da fase do projeto constantemente ao longo do desenvolvimento e não consolidar tudo apenas no final de cada fase, uma vez que isso não só sobrecarrega a equipe, mas também permite que algumas informações relevantes se percam ao longo do caminho.

### 9.3. PROJETO CONCEITUAL

No projeto conceitual o produto é modelado e todos os componentes que irão o compor devem ser listados, bem como suas funções.

Pelo fato de a equipe não ser multidisciplinar, sendo composta apenas de alunos da engenharia de produção, esta etapa foi um grande desafio, uma vez que a modelagem funcional escolhida é composta por diversos dispositivos eletrônicos e o conhecimento da equipe na área de sistemas eletrônicos não era tão amplo quanto o necessário.

Assim, viu-se a importância de equipes com pessoas de diversas áreas do conhecimento para o desenvolvimento de produtos.

## REFERÊNCIAS

- PEREZ JR., José Hernandez, OLIVEIRA, Luís Martins de, COSTA, Rogério Guedes. Gestão Estratégica de Custos. São Paulo: Atlas, 1999.
- DE ARAÚJO, Gláudia Fabiana Silva F. et al. O CUSTO-META COMO ESTRATÉGIA EMPRESARIAL. In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 2004.
- ROZENFELD, Henrique et al. Gestão do desenvolvimento de produtos: uma abordagem por processos. São Paulo: Saraiva, 2006.
- ASSAF NETO, Alexandre. Os métodos quantitativos de análise de investimentos. Caderno de Estudos, n. 6, p. 01-16, 1992.
- BUENO, Rodrigo de Losso da Silveira; RANGEL, Armênio de Souza; SANTOS, José Carlos de Souza. Matemática financeira moderna. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- Fundação Dorina. Estatísticas da deficiência visual. Disponível em:  
World Bank. World development indicators. Disponível em:  
<http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>
- Perkins School For The Blinds. Disponível em:  
<https://www.perkins.org/stories/10-fascinating-facts-about-the-white-cane>
- Blog da Qualidade. Ambientes de Manufatura. Disponível em:  
<https://blogdaqualidade.com.br/ambientes-de-manufatura/>
- Bengala Eletrônica para Deficientes Visuais: contribuição à locomoção nos centros urbanos.
- Bengala Eletrônica para Deficientes Visuais: contribuição à locomoção nos centros urbanos. Disponível em:  
[https://wp.ufpel.edu.br/labserg/files/2018/03/o\\_tcc\\_dummer\\_2018.pdf](https://wp.ufpel.edu.br/labserg/files/2018/03/o_tcc_dummer_2018.pdf)
- Quem vem primeiro: Bengala eletrônica ou bengala inteligente? Disponível em:  
<https://olhardeumcego.wordpress.com/2015/04/01/quem-vem-primeiro-bengala-eletronica-ou-bengala-inteligente/>
- O que é Tecnologia Assistiva? Disponível em: <http://www.assistiva.com.br/tassistiva.html>
- Bengala branca: Símbolo de independência das pessoas cegas Disponível em:  
<http://www.bengalalegal.com/bengala-branca>
- Estatísticas da deficiência visual Disponível em:  
<https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/estatisticas-da-deficiencia-visual/>
- MARIBONDO, J.F. Metodologia de projeto de sistema modular. 2000. 280f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

REZENDE, Rogério; ZAIDAN, Fernando. Um modelo para integrar a confiabilidade ao processo de desenvolvimento de produtos. Ponta Grossa, 2017.

ULRICH, KARL T.; EPPINGER, STEVEN D. Product Design and Development. 4rd ed. New York: McGraw-Hill, 2004. 384p.

## ANEXO I

### Questionário qualitativo dos potenciais usuários

- Sexo

( ) Masculino ( ) Feminino

- Idade

1. É deficiente visual?

( )Totalmente  
( )Parcialmente  
( ) baixa visão (resíduo visual)  
( ) não

2. se sim, há quanto tempo?

3. se não, convive com alguém cego?

( )sim  
( )não

4. se sim, há quanto tempo?

5. Você tem alguma dificuldade para se locomover? Se sim, qual?

6. Utiliza ou já utilizou equipamentos de apoio para locomoção diária?

( )sim  
( )não

7. se sim, quais equipamentos utilizou?

8. Algum desses aparelhos SATISFAZ suas necessidades diárias de locomoção?

( )sim  
( )não

9. se sim, qual(is) é(são) esse(s) equipamento?

10. se não, o que falta para que esses equipamentos te satisfaçam?

11. Existe algum equipamento NO MERCADO que satisfaça suas necessidades?

12. Se sim, por que ainda não utiliza?

- 13.** Com base nos preços atuais dos equipamentos, quanto você estaria disposto a pagar por um produto que solucionasse o seu problema?