

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

ARIEL DOV BER GANDELMAN
FELIPE HECKE MENDES

**DESENVOLVIMENTO DO PROJETO E PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO
PARA DESPERTAR SURDOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
(Tcc 2)

CURITIBA

2014

ARIEL DOV BER GANDELMAN

FELIPE HECKE MENDES

DESENVOLVIMENTO DO PROJETO E PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO PARA DESPERTAR SURDOS

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. David Kretschek; M. Eng

CURITIBA

2014

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa “DESENVOLVIMENTO DE PROJETO E PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO PARA DESEMPERTAR SURDOS”, realizada pelos alunos Ariel Dov Ber Gandelman e Felipe Hecke Mendes, como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. David Kretschek; M. Eng.
DAMEC, UTFPR
Orientador

Prof. Francisco Godke; Dr. Eng.
DAMEC, UTFPR
Avaliador

Prof. Josmael Roberto Kampa; M. Eng.
DAMEC, UTFPR
Avaliador

Curitiba, 19 de maio de 2014.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos sobretudo a D-us pelas bênçãos recebidas.

Aos nossos pais e nossa família pelo apoio e dedicação, nossa base para alcançar esta conquista.

Ao nosso professor orientador, David Kretschek, pela excepcional condução que deu a este trabalho e por não medir esforços para o seu sucesso.

Ao professor Francisco Gödke, expoente e referência em tecnologia assistiva, pelos inestimáveis conselhos e recomendações.

Ao professor Josmael Roberto Kampa, por mostrar pontos de vista inovadores e aguçar nossa curiosidade.

À Escola Municipal de Educação de Surdos Professor Ilza de Souza Santos pela atenção e simpática recepção, em especial aos funcionários entrevistados e à diretora da escola a qual intermediou a comunicação com os surdos.

À Federação Nacional de Educação e Integração dos Surdos (FENEIS-PR) pela recepção e distribuição dos questionários à comunidade surda nacional.

Ao professor Alfredo Vrubel pela excelente condução da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II.

Ao professor Gustavo Borba e ao Gildo, pelo direcionamento técnico em eletrônica.

Ao curso de Engenharia Industrial Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e a todos os seus professores por nos preparar tecnicamente, e principalmente por nos transmitir valores que contribuíram com a nossa formação para o futuro como pessoas.

יֵחַ וְשָׁמְעוּ בַּיּוֹם הַהוּא הַחֲרָשִׁים
דְּבַר־יִסְפָּר וּמֵאֲפֶל וּמִחֹשֶׁךְ עֵינַי
עֹרִים תִּרְאֶינָה:

"And on that day shall the deaf hear the words of the book, and the eyes of the blind shall see out of the obscurity, and out of darkness." (Isaías 29:18)

RESUMO

GANDELMAN, Ariel Dov Ber; MENDES, Felipe Hecke. Desenvolvimento de projeto e protótipo de dispositivo para despertar surdos. 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Mecânica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

No Brasil, mais de 2 milhões de habitantes possuem grande dificuldade de audição ou são completamente surdos. Uma grande dificuldade desse público é despertar com horário definido, pois despertadores comuns fazem uso de alarmes sonoros para cumprir sua função. Dispositivos alternativos que fazem uso de outros sentidos do corpo humano já foram desenvolvidos, mas são escassos no mercado nacional e possuem custos elevados. Este trabalho apresenta o desenvolvimento do projeto e protótipo de um dispositivo para despertar surdos. Para isso, foi aplicada a metodologia de projeto de produtos de Rozenfeld *et al.* (2006), baseada na de Pahl *et al.* (1996). Assim, neste documento é feita uma revisão bibliográfica sobre os aspectos médicos da surdez, do cenário nacional, do despertar e das tecnologias assistivas existentes para surdos. A etapa de Projeto Informacional é então apresentada, com o levantamento do estado da arte de dispositivos e aparelhos de alertas destinados aos surdos, além do estudo de *benchmarking* de aparelhos despertadores para surdos existentes no mercado nacional e global. Em seguida, o estudo e apresentação da definição e das necessidades dos potenciais clientes são apresentados. Para tanto, foram colhidas informações por meio de entrevistas e aplicação de questionários. Com base nos dados colhidos foi possível identificar as principais necessidades dos clientes com relação ao produto a ser desenvolvido. Estas necessidades foram convertidas em uma lista de requisitos de produto, definindo características técnicas que o produto deve possuir. A ferramenta casa da qualidade foi utilizada de modo a obter uma classificação por importância dos requisitos de projeto e assim permitir aos projetistas dar maior ênfase para os requisitos encontrados no topo da lista. A etapa seguinte é chamada de Projeto Conceitual e foi destinada ao desenvolvimento da concepção do produto. Nela foi estabelecida a estrutura funcional do produto que serviu de base para a elaboração de uma matriz morfológica com alternativas soluções para cada função. Essas alternativas foram julgadas e arranjadas para obter concepções de produto. A partir de uma análise comparativa, que leva em conta as especificações de projeto, a melhor concepção foi escolhida. Optou-se por uma concepção dividida em dois módulos, um vibrador e outro base, conectados entre si por ondas de rádio. O Projeto Preliminar e Detalhado é a etapa final deste trabalho. Esta etapa iniciou com a apresentação do leiaute detalhado da concepção escolhida, com a identificação dos componentes. Para permitir o dimensionamento do produto, foi elaborado um diagrama de propagadores de restrição para identificar as restrições que as características de alguns elementos e componentes impõem ao projeto. Cada componente foi detalhado, e sua escolha justificada. As carcaças dos módulos foram projetadas e um estudo da resistência mecânica das carcaças foi efetuado, baseado em simulações computacionais. Um protótipo funcional foi construído e foram realizados testes com voluntários. Obteve-se também outro protótipo, por meio de impressão 3D, para avaliar a opção de fixação e a viabilidade do projeto da peça de plástico injetado. Os resultados preliminares indicam que o dispositivo é um meio eficaz a ser utilizado como alternativa para despertar surdos.

Palavras-chave: despertador, surdos, tecnologia assistiva.

ABSTRACT

GANDELMAN, Ariel Dov Ber; MENDES, Felipe Hecke. Desenvolvimento de projeto e protótipo de dispositivo para despertar surdos. 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Mecânica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

In Brazil, more than 2 million people are hearing impaired or completely deaf. A major difficulty to that public is awakening in pre-defined time, since common alarm clocks make use of audible alarms to fulfill its function. Alternative devices that make use of other senses of the human body have been developed, but are scarce in the domestic market and have high costs. This monograph presents the design and development of a prototype device to wake the deaf. For this, the design methodology of products from Rozenfeld *et al.* (2006), which is based on Pahl *et al.* (1996) was applied. Thus, in this monograph a literature review about the medical aspects of deafness, the national scene, and the awakening of existing assistive technologies for deaf is made. The Informational Project is then presented, with the lifting of the state of the art of devices that intend to alert deaf people. Also the benchmarking study in the national and global market of existing alarm devices for the deaf are presented. Then, the study and definition of potential customers' needs are provided. To reach this, information was collected through interviews and questionnaires. Based on the data collected it was possible to identify key customer needs for the product to be developed. These needs have been converted into a list of product requirements, defining the specifications that the product must possess. The house of quality tool was used to obtain a ranking by importance of design requirements and thus enable designers to give greater emphasis to the requirements found in the top of the list. The next step is called Conceptual Design and was aimed at developing the product design. Therein was established the functional structure of the product that formed the basis for the development of a morphological matrix with alternative solutions for each function. These alternatives were tried and arranged for product conceptions. From a comparative analysis, which takes into account the specifications of design, the best design was chosen. A conception divided into two modules was opted, one vibrator and the other as a base, connected by radio waves. The Preliminary and Detailed Design is the final stage of this work. This stage began with the presentation of the detailed layout of the design chosen, with the identification of components. To allow the sizing of the product, a diagram of restriction propagators was designed to identify the restrictions that the characteristics of some elements and components make to the project. The choice of each component was detailed and justified. Carcasses of modules were designed and a study of the mechanical strength of the carcasses was made, based on computer simulations. A functional prototype was built and tests were conducted with volunteers. Was also obtained another prototype, by 3D printing, to evaluate the option of attachment and the viability of the injected plastic part design. Preliminary results indicate that the device is an effective mean to be used alternatively as awaking for the deaf people.

Key words: alarm clock, deaf people, assistive technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação esquemática do ouvido humano	16
Figura 2 – Aparelho auditivo tipo CROS	20
Figura 3 - Aparelho auditivo de condução óssea	21
Figura 4 - Esquemática de implante coclear.....	21
Figura 5 - Telefone público com teclado teletipo	22
Figura 6 - Aplicativo para <i>smartphones</i> “Sign 4 Me”	23
Figura 7 - Aplicativo para “ <i>smartphones</i> ” TapTap	24
Figura 8 - Motor vibrador de aparelho celular.....	31
Figura 9 - Dispositivo de alerta para surdos.....	32
Figura 10 - Alarme vibratório contra incêndio para surdos.....	33
Figura 11 - Alarme de incêndio para surdos.....	33
Figura 12 - Detector de fumaça para surdos	34
Figura 13 - Campanha para surdos.....	34
Figura 14 - Pulseira vibratória	35
Figura 15 - Pulseira <i>Soft Touch</i>	35
Figura 16 - <i>Z-band</i>	36
Figura 17 - Babá eletrônica para surdos	37
Figura 18 - <i>Light On</i>	37
Figura 19 - Óculos que alertam sons aos surdos	38
Figura 20 - Emoti-Chair	39
Figura 21 - Barra sinalizadora para veículos de emergência	39
Figura 22 - Luz de alerta giratória para sinalização de veículos.....	40
Figura 23 - Cadeia de clientes.....	46

Figura 24 - Gráfico comparativo entre os resultados das perguntas do questionário específico.....	51
Figura 25 - Função Global do sistema	60
Figura 26 - Estrutura funcional do sistema – Primeiro nível do desmembramento ...	61
Figura 27 - Estrutura funcional do sistema –Segundo nível do desmembramento (função Configurar)	61
Figura 28 - Estrutura funcional do sistema – Segundo nível do desmembramento (função Despertar)	62
Figura 29 - Leiaute da concepção escolhida	74
Figura 30 - Leiaute do módulo vibrador.....	77
Figura 31 – Leiaute do módulo principal	78
Figura 32 - Propagadores de restrição do módulo vibrador	79
Figura 33 - Propagadores de restrição do módulo principal.....	79
Figura 34 – Motores vibradores das séries PicoDrive™ e UniVibe™	82
Figura 35 - Regulador de cintas Fonte: autoria própria	86
Figura 36: Fita de tecido.....	87
Figura 37 - Fivela de pressão e encaixe	88
Figura 38 - Leiaute do ecrã	90
Figura 39 - Exemplo de tela mostrada pelo ecrã.....	90
Figura 40 - <i>Encoder</i> rotatório com botão de pressão integrado	92
Figura 41 – Peças de plástico injetado do módulo vibrador	96
Figura 42 - Modificação para espessura de parede uniforme	97
Figura 43 – Furo adicionado sob o gancho de engate	97
Figura 44 – Furo adicionado sob a alça da cinta elástica.....	98
Figura 45 - Análise de inclinação	98
Figura 46 - Análise final das inclinações	99

Figura 47 - Teste de simulação de força de movimentos involuntários.....	100
Figura 48: Valor máximo encontrado no teste.....	100
Figura 49 - Carga aplicada na parte superior.....	101
Figura 50 - Peça superior: tensões de von Mises para espessura de 2 mm	102
Figura 51 - Peça superior: tensões de von Mises para geometria com nervuras transversais.....	103
Figura 52 - Peça superior: tensões de von Mises para espessura de parede 3mm	104
Figura 53 - Peça inferior: forças distribuídas.....	105
Figura 54 - Peça inferior: tensões de von Mises	105
Figura 55 – Análise de inclinações do módulo principal.....	107
Figura 56 - Componentes plásticos da carcaça do módulo principal	108
Figura 57 - Modelo do dispositivo.....	110
Figura 58 – Adaptação do relógio despertador ao motor vibrador	111
Figura 59 – Circuito de alimentação do motor.....	112
Figura 60 - Motor acoplado	113
Figura 61 - Eden 250V	114
Figura 62 - Peças obtidas com a impressão em 3D.....	114
Figura 63 - Montagem dos componentes na carcaça impressa.....	115
Figura 64 – Segundo protótipo	116
Figura 65 - Teste de fixação.....	117
Figura 66 - Regulador de comprimento da fita do protótipo	117
Figura 67 – Fivelas de pressão e encaixe no protótipo	118
Figura 68 – Disposição do protótipo na cama do voluntário.....	119
Figura 69 – Teste de protótipo com voluntário	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos deficientes auditivos no Brasil - 2010	25
Tabela 2 – Exemplos de alguns limiares de gustação	28
Tabela 3 - Benchmarking de dispositivos despertadores para deficientes auditivos .	42
Tabela 4 - Necessidades dos clientes.....	53
Tabela 5 - Casa da qualidade Fonte: Autoria própria.....	57
Tabela 6 - Valores e símbolos para o Grau de Relacionamento	58
Tabela 7 – Ordenação dos Requisitos de Projeto.....	59
Tabela 8 - Matriz de Avaliação Relativa	73
Tabela 9 - Seleção prévia de baterias com tempos de duração calculados.....	84
Tabela 10 - Especificação da alimentação do módulo vibrador	85
Tabela 11 - Lista de Materiais	109
Tabela 12 - Avaliação de cumprimento dos requisitos	121

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Contexto do Tema	12
1.2	Caracterização do Problema	13
1.3	Objetivos	13
1.3.1	Objetivo geral	13
1.3.2	Objetivos específicos	13
1.4	Justificativa	14
1.5	Estruturas do trabalho	14
2	OS DESAFIOS DA SURDEZ E O DESPERTAR HUMANO	16
2.1	Surdez	16
2.1.1	Anatomia e Fisiologia da Audição	16
2.1.2	A deficiência auditiva do ponto de vista anatômico	17
2.1.3	Definição da deficiência auditiva de acordo com a intensidade dos sons detectados	18
2.1.4	Tratamentos Médicos e Cirúrgicos	18
2.1.5	Tecnologias assistivas para deficientes auditivos	18
2.1.6	Aparelhos auditivos	19
2.1.7	Outras tecnologias assistivas para deficientes auditivos	22
2.2	Panorama da surdez no Brasil	24
2.2.1	Os Deficientes no Mercado de Trabalho	25
2.2.2	Dificuldade de Despertar Surdos	26
2.3	Fisiologia do despertar	26
2.4	Os estímulos de despertar e os sentidos humanos	27
2.4.1	Visão	27
2.4.2	Os sentidos químicos: gustação	28
2.4.3	Os sentidos químicos: olfação	29
2.4.4	O tato e o sistema somatossensorial	29
2.5	Conclusão do capítulo	30
3	PROJETO INFORMACIONAL	31
3.1	Levantamento do Estado da Arte	31
3.2	Benchmarking	41
3.3	Definição dos clientes e das necessidades dos clientes.	45
3.3.1	Coleta de informações	46
3.3.2	Análise dos resultados das pesquisas	48
3.3.3	Necessidades dos clientes	52
3.4	Definição dos requisitos do produto	53
3.4.1	Casa da qualidade	56
3.4.2	Classificação dos Requisitos de Projeto	58
4	PROJETO CONCEITUAL	60
4.1	Estrutura funcional	60
4.2	Geração de soluções	62
4.3	Geração de concepções	64
4.4	Seleção da concepção e leiaute inicial	72
4.5	Sumário do capítulo	75
5	PROJETO PRELIMINAR E DETALHADO	76

5.1	Identificação dos componentes e leiaute detalhado	76
5.2	Propagadores de restrição	78
5.3	Considerações sobre a exposição humana a vibrações	80
5.4	Intensidade de vibração e motor vibrador	81
5.5	Baterias	83
5.6	Cinta de fixação elástica	86
5.7	Interface do usuário	89
5.7.1	Ecrã	89
5.7.2	Botões	91
5.8	Projeto eletrônico e placa de circuito impresso	93
5.9	Dimensionamento das carcaças	94
5.9.1	Carcaça do módulo vibrador	95
5.9.2	Carcaça do modulo principal	106
5.10	Configuração final do dispositivo	108
5.11	Construção dos protótipos dos módulos vibradores	110
5.12	Testes de protótipo com voluntários	118
5.13	Análise do cumprimento dos requisitos de projeto	120
6	Conclusões e recomendações para trabalhos futuros	124
	REFERÊNCIAS	126
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS	134
	APÊNDICE B – RESULTADOS DAS PESQUISAS	137
	APÊNDICE C – DIMENSIONAMENTO ECRÃ LCD	148
	APÊNDICE D – RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO FINAL DA PEÇA SUPERIOR	150
	APÊNDICE E – RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DA PEÇA INFERIOR	157
	APÊNDICE F – PROJETO DETALHADO	165
	APÊNDICE G – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	175
	ANEXO A – AS 10 HEURÍSTICAS DE NIELSEN	177
	ANEXO B – DATASHEET DO MOTOR VIBRADOR	179
	ANEXO C – 9 MM ROTARY ENCODER WITH PSUH ON SWITCH	183
	ANEXO D – BOTAO DE PRESSAO PB55E07	184
	ANEXO E – FOLHA DE DADOS DO POLIPROPILENO CP 180R	185
	ANEXO F - MOTOR VIBRADOR PM090A-EWN	186

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto do Tema

Segundo o Estatuto da Pessoa com Deficiência (BRASIL, Projeto de Lei 4254, 2013), a deficiência auditiva total ou surdez é a perda unilateral ou total ou perda bilateral, parcial ou total média de 41dB ou mais, aferida por audiograma nas frequências de 500Hz, 1000Hz, 2000Hz e 3000Hz. Segundo Elzouki *et al.* (2012), a surdez pode ser causada por uma anormalidade na condução mecânica do som no ouvido, ou por um problema na transmissão ou recepção do sinal nervoso auditivo.

Um deficiente auditivo sofre inúmeras dificuldades, das quais a maior é a barreira de linguagem e de comunicação com outras pessoas. Isso pode levar a problemas na integração social e na formação psíquica e intelectual dos deficientes. Entretanto, pessoas surdas utilizam línguas gestuais e tem pleno desenvolvimento de sua capacidade linguística (no Brasil: LIBRAS – Língua de Sinais Brasileira) (SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL, 2006). Infelizmente, o uso da LIBRAS ainda é pouco difundido pela sociedade em geral (REIS, 2012). A dificuldade de inclusão social e a falta de oportunidades de trabalho são um reflexo disso. Segundo dados do IBGE (2012), das cerca de cento e setenta mil pessoas que se declararam surdas, apenas 35% tinham ocupação profissional. Outro problema ocasionado pela falta de percepção sonora são riscos pela não identificação de possíveis ameaças, como buzinas no trânsito ou quedas de objetos.

A tecnologia assistiva proporciona às pessoas com deficiência maior independência e inclusão social. Ela permite a ampliação do aprendizado, da comunicação e da integração. Existem dispositivos que permitem aos deficientes auditivos reduzir suas dificuldades, como aparelhos auditivos e implantes que ampliam a capacidade auditiva. Outras tecnologias assistivas como telefones com teclados teletipos e videofones auxiliam deficientes auditivos no uso de telecomunicações.

1.2 Caracterização do Problema

Funções sonoras de alerta são utilizadas nos mais variados tipos de dispositivos: telefones, alarmes de incêndio, campainhas, ambulâncias, micro-ondas e geladeiras. Já desde a primeira atividade diária do ser humano, o despertar, dispositivos com alarmes sonoros são aplicados.

Despertar em horário certo é uma necessidade de todas as pessoas que trabalham, estudam ou possuem algum tipo de compromisso matinal. Entretanto, dispositivos sonoros são ineficazes no caso de pessoas surdas, as quais acabam se tornando dependente de outros para a simples tarefa de despertar.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo desenvolver o projeto e protótipo de um dispositivo para despertar surdos.

1.3.2 Objetivos específicos

De modo a atingir o objetivo principal, têm-se como objetivos específicos:

- a) Fazer um levantamento sobre o panorama da surdez no Brasil;
- b) Elaborar uma lista de requisitos de projeto para orientar a concepção do produto;
- c) Gerar uma concepção de produto que atenda aos requisitos de projeto de forma satisfatória;
- d) Desenvolver a concepção escolhida;
- e) Produzir um protótipo preliminar para testar as funções chaves do produto.

1.4 Justificativa

Como justificativas para realização do presente trabalho, pode-se listar:

- a) 9,7 milhões de brasileiros possuem algum tipo de deficiência auditiva declarada, dos quais mais de 2 milhões possuem grande dificuldade de audição ou são completamente surdos (IBGE, 2012);
- b) Escassez de despertadores nacionais adaptados para deficientes auditivos no mercado brasileiro;
- c) Custo muito elevado para obtenção de despertadores provenientes de mercados internacionais;
- d) Desenvolvimento do mercado nacional de produtos voltados à tecnologia assistiva para surdos;
- e) Ajudar a promover a inclusão de deficientes auditivos no mercado de trabalho e ambientes acadêmicos;
- f) Proporcionar independência na atividade de despertar;
- g) Um despertador que não utilize alarmes sonoros também pode ser utilizado por pessoas que dormem no mesmo ambiente e não acordam no mesmo horário, além de pessoas que não despertam com um alarme sonoro comum.

1.5 Estruturas do trabalho

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do projeto e protótipo de um dispositivo para despertar surdos. Para isso, foi aplicada a metodologia de projeto de produtos de Rozenfeld *et al.* (2006), baseada na de Pahl *et al.* (1996).

No Capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica sobre os aspectos médicos da surdez, do cenário nacional, do despertar e das tecnologias assistivas existentes para surdos.

O Capítulo 3 (Projeto Informacional) apresenta o levantamento do estado da arte de dispositivos e aparelhos de alertas destinados aos surdos, além do estudo

de *benchmarking* de aparelhos despertadores para surdos existentes no mercado nacional e global. O estudo e apresentação da definição e das necessidades dos potenciais clientes também são apresentados por meio de informações colhidas em entrevistas e aplicação de questionários. Com base nos dados colhidos, as principais necessidades dos clientes com relação ao produto a ser desenvolvido são identificados e as necessidades, convertidas em uma lista de requisitos de produto, definem características técnicas que o produto deve possuir. A ferramenta casa da qualidade é utilizada de modo a obter uma classificação por importância dos requisitos de projeto e assim permitir aos projetistas dar maior ênfase para os requisitos encontrados no topo da lista.

O Capítulo 4 (Projeto Conceitual) destina-se ao desenvolvimento da concepção do produto. Nele é estabelecida a estrutura funcional do produto que serviu de base para a elaboração de uma matriz morfológica com alternativas soluções para cada função. Essas alternativas são julgadas e arranjadas para obter concepções de produto. A partir de uma análise comparativa, que leva em conta as especificações de projeto, a melhor concepção é escolhida.

O Capítulo 5 (Projeto Preliminar e Detalhado) é a etapa final do trabalho. Ele apresenta o leiaute detalhado da concepção escolhida com a identificação dos componentes. Para permitir o dimensionamento do produto, é elaborado um diagrama de propagadores de restrição para identificar as restrições que as características de alguns elementos e componentes impõem ao projeto. Cada componente é detalhado, e sua escolha justificada. As carcaças dos módulos são projetadas e um estudo da resistência mecânica das carcaças é efetuado, baseado em simulações computacionais. Um protótipo funcional é construído e testado com voluntários. Outro protótipo obtido por meio de impressão 3D também é apresentado para avaliar a opção de fixação e a viabilidade do projeto da peça de plástico injetado.

O Capítulo 6 lista as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

2 OS DESAFIOS DA SURDEZ E O DESPERTAR HUMANO

Neste capítulo são abordadas informações sobre a surdez em geral. Em seguida é apresentado o panorama dos deficientes auditivos no Brasil, sua inclusão no mercado de trabalho, como também as dificuldades que os deficientes auditivos têm para despertar. Também a fisiologia do despertar é abordada sob o ponto de vista dos estímulos que o corpo humano é capaz de receber.

2.1 Surdez

Neste item serão apresentadas informações relativas à surdez no aspecto fisiológico e anatômico, os tratamentos médicos e as tecnologias assistivas existentes.

2.1.1 Anatomia e Fisiologia da Audição

O ouvido humano é responsável pela audição e equilíbrio. Está localizado, quase na sua totalidade, no osso temporal e divide-se em três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno (GENTIL *et al.*, 2007). A Figura 1 apresenta de forma esquemática a anatomia do ouvido humano.

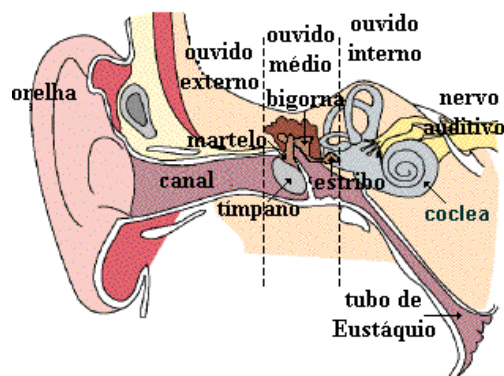


Figura 1 - Representação esquemática do ouvido humano
Fonte: Bertulani (1999)

O som, captado pelo pavilhão auricular, passa pelo canal auditivo externo, chega à membrana timpânica, que a transforma em energia mecânica e é transmitida aos ossículos. A membrana timpânica separa o ouvido externo do ouvido médio. É translúcida e tem uma área de aproximadamente 85 mm², embora apenas 55 mm² tenham mobilidade (uma vez que a periferia é rígida) (FENEIS; DAUBER, 2000).

Ela é formada por três camadas de tecido. A camada mais externa é fina e cutânea e está ligada à camada que reveste o canal auditivo externo. A camada intermediária é fibrosa e é a principal responsável pela deformação do tímpano. Já a camada interna é ligada com o revestimento do ouvido médio (*ibidem*).

O ouvido médio é formado por três ossículos (martelo, bigorna e estribo), seis ligamentos ao exterior (superior, lateral e anterior do martelo, superior e posterior da bigorna e o ligamento anular do estribo), dois músculos (tensor do tímpano e estapediano) e respectivos tendões, sendo ainda atravessado por uma porção do nervo facial (corda do tímpano). O estribo insere-se na janela oval, comunicando com o ouvido interno. A energia mecânica é então transformada em energia hidrodinâmica, que se propaga por um fluido dentro da cóclea e que por sua vez é transformada em impulsos nervosos dirigidos ao córtex cerebral onde são decodificados. As articulações entre os ossículos são revestidas por cartilagens, o que evita ruídos de funcionamento e amortece eventuais efeitos de ressonância (*ibidem*).

2.1.2 A deficiência auditiva do ponto de vista anatômico

A deficiência auditiva é classificada de acordo com a região do ouvido na qual se encontra a anormalidade. Se a anormalidade ocorrer no ouvido externo ou médio, evidenciando um problema na condução mecânica do som que o impeça de chegar ao ouvido interno, a deficiência será classificada como deficiência auditiva de condução. Se ocorrer no ouvido interno ou no sistema nervoso, será classificada como deficiência auditiva nervosa (ELZOUKI *et al.*, 2012).

2.1.3 Definição da deficiência auditiva de acordo com a intensidade dos sons detectados

Um teste de acuidade auditiva é um teste que mede, através de um audiômetro, a intensidade sonora mínima capaz de ser detectada por cada pessoa (GUYTON, 1977). O nível de deficiência auditiva pode ser classificado de acordo com a faixa de intensidade mínima percebida por cada pessoa. O Estatuto da Pessoa com Deficiência (BRASIL, Projeto de Lei 4254, 2013) define pessoas com deficiência auditiva aquelas com perda unilateral total ou bilateral, parcial ou total média de 41dB ou mais, aferida por audiograma nas frequências de 500Hz, 1000Hz, 2000Hz e 3000Hz.

2.1.4 Tratamentos Médicos e Cirúrgicos

Existem diversos modos de tratamento da surdez dependendo das causas que geraram a deficiência. Para casos em que a perda auditiva é devida a um grande acúmulo de cera no canal do ouvido, o médico poderá fazer a remoção usando o instrumental do consultório. Já nas perfurações timpânicas e nas lesões dos ossículos (estribo, martelo, bigorna) o tratamento necessita de intervenção cirúrgica. Se a causa da surdez for secreção acumulada atrás do tímpano (chamada de otite secretora) e durar mais de 90 dias sem nenhuma melhora da audição, a cirurgia também é indicada. Se a causa for algum tipo de tumor, o tratamento pode ser cirúrgico, radioterápico ou radio cirúrgico, de acordo com o tipo de tumor e as condições particulares de cada paciente (DIREITO DE OUVIR, 2013).

2.1.5 Tecnologias assistivas para deficientes auditivos

De acordo com a Ata VII do Comitê de Ajudas Técnicas, instituído no âmbito da Secretaria Especial dos Direitos Humanos, da Presidência da República, foi adotada a seguinte classificação brasileira de Tecnologia Assistiva (TA):

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 (BRASIL, 2009).

A tecnologia assistiva, assim, promove o desenvolvimento de uma habilidade deficitária ou oferece a possibilidade de realizar uma função desejada que se encontrasse impedida devido a uma deficiência (BERSCH, 2013).

2.1.6 Aparelhos auditivos

Muitos deficientes auditivos utilizam aparelhos auditivos, também chamados de aparelhos de surdez, para amplificar os sons. Os pacientes com surdez severa ou profunda (para os quais aparelhos amplificadores são ineficazes) necessitam de implantes cocleares, os quais são sistemas eletrônicos implantados no ouvido do paciente por meio de cirurgia. Eles transmitem sinais elétricos por meio do nervo auditivo ao cérebro, onde eles serão interpretados como sons (HARMER, 1990).

Os aparelhos auditivos de amplificação são de grande ajuda para pessoas com perda parcial de audição, tanto condutiva quanto neurossensorial, ou para pessoas com perda de audição em apenas um dos ouvidos. Estes dispositivos possuem um microfone que recebe os sons, um amplificador que aumenta seu volume e um alto-falante que reproduz os sons amplificados (MERCK, 2010).

Existem dois tipos de aparelhos auditivos amplificadores: de amplificação aérea e de amplificação óssea. Os de condução aérea são normalmente mais eficazes e portanto são mais utilizados. Eles podem ser corporais, colocados atrás do ouvido, dentro do ouvido ou no canal auditivo. Todos consistem em um componente plástico que é inserido no canal auditivo com vedação hermética, e se diferenciam pela posição onde fica o dispositivo amplificador. Para pessoas com perda auditiva severa este dispositivo é ligado por meio de um cabo a um dispositivo amplificador mais potente que se carrega no bolso ou preso ao corpo. Para casos de gravidade média o amplificador fica alojado atrás do ouvido. Nos casos mais brandos um

amplificador pequeno é suficiente e fica alojado no ouvido externo. Se a pessoa não deseja que o dispositivo fique aparente, existe o dispositivo que se insere diretamente no canal auditivo e não fica visível (*ibidem*).

Pessoas que possuem deficiência em apenas um ouvido podem utilizar um dispositivo chamado CROS, que transfere por meio de um cabo ou radiotransmissor os sons captados por um microfone no ouvido deficiente para serem reproduzidos em um alto-falante no ouvido funcional. Este tipo de dispositivo permite até certo ponto que a pessoa identifique a direção dos sons (*ibidem*). A Figura 2 mostra um dispositivo do tipo CROS com transmissão por cabo.



Figura 2 – Aparelho auditivo tipo CROS
Fonte: Cambridge University Hospitals (2014)

Pessoas que pelo fato de terem nascido sem canal auditivo ou que possuam secreções líquidas nos ouvidos não podem utilizar os dispositivos de condução aérea. Para estes casos, existem os dispositivos de condução óssea, que transmitem os sons por meio dos ossos do crânio até o ouvido interno. Em comparação com os de condução aérea, necessitam de maior potência, distorcem mais o som e são mais incômodos, devendo ser utilizados em contato com a cabeça, amarrados por fita elástica (*ibidem*). A figura 3 mostra um aparelho auditivo de condução óssea.



Figura 3 - Aparelho auditivo de condução óssea
Fonte: Cambridge University Hospitals (2014)

Os implantes cocleares podem ser usados quando o paciente sofre de surdez profunda e não pode ser ajudado pelos aparelhos auditivos amplificadores. A Figura 4 mostra um implante coclear. Ele consiste em eletrodos que são implantados por meio de cirurgia na cóclea, um microfone, um processador e um sistema de transmissor externo e receptor interno (espiral) para os sinais do microfone. O microfone capta os sons ambientes, o processador os converte em sinais elétricos que são transmitidos pela espiral interna à espiral interna. A espiral interna os transmite por meio de um cabo aos eletrodos que estimulam o nervo auditivo (*ibidem*).

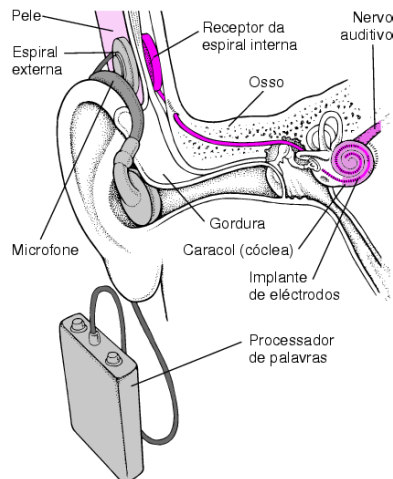


Figura 4 - Esquematização de implante coclear
Fonte: MERCK (2010)

O implante coclear não consegue transmitir o som tão bem como a cóclea humana, e portanto não devolve completamente a audição. Porém, ele auxilia os

pacientes em diferentes níveis, de acordo com a pessoa: pode ser um mero auxílio à leitura labial, pode permitir a distinção de algumas palavras e para outros pode até permitir conversações normais. Ele também ajuda na percepção de sons ambientais que indiquem perigo e de alarmes, como campainhas e telefones. Também são muito úteis como feedback sonoro para ajudar na modulação da voz, permitindo que as palavras sejam emitidas de forma mais clara (*ibidem*).

2.1.7 Outras tecnologias assistivas para deficientes auditivos

Tecnologias Assistivas para pessoas com surdez ou com deficiência auditiva incluem vários equipamentos além dos aparelhos para surdez. Dentre eles existem telefones com teclado-teletipo, sistemas com alerta tátil-visual, celular com mensagens escritas e chamadas por vibração, além de aplicativos para *smartphones* que favorecem a comunicação ao telefone celular transformando em voz o texto digitado no celular, e em texto a mensagem falada. Também existem disponíveis livros, textos e dicionários digitais em língua de sinais e o sistema de legendas (*close-caption/subtitles*).

Telefones de teclado teletipo são telefones que funcionam via teclado, permitindo a comunicação telefônica entre pessoas surdas por meio de textos digitados (KOLLER, 2013). A Figura 5 mostra um telefone público com teclado teletipo.



Figura 5 - Telefone público com teclado teletipo
Fonte: Ministério da Educação (2010)

Sistemas de alerta tátil-visuais são concebidos para substituir os sistemas de alerta sonoros que são insatisfatórios ou inúteis para pessoas com dificuldades de

audição, como campainhas, alarmes de incêndio, toque de telefone, alarmes de intrusão, babás eletrônicas e alarmes que indicam o mau funcionamento de aparelhos domésticos ou industriais. Embora todos estes dispositivos pareçam dissimilares, eles compartilham dos mesmos princípios de funcionamento. Os dispositivos de tecnologia assistiva relacionados a estes tipos de alertas podem ser de três tipos: concebidos para atender a todos inclusive aos deficientes auditivos, concebidos especificamente para deficientes auditivos ou dispositivos concebidos para modificar produtos e adaptá-los às necessidades dos deficientes auditivos (HERSH, 2003). Um exemplo de dispositivo concebido para atender a todos são os telefones celulares, os quais possuem além da função sonora um alarme vibratório e permitem envio de mensagens de texto. Um exemplo de dispositivo destinado especificamente a deficientes auditivos são as campainhas residenciais luminosas.

O aplicativo disponível para celulares “*Sign 4 Me*”, desenvolvido pela Vcom3D (2010) permite que o usuário digitar textos e o aplicativo os traduz para linguagem de sinais (Figura 6). Uma limitação deste aplicativo é que traduz apenas do inglês para a língua de sinais americana, e, portanto não pode ser usado por surdos brasileiros ou de outras nacionalidades. Outra limitação é que a tradução é unilateral de texto para linguagem de sinais sem realizar a tradução de sinais para texto.

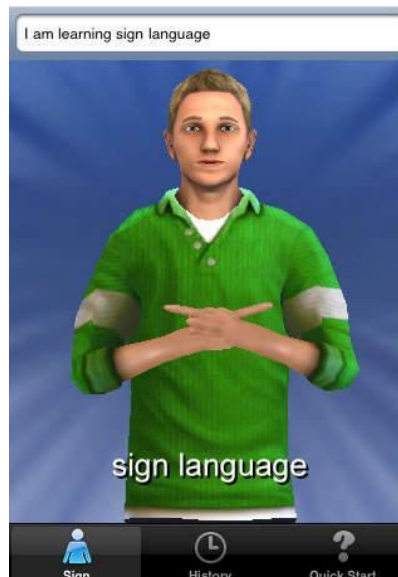


Figura 6 - Aplicativo para *smartphones* “*Sign 4 Me*”
Fonte: Vcom3D (2010)

A Figura 7 apresenta outro aplicativo que está disponível aos usuários de *smartphones* chamado “TAP TAP”. Ele faz com que o aparelho celular transforme em vibração os sons detectados. O usuário tem a opção de determinar a sensibilidade da recepção de sons, o número de vibrações, além de poder permitir que a aplicativo funcione de maneira ininterrupta enquanto o celular estiver ligado.

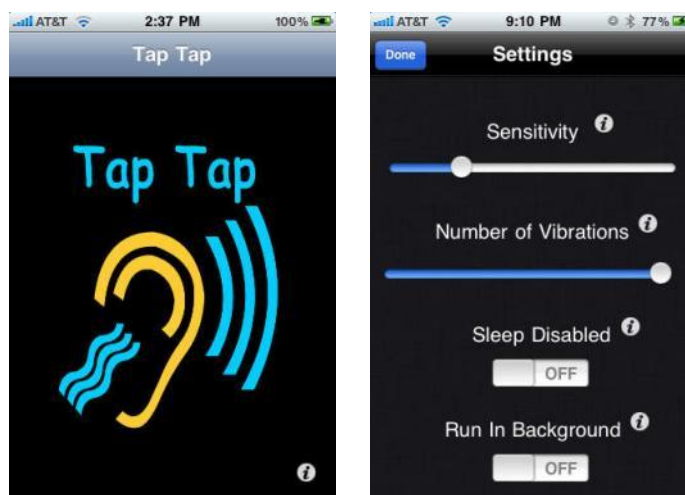


Figura 7 - Aplicativo para “*smartphones*” TapTap
Fonte: Vondracek (2012)

2.2 Panorama da surdez no Brasil

Em abril de 2012, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divulgou os dados referentes ao Censo Demográfico de 2010. Nele, 45,6 milhões de brasileiros declararam possuir alguma deficiência, representando 23,9% da população nacional. Desses, 9,7 milhões apontaram-se como deficientes auditivos, isto é, 5,1% da população. Eles foram divididos segundo a intensidade da deficiência. A classificação da Tabela 1 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 1 - Classificação dos deficientes auditivos no Brasil - 2010

Classificação	População	Porcentagem
Permanente e incapaz de ouvir	347.481	3,6%
Grande dificuldade permanente de ouvir, ainda que usando o aparelho auditivo	1.799.885	18,5%
Alguma dificuldade permanente de ouvir, ainda que usando o aparelho auditivo	7.574.797	77,9%
Total de deficientes auditivos	9.722.163	100%

Fonte: Adaptado de Censo 2010 (IBGE, 2012)

A partir dessas informações, percebe-se que uma grande parcela da população brasileira é formada de pessoas com deficiência, incluindo a auditiva. Essa parcela possui características e necessidades únicas, e é importante que seja dada a devida atenção a esse grupo.

2.2.1 Os Deficientes no Mercado de Trabalho

No Brasil existe uma grande dificuldade de inclusão dos deficientes no mercado de trabalho. Em 1991 a chamada Lei de Cotas (BRASIL. Lei 8.213 de 24 de julho de 1991) foi sancionada pelo então Presidente da República Fernando Collor. De acordo com ela, as empresas que possuem mais de 100 colaboradores devem dedicar de 2% a 5% das vagas às pessoas com necessidades especiais, dependendo do número total dos postos de trabalho existentes.

A Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência aponta que em 2012 existiam cerca de 306 mil pessoas com deficiência formalmente empregadas no Brasil, das quais 223 mil foram diretamente beneficiadas pela Lei de Cotas (CASAL, 2012).

2.2.2 Dificuldade de Despertar Surdos

A primeira atividade de todas as pessoas no dia é o despertar. Pessoas que estão inseridas em ambientes acadêmicos e de trabalho necessitam despertar com horário marcado para cumprir com suas responsabilidades diárias. A maioria dos métodos tradicionais utilizados para acordar envolve o sentido da audição. Um surdo é incapaz de ter proveito disso e assim torna-se dependente de outras pessoas para ser despertado em horários definidos. Uma inovação que permita ao surdo poder designar um horário para despertar sem depender de mais ninguém traria um grande benefício a sua qualidade de vida. Ele se tornaria independente para dormir sozinho, viajar e cumprir compromissos matutinos (DANESI, 2007).

2.3 Fisiologia do despertar

Segundo Coenen (2010), o sono é um processo necessário para a vida, embora ainda não sejam claras as funções que desempenha. Ele é considerado uma restauração para o cérebro e para o corpo, além de servir para a consolidação da memória. Mas o sono também é um processo que torna os seres vivos vulneráveis. Durante o sono, os indivíduos ficam imóveis, muitas vezes sem proteção, enquanto os perigos podem estar à espreita ao redor deles.

Dormir é considerado um estado com baixo nível de consciência. A mudança do estado de vigília alerta (nível elevado de consciência), para o estado de sono (nível de consciência baixo), é mediada por estruturas reticulares no tronco cerebral. Durante o sono, o sistema tálamo-cortical é bloqueado por processos inibitórios, e esta desativação está associada a uma perda parcial de consciência e uma diminuição da conexão entre o cérebro e o meio a seu redor. O bloqueio no funcionamento do tálamo durante o sono, no entanto, não é completo. O fluxo de informação é consideravelmente reduzido, mas o cérebro não fica totalmente indiferente ao meio ambiente: ocorre uma inspeção subconsciente sobre o meio em que ele se encontra para garantir a segurança do indivíduo durante o sono. Alguns estímulos são reconhecidos e podem entrar na consciência, levando a um chamado

de despertar, que permite o indivíduo a reagir. Entretanto o processamento superficial do fluxo reduzido de informação filtra os estímulos relevantes, que possuem algum significado para o indivíduo ou sinalizam perigo, e lhes dá mais importância. O cérebro pode ser condicionado a reconhecer certos estímulos como relevantes (como o choro de um bebê) e outros como não relevantes (como o ruído de aviões) (COENEN, 2010). Dessa forma, os dispositivos de despertar devem gerar um estímulo que o cérebro reconheça.

2.4 Os estímulos de despertar e os sentidos humanos

Nesta seção serão considerados os estímulos sob o ponto de vista dos sentidos humanos. Qualquer estímulo externo que possa levar ao despertar deve passar necessariamente pela via dos sentidos. Tradicionalmente considera-se que os humanos possuem cinco sentidos principais: visão, gustação, olfação, tato e audição (ARISTOTELES; LAWSON-TANCRED, 1987).

A audição não será estudada neste item já que estímulos baseados nesse sentido humano são ineficientes para despertar surdos.

2.4.1 Visão

O sentido da visão é desempenhado pelo olho. O olho é formado por uma estrutura óptica que é composta, de forma simplificada, pela córnea, retina, cristalino e pupila. A função dessa estrutura é transformar a luz que incide sobre o olho em uma imagem de tamanho, foco e intensidade adequados para serem percebidos pela estrutura sensorial fotossensível do olho, chamada de retina. A retina contém os cones, responsáveis pela visão das cores, e os bastonetes, responsáveis pela visão ou detecção da luminosidade. Ela é capaz de detectar, em um campo de visão (espaço visível pelo olho) a intensidade luminosa, as cores e os contrastes de cor e luminosidade no cenário visual (GUYTON, 1977). O olho humano típico é capaz de

detectar a luz na faixa de comprimento de onda de 390 a 700nm no espectro eletromagnético (STARR *et al.*, 2010).

2.4.2 Os sentidos químicos: gustação

O sentido da gustação é desempenhado pelas papilas gustativas, que se encontram na boca e principalmente na língua. Ele permite a seleção (aceitação ou rejeição) dos alimentos de acordo com o desejo e as necessidades do indivíduo. Existem cinco sensações gustativas básicas capazes de serem percebidas pelas papilas gustativas. São elas o salgado, o doce, o amargo, o ácido e o umami (GUYTON, 1973).

O limiar de gustação é o mínimo necessário de uma dada substância para estimular as papilas gustativas e provocar uma sensação de gosto. A Tabela 2 mostra o limiar de gustação das substâncias de referência de cada um dos cinco gostos.

Tabela 2 – Exemplos de alguns limiares de gustação

Gosto	Substância	Limiar de gustação
Salgado	NaCl	0,01 M
Ácido	HCl	0,0009 M
Doce	Sacarose	0,01 M
Amargo	Quinina	0,000008 M
Umami	Glutamato	0,0007 M

Fonte: Adaptado de Guyton (1977)

Os terminais das fibras nervosas gustativas estão inseridos em pregas das membranas das células gustativas. O estímulo gustativo, no primeiro momento em que é aplicado, gera um impulso nervoso de intensidade máxima por uma breve

fração de segundo. Em seguida, o sinal diminui até um nível muito menor que persiste enquanto a papila continua exposta ao estímulo aplicado.

2.4.3 Os sentidos químicos: olfação

O sentido da olfação é desempenhado pela membrana olfatória, que está localizada na parte superior das fossas nasais. Cada fossa nasal possui uma membrana olfatória com área de aproximadamente 2,4 centímetros quadrados, possuindo cerca de 100 milhões de células olfatórias. As células olfatórias são estimuladas por substâncias químicas as quais devem possuir as seguintes características físicas para serem capazes de estimular o sentido da olfação: devem ser voláteis para poder penetrar nas fossas nasais, devem ser minimamente solúveis em água para poder atravessar o muco que recobre a membrana olfatória e devem ser solúveis em lipídios, pois os cílios olfatórios são formados principalmente por lipídios. A olfação necessita que o ar penetre nas fossas nasais, e assim ocorre ciclicamente junto com as inspirações (GUYTON, 1973).

Cerca de 50 por cento dos receptores olfatórios adaptam-se após o primeiro segundo de estimulação e cessam o sinal nervoso, mas os restantes permanecem ativos por um período indeterminado. Entretanto, existe um significativo mecanismo de adaptação psicológica que faz com que nos adaptemos e cessemos de perceber odores em aproximadamente um minuto ao entrar em uma atmosfera odorífera (*ibidem*).

A olfação possui um limiar de concentração muito baixo para a percepção de odores. Por exemplo, é necessário apenas 1/25.000.000.000 de miligrama de metil-mercapta em cada mililitro de água para que seu odor seja percebido (*ibidem*).

2.4.4 O tato e o sistema somatossensorial

O sentido do tato é desempenhado pelo sistema somatossensorial, que é composto de receptores neuronais localizados na pele, em folículos pilosos, na

língua, na garganta e nas mucosas. Os receptores de tato podem ser de três tipos distintos: termorreceptores, noniceptores e mecanorreceptores (SILVERTHORN, 2004).

2.5 Conclusão do capítulo

A partir das informações desse capítulo, entende-se que um aparelho que tenha por objetivo principal despertar surdos deve realizar um estímulo que passe pelo menos por um dos quatro sentidos do corpo humano estudados: visão, olfação, gustação ou tato. Além disso, o despertar foi estudado sob o aspecto fisiológico pois o dispositivo projetado deve ser capaz de aplicar estes estímulos de maneira eficiente para o despertar humano. A seguir será feito um levantamento de informações sobre dispositivos de alerta e de despertadores já existentes pensados para pessoas surdas.

3 PROJETO INFORMACIONAL

Neste capítulo é feito um levantamento do estado da arte de dispositivos e aparelhos de alerta já destinados aos surdos. Também o *benchmarking* é apresentado, mostrando os dispositivos despertadores para deficientes auditivos existentes no mercado global e nacional.

Mantendo a sequência da metodologia de projeto de produto seguida neste trabalho, após a análise do *benchmarking*, é elaborado o levantamento das necessidades dos clientes por meio de diversas ferramentas de pesquisa, como questionários, visitas à lojas de produtos médicos e instituições ligadas à comunidade surda. Baseado nas informações colhidas, requisitos dos clientes foram definidos e os requisitos de projeto foram ponderados e classificados pela aplicação da casa da qualidade.

3.1 Levantamento do Estado da Arte

Dispositivos estimuladores já são utilizados por surdos para realizar diversas tarefas do dia-a-dia. Neste item serão levantados alguns dispositivos e como são aplicados para solucionar os problemas enfrentados.

Dispositivos que aplicam estímulos por tato geralmente o fazem por meio de motores vibradores. Motores vibradores são motores elétricos com uma massa desbalanceada acoplada, que gera vibrações quando acionado. A Figura 8 apresenta a imagem de um motor vibrador utilizado em aparelhos celulares.



Figura 8 - Motor vibrador de aparelho celular
Fonte: Robô Livre (2013)

Telefones celulares e *paggers* são dispositivos que frequentemente possuem pequenos motores vibradores com o intuito de alertar o usuário sobre o recebimento de chamadas ou mensagens em situações em que não é possível escutar o alerta sonoro (ambiente ruidoso ou deficiência auditiva) ou em que se deseja um alerta discreto. O uso do alerta vibratório requer que o telefone celular esteja em contato com o usuário, geralmente dentro de seu bolso.

Cada vez mais empresas e residências possuem sistemas de alarmes voltados a situações de emergência como incêndios. Alguns dispositivos foram desenvolvidos voltados às necessidades dos surdos que não podem escutar os alarmes sonoros. Um aparelho projetado pelo britânico Sergej Kuckir pretende avisar os surdos de uma situação de emergência a partir de um aparelho vibratório portátil ligado sem fio à uma base que emite sinais luminosos. Atualmente o projeto está em fase conceitual. Ele pode ser visto na Figura 9 (CHUNG, 2010).



Figura 9 - Dispositivo de alerta para surdos
Fonte: Chung (2010)

Nesse contexto, também o serviço de resgate e combate ao incêndio de Hampshire na Inglaterra sugere em seu *website* que pessoas com dificuldade de audição ou que possuam sono pesado instalem em suas residências dispositivos de alarme vibratórios que são acionados remotamente por detectores de fumaça. Eles podem ser adquiridos diretamente nas instituições *Royal National Institute for Deaf*

People e na *Hampshire Deaf Organization* a partir de £100. A Figura 10 ilustra o sistema (HAMPSHIRE FIRE AND RESCUE SERVICE, 2014).



Figura 10 - Alarme vibratório contra incêndio para surdos
Fonte: Hampshire Fire and Rescue Service (2014)

O governo do estado da Flórida nos Estados Unidos lançou uma campanha em 2012 de distribuição gratuita de alarmes de incêndio residenciais para surdos e idosos que não conseguissem mais escutar sons de alta frequência. O dispositivo alerta com sons de baixa frequência e elevada amplitude, além de acionar uma lâmpada com sistema giroflex (FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY, 2012). O dispositivo é apresentado na Figura 11.



Figura 11 - Alarme de incêndio para surdos
Fonte: Federal Emergency Management Agency (2014)

Na Figura 12 também se pode observar outro dispositivo de alarme de incêndio comercializado nos Estados Unidos. Seu diferencial é que ele possui baterias reservas para emergências. O custo é de US\$189,95 (UNITED TTY, 2014).

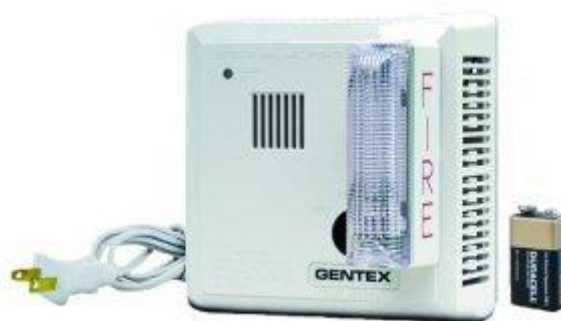


Figura 12 - Detector de fumaça para surdos
Fonte: United TTY (2014)

Outra necessidade enfrentada pelos surdos é a de saber quando alguém está apertando a campainha de sua residência. Um dispositivo foi projetado para esse fim e é comercializado na Inglaterra. Chama-se “Bello2DoorbellAlarm”. Toda vez que o botão da campainha for acionado, o dispositivo acenderá alarmes luminosos de maneira intermitente por 15 segundos (B&H DESIGNS, 2007). Na Figura 13 o sistema pode ser observado.



Figura 13 - Campainha para surdos
Fonte: B&H Designs (2014)

Um produto-conceito não comercializado desenvolvido em Edinburgo é uma pulseira que detecta seis diferentes tipos de sons e vibra alertando o usuário. Ela possui para cada tipo de som uma lâmpada que acende para identificar o motivo do alerta (WILSON, 2009). A Figura 14 ilustra esse produto.



Figura 14 - Pulseira vibratória
Fonte: Wilson (2009)

Além dessa pulseira, outro produto com o intuito de detectar sons ou alertas e avisar os surdos foi desenvolvido na Universidade de Derby na Inglaterra, mas também não está sendo comercializado. Chama-se “*Soft Touch*” e está ilustrada na Figura 15. O grande diferencial desse produto é que o usuário é avisado dos alertas por uma pulseira que infla e aperta suavemente o pulso, além de possuir um mostrador digital que informa o motivo do aviso. Ela pode ser usada para informar chamadas telefônicas, alarmes de incêndio, campainhas e até mesmo como despertador matinal (SQUIRES, 2009).



Figura 15 - Pulseira *Soft Touch*
Fonte: Squires (2009)

Uma pulseira com o intuito de despertar surdos pela manhã ou despertar casais que levantam em horários distintos foi desenvolvida na Irlanda em 2010 e é comercializada na Europa. Este aparelho conecta-se remotamente à qualquer aparelho celular com sistema Android ou Windows para que seja programado o horário em que deve vibrar. Ela se chama “z-band” e pode ser visualizada na Figura 16 (ZBAND, 2010).



Figura 16 - Z-band
Fonte: Zband (2010)

Babás eletrônicas também são dispositivos que, na grande maioria dos modelos encontrados no mercado, alertam os pais com alarmes sonoros ou transmitem via ondas rádio os sons provenientes do ambiente onde se encontra o bebê (FI CLAIMS, 2000). Conforme um levantamento na loja virtual *Deafshop* (2014a), algumas babás eletrônicas foram projetadas e são comercializadas voltadas aos pais que são surdos. Ao invés de emitir sons, o aparelho vibra e emite luzes de acordo com a intensidade do som percebida no receptor. A Figura 17 apresenta um modelo comercializado na África do Sul numa loja virtual gerenciada por uma pessoa surda.



Figura 17 - Babá eletrônica para surdos
Fonte: Deafshop (2014)

Também na Deafshop (2014b) existe um aparelho comercializado que tem por objetivo alertar surdos sobre as chamadas de seus aparelhos celulares. Ele se chama “*Light On*” e funciona acionando luzes num dispositivo no qual o aparelho telefônico é acoplado de modo a alertar chamadas e mensagens recebidas. A Figura 18 apresenta o dispositivo.



Figura 18 - *Light On*
Fonte: Deafshop (2014a)

Outro dispositivo voltado a alertar sons aos surdos é um produto-conceito desenvolvido em 2013 por um aluno do curso de design da Universidade de Ulsan na Coreia do Sul. Esse dispositivo consiste em um par de óculos que possui um sensor de sons e envia para suas lentes luzes de coloração variando entre amarela

e vermelha dependendo da intensidade do som. Além disso, suas hastes possuem sistemas vibratórios que funcionam em conjunto com as luzes. O objetivo do produto é manter as pessoas surdas mais alertas sobre os perigos que às rodeiam quando estão se deslocando. A Figura 19 apresenta esse dispositivo. Segundo o autor do projeto, o produto será comercializado a partir do ano de 2020 (JOO, 2014).

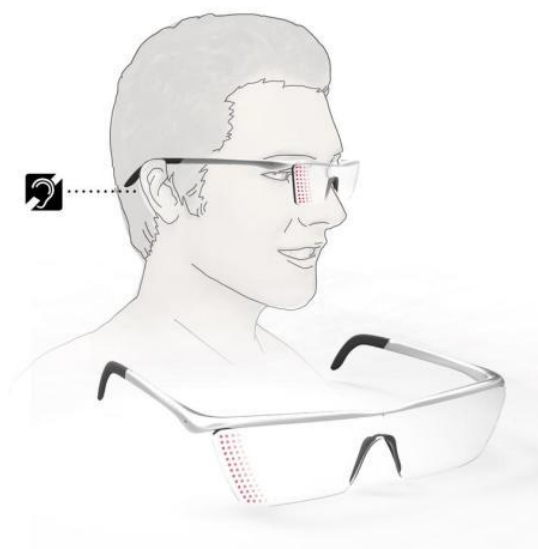


Figura 19 - Óculos que alertam sons aos surdos
Fonte: Joo (2014)

Pesquisadores da Universidade de Ryerson desenvolveram um assento chamado Emoti-chair capaz de transformar sinais musicais em vibrações mecânicas, permitindo a pessoas com deficiência auditiva uma sensação similar à de escutar música. Este dispositivo é apresentado na Figura 20. O Emoti-chair possui uma grande gama de aplicações. Ele pode ser acoplado a um teclado musical, em que cada tecla corresponde a um estímulo diferente da cadeira no usuário. Também pode ser utilizado para assistir filmes e assim permitir uma maior percepção das cenas como das entonações das falas. As sensações de realidade também são aumentadas para os jogos de videogames (RYERSON UNIVERSITY, 2014).



Figura 20 - Emoti-Chair
Fonte: RyersonUniversity (2014)

De maneira análoga ao projeto do assento, um colar que pode ser usado por deficientes auditivos para que possam ter a sensação de ouvir música de maneira está sendo desenvolvido. Ele possui pequenas películas de filme sobrepostas que vibram por reverberação ao receber os estímulos das ondas sonoras provenientes de fones de ouvido comuns conectados a tocadores de música portáteis (LABARRE, 2010).

Estímulos luminosos são também muito importantes para os surdos. Normalmente sistemas de alerta de emergência possuem além dos alarmes sonoros, lâmpadas com sistema giratório ou de acionamento intermitente de modo a chamar a atenção.

Viaturas policiais, bombeiros e ambulâncias utilizam barras sinalizadoras giroflex de halogêneo, apresentada na Figura 21. Outra forma de sinalizar veículos pode ser feita com lâmpadas de base imantada e sistema giratório que são acionadas na entrada de bateria 12 V disponível no painel dos automóveis (Figura 22).



Figura 21 - Barra sinalizadora para veículos de emergência
Fonte: Safety Device Supply (2013)



Figura 22 - Luz de alerta giratória para sinalização de veículos
Fonte: Western (2013)

No Japão, em 2011, foi lançado no mercado um alarme de incêndio que lança um jato de extrato de wasabi no ar (BBC NEWS, 2010). O wasabi é uma espécie de raiz forte natural do Japão. É utilizado como tempero, tendo como característica principal proporcionar ardência, tanto pelo gosto como pelo aroma. A empresa fabricante, Seems-Inc, explica que o objetivo principal era de criar algum alarme de incêndio que fosse eficiente para alertar também deficientes auditivos. Mais de cem testes foram realizados, inclusive com pessoas que estavam dormindo. Neles odores diferentes foram aplicados, e o wasabi mostrou-se o mais indicado, alertando e despertando pessoas num tempo médio de 90 segundos. Entretanto, os testes também indicaram que o alarme era ineficiente quando uma pessoa estava com o nariz entupido. O aparelho é comercializado por U\$600,00 (*ibidem*).

No mercado global existem despertadores de elevada intensidade sonora destinados a deficientes auditivos. Os modelos partem de 90db, alcançando até 113db, que é aproximadamente a intensidade sonora de uma turbina de avião. De acordo com levantamentos realizados nas lojas virtuais Sonic Alert (2013) e Connevans Limited (2013), estes dispositivos são conectados à rede elétrica e possuem alto falantes de elevada potência e diferentes tipos de mostrador de horário, que pode ser analógico ou digital. Modelos mais complexos são acompanhados de discos vibratórios ligados por fio ao aparelho, para serem posicionados na cama do usuário.

3.2 Benchmarking

De modo a conhecer o mercado de produtos que têm como função principal despertar pessoas com deficiência auditiva, foi efetuado um levantamento do estado da arte e o resultado foi organizado na forma de benchmarking, apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Benchmarking de dispositivos despertadores para deficientes auditivos




Item	1	2	3	4	5	6	7	8	
Foto									
Informações mercadológicas	Nome	Sonic Bomb SBB500ss Extra Loud Alarm Clock with Vibrating Bed Shaker	Sonic Boom SBA475ss Extra Loud Analog Alarm Clock with Vibrating Bed Shaker	SW200 520Hz ShakeUp to WakeUp Alarm Clock with Bed Shaker	Skull with Bone Crusher Bed Shaker	Sonic Shaker SBP100 Extra Loud Travel Alarm Clock with Vibrating Bed Shaker	TCL 100 Analog Alarm Clock with Wireless Bed Shaker	Sonic Boom SB1000SS Alarm Clock with Vibrating Bed Shaker	Sonic Boom SB1000 Alarm Clock
	Fabricante	Sonic Alert	Sonic Alert	ClearSounds	Sonic Alert	Sonic Alert	Amplicom	Sonic Alert	Sonic Alert
	País de origem	EUA	EUA	EUA	EUA	EUA	EUA	EUA	EUA
	Preço no país de origem	\$79,99	\$79,99	\$139,99	\$79,99	\$56,99	\$149,99	\$149,99	\$69,99
	Preço encontrado no Brasil	R\$ 265,90	R\$ 254,80			R\$ 220,00		R\$ 566,40	R\$ 388,30
Informações técnicas	Dimensões (C x L x A) [mm]	177,8 x 152,4 x 177,8	120,7 x 127 x 95,3	190 x 108 x 57	76 x 140 x 78	72 x 72 x 33	150 x 127 x 63	120,7 x 127 x 95,3	120,7 x 127 x 95,4
	Peso [g]	1134	907	1134	1134	2250	3200	1134	1134
	Cor	Preto	Branco	Preto	Prata	Branco	Branco	Branco	Branco
	Formato	Esférico	Esférico	Quadrado	Circular	Circular	Circular	Quadrado	Quadrado
	Fonte de energia	Rede elétrica/vibrador a bateria	Rede elétrica / bateria reserva	Rede elétrica	Rede elétrica / bateria reserva	Bateria AAA	Rede elétrica/vibrador à bateria	Rede elétrica / bateria reserva	Rede elétrica / bateria reserva
	Mostrador de horário	Digital LCD	Analógico	Digital LCD	Digital LCD	Digital LCD	Analógico	Digital LCD	Digital LCD
	Função "soneca"	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Numero de componentes	2	2	2	2	1	2	2	1
	Modo de comunicação	Fio 2m	Fio 2m	Fio 2m	Fio 2m	NA	Wireless	Fio 2m	NA
	Alarme vibratório	Sim	Sim	Sim	Sim	Integrado	Sim	Sim	Não
	Posicionamento do vibrador	Cama	Cama	Cama	Cama	Cama/Mesa	Cama	Cama	NA
	Material da pulseira	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Alarme sonoro/Intensidade sonora	113db	113db	87db em ondas quadradas de 520Hz	113db	90db	90db	113db	113db
Alarme Visual	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	
Observações						Também notifica chamadas telefônicas			

Tabela 3 – Benchmarking de dispositivos despertadores para deficientes auditivos, (continuação)









Item	9	10	11	12	13	14	15	16	
Foto									
Informações mercadológicas	Nome	Sonic Boom SBH400ss Extra Loud Sweetheart Alarm Clock with Vibrating Bed Shaker	Sonic Boom SB200SS Extra Loud Travel & Bedside Vibrating Bed Shaker Alarm Clock with 120/220V Switch	Sonic Boom SBR350SS AM/FM Alarm Clock Radio with Vibrating Bed Shaker	iPod Docking Alarm Clock with Vibrating Bed Shaker	Innovations Vibrating Travel Alarm Clock	Natural Wake-Up Light and Sleep System BLS-100SO	ShakeAwake Vibrating Alarm - ATC0833	Shake-n-Wake
	Fabricante	Sonic Alert	Sonic Alert	Sonic Alert	iLuv	Serene	Sound Oasis	TimeVision	TechTools
	País de origem	EUA	EUA	EUA	EUA	EUA	Inglaterra	EUA	EUA
	Preço no país de origem	\$59,99	\$69,99	\$69,99	\$99,99	\$62,99	£ 63,18	\$19,95	\$25,95
	Preço encontrado no Brasil	R\$ 343,80		R\$ 421,70				R\$ 125,00	R\$ 180,00
Informações técnicas	Dimensões (C x L x A) [mm]	120 x 115 x 140	152 x 57 x 89	230 x 50 x 127	213 x 76 x 110	116 x 71 x 28	200 x 200 x 500	76,2 x 50,8 x 12,7	52 x 83 x 20
	Peso [g]	907	680	1000	500	500	3000	226,8	141,7
	Cor	Rosa	Verde	Prata	Preto	Preto	Branco	branco e vermelho	Cinza e branco
	Formato	Coração	Quadrado	Quadrado	Quadrado	Quadrado	Quadrado	Retangular	Retangular
	Fonte de energia	Rede elétrica/vibrador à bateria	Rede elétrica/vibrador à bateria	Rede elétrica/vibrador à bateria	Rede elétrica/vibrador à bateria	Bateria AAA	Rede elétrica	bateria AAA	Bateria AAA
	Mostrador de horário	Digital LCD	Digital LCD	Digital LCD	Digital LCD	Analogico	Digital LCD	Digital LCD	Digital LCD
	Função "soneca"	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Numero de componentes	2	2	2	2	1	1	1	1
	Modo de comunicação	Fio 2m	Fio 2m	Fio 2m	Fio 2m	NA	NA		
	Alarme vibratório	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
	Posicionamento do vibrador	Cama	Cama	Cama	Cama	Cama/Mesa	Mesa	na cama	pulseira
	Material da pulseira	NA	NA	NA	NA	NA	NA		Tecido
	Alarme sonoro/Intensidade sonora	113db	113db	113db	90db	90db	87db	Bipe	
Alarme Visual	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim			
Observações		Switch 110/220V e 50/60Hz	Rádio AM/FM como alarme sonoro	Dock para iPhone	Mostra temperatura	Desperta com sons da natureza, aromas e aumento gradual da intensidade da luz			

Tabela 3 – Benchmarking de dispositivos despertadores para deficientes auditivos, (continuação)

Item	17	18	19	20	21	22	23	24	
Foto									
Informações mercadológicas	Nome	WakeAssure	Alarm Clock Classic	Alarm Clock Classic with LED	Global 360 vibrating alarm clock	iLuv Vibroblue vibrating	Doro HearPlus 333cl	Lark Pro	Vibrante 3 VI300
	Fabricante	Clarity	Bellman & Symfon	Bellman & Symfon	Global	jWin		Lark	Vibrante
	País de origem	EUA	EUA	EUA		EUA	EUA	EUA	Inglaterra
	Preço no país de origem	\$69,95	\$69,95	\$99,95	\$59,95	\$79,99	\$39,95	\$159,00	£49,90
	Preço encontrado no Brasil								
Informações técnicas	Dimensões (C x L x A) [mm]	230 x 50 x 127	119 x 109 x 91	119 x 109 x 91	106 x 95 x 44	228 x 70 x 70	110 x 114 x 50	50 x 30 x 10	
	Peso [g]	870	390	390		505	415	360	96
	Cor	Preto	Branco e vermelho	Branco e vermelho	Preto	Preto	preto e branco	preto	Variadas
	Formato	Retangular	Cilindro	Cilindro	Retangular	Retangular	Quadrado	Pulseira	Relógio de pulso
	Fonte de energia	Rede elétrica com bateria reserva de 9V	Rede elétrica com 4 baterias AAA reservas	Rede elétrica com 4 baterias AAA reservas	Rede elétrica com bateria reserva	Rede elétrica	Rede elétrica com bateria reserva para a função de horário	Bateria recarregável. Carregador ligado na rede elétrica	Bateria CR2032
	Mostrador de horário	Digital LCD	Digital LCD	Digital LCD	Digital LCD	Digital LCD	Analógico	Utiliza Iphone como mostrador	Digital LCD
	Função "soneca"	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
	Numero de componentes	2	2	2	2	2	2	2	1
	Modo de comunicação	Fio	Fio	Fio	Fio	Fio	Fio	Bluetooth	
	Alarme vibratório	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Posicionamento do vibrador	na cama	na cama	na cama	na cama	na cama	na cama	Pulseira	Pulseira
	Material da pulseira							Borracha	Couro
	Alarme sonoro/Intensidade sonora	85 dB	100 dB	100 dB	85 dB	80 dB	100 dB		
	Alarme Visual	Entrada para lâmpada		4 lâmpadas LED					
Observações		Função snooze decresce de 9 a 2 minutos	Função snooze decresce de 9 a 2 minutos		Conecta-se a celular por meio de bluetooth		Conecta-se a Iphone por meio de bluetooth para funcionar		

Fonte: autoria própria

A partir do estudo realizado, algumas constatações puderam ser feitas. Inicialmente, viu-se que não há fabricantes nacionais de despertadores de elevada intensidade sonora ou adaptados aos surdos. Todos os fabricantes encontrados estão situados nos EUA ou na União Europeia. Os modelos destes produtos importados alcançam o consumidor final brasileiro com preços elevados, pouca variedade e disponibilidade intermitente.

O benchmarking e o levantamento do estado da arte também permitiram conhecer e analisar as principais características de cada produto para assim extrair soluções que tenham potencial de serem adotadas no projeto.

3.3 Definição dos clientes e das necessidades dos clientes.

Os clientes usuários principais do produto a ser projetado são as pessoas surdas residentes no Brasil. Além deles, este trabalho também considerou como clientes todas as pessoas envolvidas com o produto. Foi feito um levantamento de todos os potenciais clientes desde a concepção e produção do produto, até o cliente final, envolvendo fornecedores, distribuidores, vendedores, influenciadores e compradores. Este levantamento foi organizado num diagrama apresentado na Figura 23, o qual também ilustra a relação entre os diferentes tipos de clientes identificados.

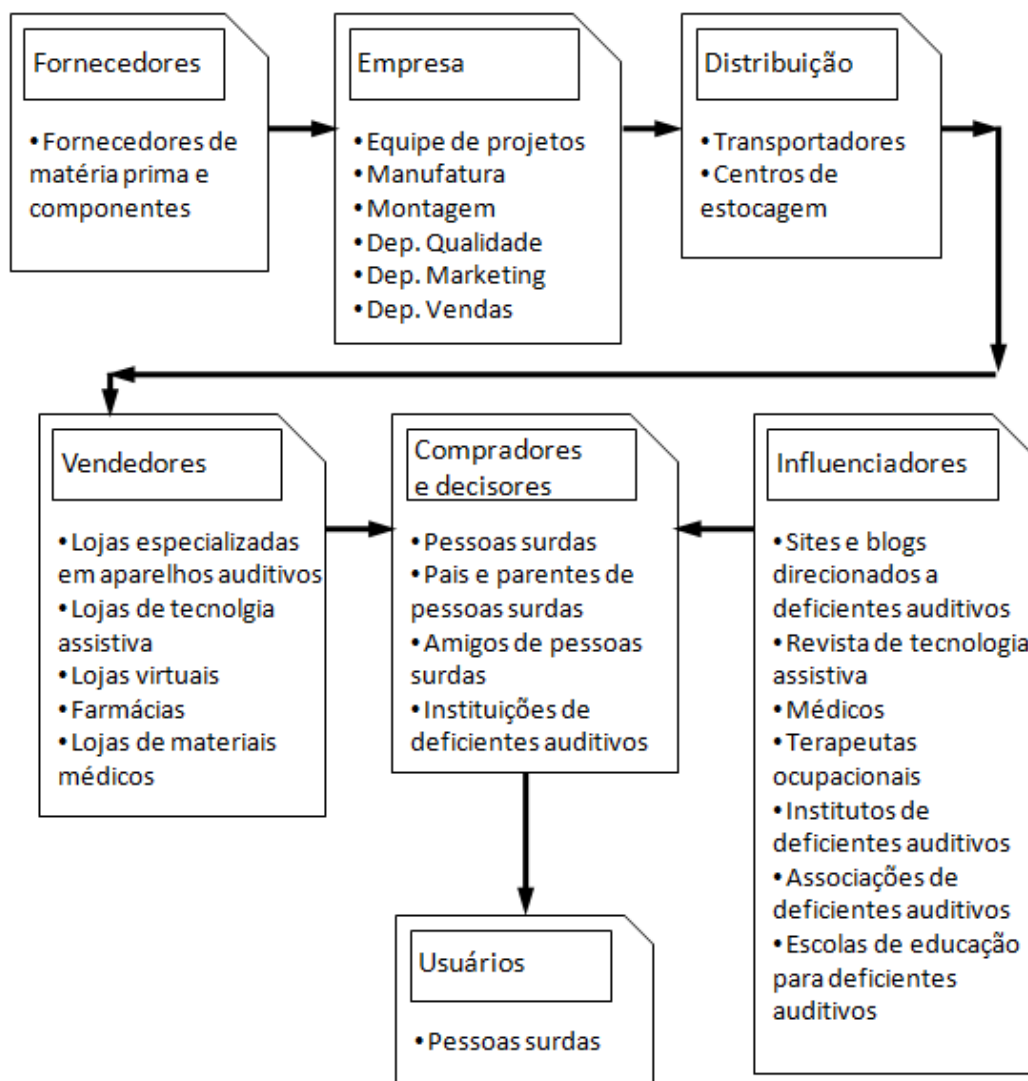


Figura 23 - Cadeia de clientes
 Fonte: Autoria própria

3.3.1 Coleta de informações

Para o levantamento da voz do cliente foram feitos levantamentos de informação sobre os clientes e suas necessidades.

Os métodos utilizados para o levantamento das informações relativas aos clientes usuários foram questionário e entrevista sem roteiro. O questionário elaborado pode ser visto no Apêndice A e foi dividido em duas partes. A primeira foi intitulada “Questionário Geral” e é composta de 19 perguntas. As primeiras seis são

destinadas a estabelecer o perfil social dos entrevistados e as demais foram elaboradas para extrair informações importantes relacionadas a hábitos, preferências e outras informações pertinentes relacionadas ao sono e ao despertar. A segunda parte do questionário foi intitulada de “Questionário Específico”, no qual o entrevistado tinha a opção de responder “sim” ou “não” a possíveis características específicas de um despertador. Este questionário teve como principal objetivo adquirir uma base mensurável da valoração das necessidades dos clientes necessária para a construção da Casa da Qualidade. Ele foi aplicado num segundo momento após a aplicação do primeiro questionário e suas perguntas foram elaboradas com base nas respostas obtidas do primeiro questionário.

Para a realização de entrevistas e aplicação dos questionários, foram realizadas visitas a instituições voltadas especificamente às pessoas surdas. Foram visitadas a Escola Municipal de Educação de Surdos Professor Ilza de Souza Santos em São José dos Pinhais e a sede do Paraná da Federação Nacional de Educação e Integração dos Surdos (FENEIS-PR), em Curitiba.

Na visita à escola Professor Ilza de Souza Santos foi realizada uma entrevista em grupo com três funcionários surdos da escola, intermediada pela tradução entre LIBRAS e português feita pela diretora da escola. Ao final da entrevista os participantes responderam o questionário elaborado. Isto permitiu levantar hábitos, perfis e preferências dos entrevistados. A entrevista concentrou-se nos seguintes tópicos: hábitos de dormir e acordar, formas utilizadas para acordar, dificuldades encontradas nos dispositivos sendo utilizados e opiniões sobre o que poderia ser melhorado.

Na visita à FENEIS-PR a comunicação ficou limitada ao meio escrito e leitura labial, já que não havia nenhuma pessoa capaz de fazer a tradução, e por esta razão foram apenas aplicados os questionários às cinco pessoas presentes sem a realização da entrevista. Além das pessoas surdas encontradas nas instituições visitadas, o presidente da FENEIS-PR encaminhou o questionário para membros de outras sedes da FENEIS de todo o Brasil, as quais responderam 30 questionários. No total, obteve-se 38 questionários respondidos.

Para o levantamento das necessidades dos potenciais clientes vendedores, foram realizadas três visitas às empresas atuantes na área da saúde. A primeira visita

foi feita a uma loja de produtos médicos e hospitalares, localizada no centro de Curitiba, no entorno das dependências da UTFPR. Durante a visita foi feita uma conversa informal com vendedores da loja, com o objetivo de conhecer com maior profundidade o mercado de produtos voltados à tecnologia assistiva em geral e conhecer os produtos voltados às necessidades das pessoas surdas. Verificou-se que para surdos especificamente, não havia nada além de baterias utilizadas em aparelhos de surdez. Os vendedores se mostraram interessados em oferecer na loja um produto de tecnologia assistiva para a comunidade surda e apontaram algumas necessidades, como preço final ao cliente acessível e que fossem feitas campanhas de *marketing* do produto voltadas ao nicho de mercado específico.

A segunda visita foi realizada a uma loja concorrente da visitada anteriormente, também especializadas em produtos médicos e hospitalares, além de cadeiras de rodas, produtos voltados à acessibilidade e materiais de consumo hospitalar. Durante a visita, os autores deste trabalho foram recebidos pelo gerente da loja, que segundo ele, está há mais de duas décadas no mercado de produtos para a saúde. Foi feita uma conversa informal, apresentando a ideia do projeto de produto de modo a colher opiniões sobre as necessidades que o lojista teria sobre o produto.

Uma visita também foi realizada a um grupo empresarial situado em Curitiba que gerencia uma rede de farmácias e lojas de produtos voltados à área da saúde. O grupo atua no mercado em âmbito nacional, oferecendo seus produtos à ONG's e instituições ligadas ao Governo Federal. Durante a visita pôde-se conhecer a linha de produtos oferecidos e quais são as necessidades, na visão da empresa, que um produto deve ter de modo a ser comercializado com sucesso em licitações públicas.

3.3.2 Análise dos resultados das pesquisas

O resultado das 38 respostas obtidas dos questionários está compilado e apresentado no Apêndice B. A partir dos resultados, algumas considerações podem ser feitas.

De acordo com a pesquisa, pessoas de ambos os sexos teriam interesse nesse produto. Assim, os requisitos de projeto devem atender as necessidades e despertar interesse independente do sexo do cliente.

Aproximadamente a metade dos entrevistados são pessoas com surdez profunda. A grande maioria trabalha e/ou estuda e estão num nível de escolaridade de terceiro grau. As principais atividades dos entrevistados estão distribuídas entre os períodos do dia, e dois terços possuem compromissos matinais periodicamente.

Em relação às perguntas voltadas ao comportamento de despertar dos potenciais clientes, percebe-se que a maioria deles levanta de manhã em horários diferentes todos os dias e que não costumam levantar imediatamente, utilizando com frequência a função *snooze*. Também percebe-se que a grande maioria dos entrevistados dorme fora de casa com elevada frequência, demonstrando que a portabilidade será um requisito de valor do produto.

Muitos dos entrevistados também faz uso de aparelhos celulares, despertadores com alarme sonoro ou aparelhos despertadores vibradores voltados aos surdos. Mas um dado a ser frisado é que 20% deles despertam sempre com a ajuda de outra pessoa, o que aponta que os produtos disponíveis para despertar (celulares e alarmes sonoros) não são eficazes e que produtos específicos para surdos talvez não estejam disponíveis, indicando uma demanda por despertadores capazes de acordar surdos.

A questão que abordava o uso de relógios de pulso obteve uma resposta muito interessante, pois mesmo que a grande maioria nunca dormiu com relógio, o que já demonstra um incômodo com isso, nenhum entrevistado disse que já dormiu e não se incomodou. Além disso, 7 entrevistados ainda frisaram que sim já dormiram com relógio de pulso e se sentiram incomodados, de modo que um produto que necessite que o usuário utilize uma pulseira correria grandes riscos de não obter sucesso no mercado.

Um dos itens mais importantes da pesquisa era saber quanto os potenciais clientes consumidores usuários estariam dispostos a pagar pelo produto num primeiro momento. A faixa de preço mais escolhida obteve aproximadamente 30% dos votos e era referente a faixa de R\$ 31 a R\$ 50. Outra faixa de destaque com

18% foi a de R\$ 100 a R\$ 150. Fora dessas faixas de preço citadas, percebe-se que houve uma boa distribuição para todas as faixas de preço apresentadas, de modo que um produto com o fim de despertar surdos tem um potencial mercado consumidor para todos os níveis sociais de poder aquisitivo.

Um dado interessante também aponta que aproximadamente a metade das pessoas dividem quarto ou cama, e que seria desejável que o despertador a ser projetado não acorde as outras pessoas que dormem no mesmo ambiente.

No questionário específico pôde-se observar que todas as perguntas obtiveram mais respostas positivas do que negativas, mas variando muito a diferença entre elas. Dessa forma esse parâmetro foi utilizado como base na valoração das necessidades dos clientes.

A única pergunta que obteve mais respostas negativas do que positivas foi a que abordava o uso de uma pulseira para mostrar horário. Nela dois terços dos entrevistados não gostariam que o produto tivesse essa opção, confirmando o resultado do questionário acima de que os entrevistados se sentem incomodados com relógios de pulso.

As respostas obtidas com maior índice de “sim” em porcentagem foram: que o produto permita fácil ajuste de horário de alarme; que seja durável; que a intensidade do alarme possa ser ajustável; que possua a função soneca; que possua alarme vibratório; gaste pouca energia; possua ajuste de voltagem (automático ou manual) e seja portátil. Essas respostas serão levadas à Casa da Qualidade como as necessidades dos clientes de maior valoração.

Outros itens se mostraram considerados menos importantes pelos potenciais clientes, de modo que aproximadamente a metade dos entrevistados é indiferente a algumas funções e características que o produto poderia ter. Dentre elas pode-se citar: mostrar o horário projetado no teto do quarto; existir em modelos de cores diversas e combinar com a decoração do quarto. A partir dessas informações percebe-se que os potenciais cliente usuários estão muito mais preocupados com a funcionalidade e eficácia do produto em resolver o problema o qual ele se propõe do que com questões estéticas do produto. Mesmo assim, sabe-se que a estética de um produto é muito importante para que agrade o público consumidor.

De modo a procurar uma ferramenta que auxilie a valorar as necessidades dos clientes, um gráfico foi elaborado fazendo a divisão do número de respostas positivas pelo número de respostas negativas para cada questão do Questionário Específico. Ele é apresentado na Figura 24.

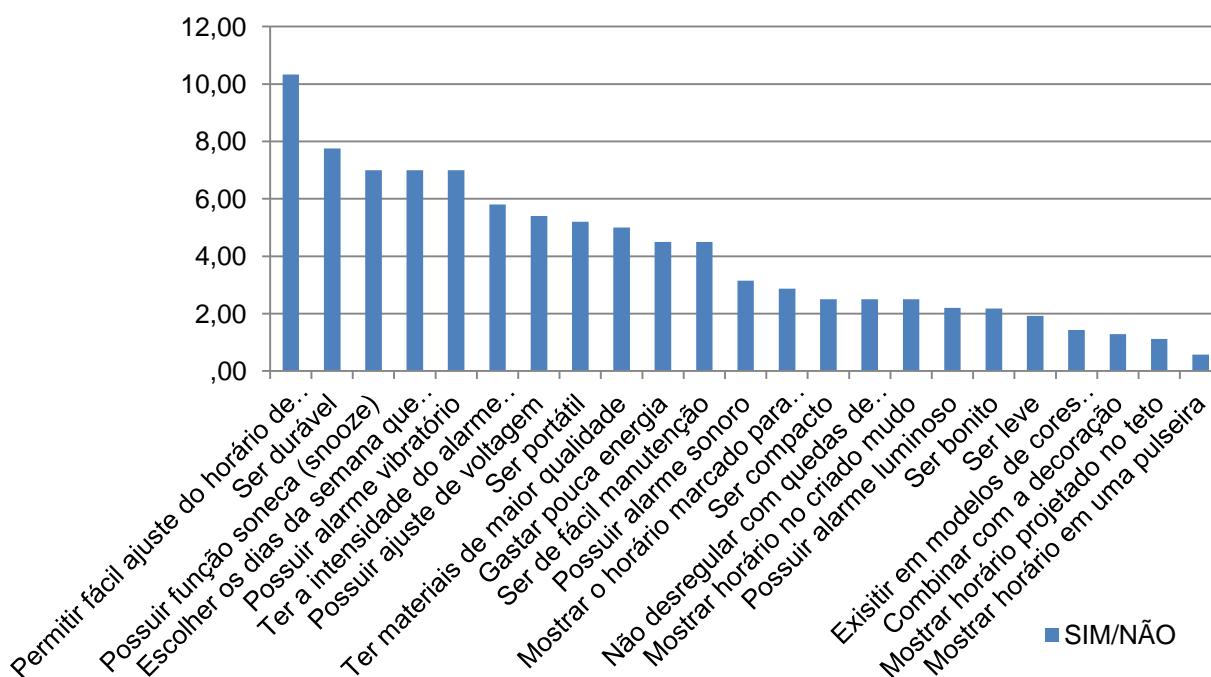


Figura 24 - Gráfico comparativo entre os resultados das perguntas do questionário específico
Fonte: Autoria própria

A partir desse gráfico, percebe-se que os valores da relação sim/não para cada questão estão entre aproximadamente 1 e 10, servindo de base para a valoração das necessidades clientes. Nota-se que as necessidades dos clientes não são oriundas ou valoradas exclusivamente com essa ferramenta desenvolvida, sendo que outras fontes de informação como visitas a clientes, conversas, análise de *benchmarking* contribuíram para a elaboração da lista das necessidades dos clientes e sua valoração.

Dentre as informações extraídas dos questionários, a seção de comentários livres que os entrevistados puderam escrever se mostrou de grande valia. Nela as pessoas surdas compartilharam suas experiências com as diferentes maneiras que encontraram para despertar, suas dificuldades encontradas, além das expectativas

que um produto voltado às suas necessidades deve suprir. Nesse contexto pode destacar: a necessidade de uma intensidade vibratória maior do que aparelhos celulares comuns e despertadores que apresentam também função vibratória; ser fácil de usar e ajustar o alarme; permitir assistência técnica e manter a vibração por um período suficiente para acordar o usuário. Um ponto importante que foi levantado foi o fato de que usuários de celulares e despertadores vibradores às vezes não acordam por virtude de o celular ou vibrador cair da cama durante a noite. Isto aponta para a necessidade de que um eventual vibrador do produto não saia de posição durante o sono.

3.3.3 Necessidades dos clientes

A partir das pesquisas realizadas com os potenciais consumidores, além das informações colhidas por meio de visitas e conversas com vários tipos de potenciais clientes e análise de *benchmarking*, foi elaborada a Tabela 4 das necessidades dos clientes. Nota-se que neste trabalho, a lista elaborada das necessidades dos clientes reflete principalmente as necessidades dos clientes usuários, para os quais a equipe de projeto dedicou maior esforço na coleta de informações.

As necessidades identificadas estão valoradas conforme sua importância para o cliente baseado nos resultados das pesquisas.

Tabela 4 - Necessidades dos clientes

Categorias	Nº	Necessidades dos Clientes	Valor do cliente
Aspecto	1	Ser leve	3
	2	Ser bonito	8
	3	Ser compacto	3
	4	Existir em modelos de cores diversas	3
	5	Ter materiais de maior qualidade	6
Operação	6	Permitir fácil ajuste do horário de despertar	9
	7	Não desregular com quedas de energia da rede elétrica	5
	8	Ser fácil de usar / Usabilidade	9
	9	Ter a intensidade do alarme ajustável	8
	10	Possuir função soneca (<i>snooze</i>)	7
	11	Possuir ajuste de voltagem	1
	12	Escolher os dias da semana que ele desperta	3
Interação	13	Mostrar constantemente horário marcado para despertar	4
	14	Possuir alarme sonoro	5
	15	Possuir alarme vibratório	10
	16	Possuir alarme luminoso	7
	17	Não atrasar/adiantar o horário	10
	18	Não sair da posição designada durante o sono	8
	19	Não atrapalhar o sono	9
	20	Interromper o sono na hora marcada	10
Custo	21	Ser barato	10
	22	Gastar pouca energia	2
Manutenção	23	Ser durável	7
	24	Ser de fácil manutenção	3

Fonte: Autoria própria

3.4 Definição dos requisitos do produto

A partir do conhecimento das necessidades dos clientes, características técnicas possíveis de serem mensuradas para o produto a ser desenvolvido foram definidas. Assim, foi elaborado o Quadro 1, que apresenta a lista de requisitos do produto, suas unidades de medida, as tendências de atendimento e os valores meta.

Requisitos de Projeto	Unidade	Tendência	Meta
Massa	g	▼	350
Volume	cm ³	▼	500
Número de Operações para Ajustar o Alarme	Nº	▼	5
Capacidade da Bateria	h	▲	720
Número de Níveis de Intensidade (do estímulo)	Nº	◇	3
Tempo de Vida	anos	▲	3
Intensidade Luminosa do Mostrador	Lumens	◇	0.1
Força para Desfixar Acidentalmente o Dispositivo Estimulador	N	▲	10
Tamanho do Cabo Elétrico	m	◇	2
Preço	R\$	▼	100,00
Intensidade Máxima da Vibração Percebida	m/s ²	▲	
Intensidade Máxima do Alarme Sonoro	dB	▲	80
Intensidade Máxima do Alarme Luminoso	Lumens	▲	2600
Consumo de Energia	Wh/mês	▼	6
Número de Botões	Nº	◇	6
Minutos de Atraso Médio por Mês	min/mês	▼	0
Avaliação de Heurísticas de Nielsen	Nº	▲	10
Média Geométrica do Tempo de Tarefa	s	▼	30
Tempo Médio de Despertar	s	▼	30
Dimensão do Mostrador de Horário	pol	◇	2,5
Espessura do Vibrador	mm	▼	25
Avaliação de Apelo Visual	%	▲	80
Número de Operações para Escolher os Dias da Semana	Nº	▼	5
Número de Caracteres no Mostrador	Nº	◇	
Intensidade da Vibração Percebida a Um Metro do Usuário	m/s ²	▼	
Número de Modelos de Cor Diferente	Nº	◇	3
Amplitude do Input Elétrico	V	▲	150
Número de Operações para Ajustar o Relógio	Nº	▼	5
Taxa de Despertar	%	▲	100

Quadro 1 - Requisitos de projeto
Fonte: Autoria Própria

Alguns dos itens apresentados na tabela acima podem não ser de entendimento imediato para o leitor deste trabalho e são explicados a seguir.

O item “Força para Desfixar Acidentalmente o Dispositivo Estimulador” foi incluído pois pessoas surdas que utilizam a função vibratória de aparelhos celulares ou utilizam dispositivos despertadores com função vibratória relataram, na etapa de aplicação de questionários, que frequentemente esses aparelhos caem da cama acidentalmente durante a noite, ou que na hora de despertar não estão no lugar na

cama designado pelo usuário, assim não despertando como esperado. A forma mensurável encontrada que melhor se relaciona com esta necessidade dos clientes seria a força necessária para desfixar o dispositivo estimulador.

O item “Avaliação de Heurísticas de Nielsen” foi encontrado como uma solução para medir a facilidade de uso do produto. Nielsen (1994) desenvolveu um conjunto de dez heurísticas ou princípios que servem para avaliar a usabilidade de uma interface. Uma avaliação de Heurísticas de Nielsen consiste em um pequeno grupo de dois ou mais avaliadores que examinam a interface e julgam a que nível ela se enquadra com os dez princípios de usabilidade (heurísticas). Os problemas de usabilidade encontrados são categorizados em uma escala numérica por cada avaliador de acordo com o impacto estimado no desempenho dos usuários. O resultado final é uma nota que quantifica a usabilidade da interface do produto (NIELSEN, 1994). Deste modo, a avaliação de Heurísticas de Nielsen pode ser usada como métrica quantificadora da usabilidade do produto sendo desenvolvido. O Anexo A apresenta a lista das dez heurísticas de Nielsen e sua descrição.

As heurísticas de Nielsen possuem a vantagem de poderem ser utilizadas durante os primeiros estágios do desenvolvimento da interface do produto. As heurísticas podem ser usadas em si como guias para o desenvolvimento da interface ou um processo de avaliação de heurísticas pode ser facilmente conduzido para julgar a usabilidade de uma interface desenvolvida, sem a necessidade de convocar ou contratar usuários, como seria o caso de outros métodos de avaliação de usabilidade (NIELSEN, 1994).

Outra métrica encontrada para avaliar a usabilidade do produto é o tempo médio para completar a tarefa. Trata-se do tempo cronometrado que uma amostra de usuários leva para completar uma tarefa. No caso do despertador, a tarefa consiste em ajustar o relógio do despertador e o horário do alarme. Recomenda-se que seja usada a média geométrica devido à grande assimetria das distribuições de tempos de tarefa (SAURO, 2010).

O item “Taxa de Despertar” refere-se ao percentual de vezes que o despertador acorda com sucesso o usuário.

Por fim, a “Avaliação de Apelo Visual” é uma métrica quantificável relacionada à estética do produto ou ao requisito “Ser Bonito”. Existem diversas formas de conduzir uma avaliação de apelo visual, mas no formato mais simples, trata-se de uma avaliação em que uma amostra de usuários julga o apelo visual do produto em uma escala de nove pontos de “Muito Pouco Atraente” até “Muito Atraente”. A média das notas recebidas será o resultado da avaliação (SAURO, 2013).

3.4.1 Casa da qualidade

A casa da qualidade foi a ferramenta utilizada para associar as informações oriundas das necessidades dos clientes e dos requisitos de projeto. A elaboração da casa da qualidade permite mensurar e priorizar os requisitos de projeto de maneira a especificar o produto. Ela é apresentada na Tabela 5.

Na coluna da esquerda estão as necessidades dos clientes, formando uma lista vertical. Cada necessidade foi valorada adotando-se pesos de 1 a 10 em que 1 corresponde aos requisitos de muito baixa importância e 10 aos requisitos de muito elevada importância. No topo estão dispostos os requisitos de projeto, formando uma linha na matriz casa da qualidade. Cada requisito apresenta sua unidade de medida e respectiva tendência.

A casa da qualidade é obtida a partir da relação entre as linhas das necessidades dos clientes e as colunas dos requisitos de projeto. Cada relação é atribuída com um valor referente ao seu Grau de Relacionamento (GR), conforme ilustra a Tabela 5. A partir de então, cada relação é multiplicada com o respectivo peso recebido na valoração do levantamento das necessidades dos clientes. Ao fim, cada relação já multiplicada é somada com as relações da mesma coluna de requisitos de projeto a fim de obter um valor de importância (VI) para cada requisito de projeto definido e assim ter uma forma de comparação entre eles.

Tabela 6 - Valores e símbolos para o Grau de Relacionamento

Símbolo	Valor	Grau de Relacionamento
●	9	Forte
○	3	Moderado
▽	1	Fraco
	0	Não aplicável

Fonte: Autoria própria

3.4.2 Classificação dos Requisitos de Projeto

A Tabela 7 apresenta a ordenação dos requisitos de projeto resultante da aplicação da casa da qualidade. Eles estão classificados de forma decrescente baseando-se no valor de importância respectivo de cada requisito, sendo que os encontrados no topo da lista devem ter prioridade no projeto.

Tabela 7 – Ordenação dos Requisitos de Projeto

Requisitos de Projeto	Ordem	Tend.	Meta	Unid	Valor relativo
Preço	1º	▼	100	R\$	10,84%
Taxa de Despertar	2º	▲	100	%	6,55%
Intensidade Máxima da Vibração Percebida	3º	▲		m/s ²	5,05%
Espessura do Vibrador	4º	▼	25	mm	4,88%
Força para Desfixar Acidentalmente o Dispositivo Estimulador	5º	▲	10	N	4,78%
Avaliação de Heurísticas de Nielsen	6º	▲	10	Nº	4,76%
Número de Operações para Ajustar o Alarme	7º	▼	5	Nº	4,41%
Média Geométrica do Tempo de Tarefa	empate	▼	30	s	4,41%
Número de Caracteres no Mostrador	9º	◇		Nº	4,31%
Intensidade Máxima do Alarme Sonoro	10º	▲	80	dB	3,73%
Volume	11º	▼	1000	cm ³	3,63%
Intensidade Máxima do Alarme Luminoso	12º	▲	2600	Lumens	3,51%
Avaliação de Apelo Visual	13º	▲	80	%	3,46%
Número de Botões	14º	◇	6	Nº	3,41%
Número de Níveis de Intensidade (do estímulo)	15º	◇	3	Nº	3,33%
Intensidade Luminosa do Mostrador	15º	◇	0.1	Lumens	3,33%
Número de Operações para Escolher os Dias da Semana	17º	▼	5	Nº	2,99%
Intensidade da Vibração Percebida a Um Metro do Usuário	empate	▼		m/s ²	2,99%
Tempo de Vida	19º	▲	3	anos	2,57%
Consumo de Energia	20º	▼	6	Wh/mês	2,55%
Dimensão do Mostrador de Horário	21º	◇	2,5	pol	2,38%
Minutos de Atraso Médio por Mês	22º	▼	0	min/mês	2,21%
Capacidade da Bateria	23º	▲	1	h	2,06%
Massa	24º	▼	350	g	1,86%
Número de Operações para Ajustar o Relógio	25º	▼	5	Nº	1,47%
Número de Modelos de Cor Diferente	26º	◇	3	Nº	1,40%
Amplitude do Input Elétrico	27º	▲	150	V	1,35%
Tempo Médio de Despertar	28º	▼	30	s	1,15%
Tamanho do Cabo Elétrico	29º	◇	2	m	0,64%

Fonte: Autoria própria

A partir da classificação obtida dos requisitos de projeto tem-se um conjunto de informações sem ambiguidades, que será usado como base para o desenvolvimento das etapas seguintes do processo do projeto.

4 PROJETO CONCEITUAL

Neste capítulo são apresentadas as etapas do projeto conceitual, destinado ao desenvolvimento da concepção do produto. Nele, a estrutura funcional do produto é estabelecida, envolvendo a função global do produto e suas subfunções. Assim, uma matriz morfológica pode ser elaborada, na qual são listadas todas as subfunções definidas e, para cada uma, diversas alternativas possíveis para sua execução. As alternativas são julgadas e organizadas em concepções do produto, e a partir de uma análise comparativa, que leva em conta as especificações de projeto, a melhor concepção pode ser escolhida.

4.1 Estrutura funcional

A Estrutura Funcional é definida com base na formulação da Função Global do sistema.

A Função Global do produto é despertar surdos. Ela é apresentada na Figura 25. Na área central da figura estão situadas as funções abstrata e condensada do sistema, como também as interfaces com sinal e energia estão indicadas nas entradas e saídas do sistema.

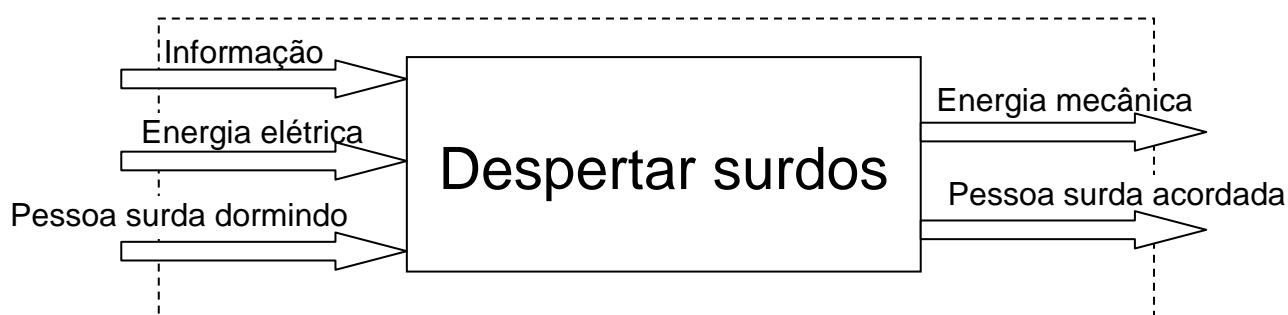


Figura 25 - Função Global do sistema

Fonte: Autoria própria

A Função Global pode ser expandida e desmembrada em conjuntos de funções que caracterizam o funcionamento do dispositivo.

O primeiro nível do desmembramento da Função Global é mostrado na Figura 26:

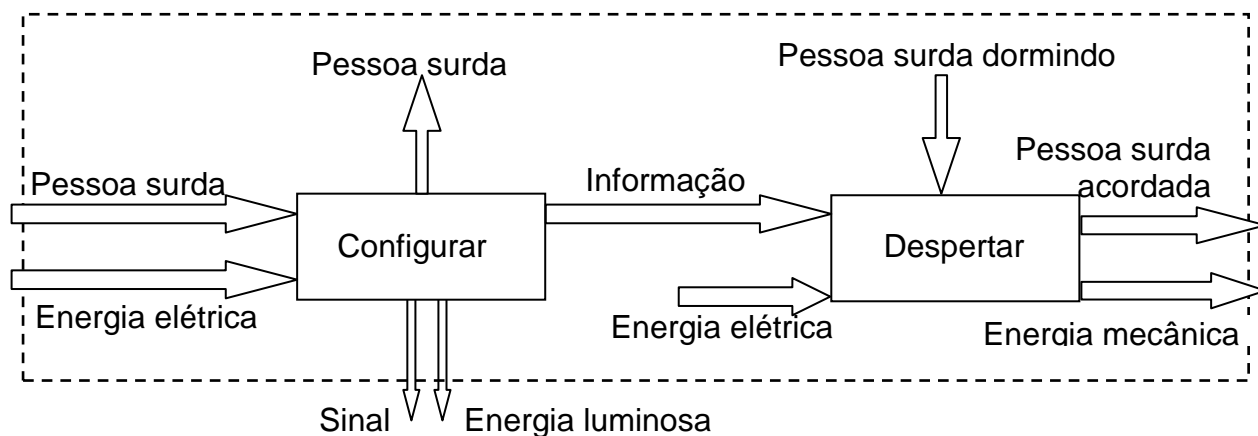


Figura 26 - Estrutura funcional do sistema – Primeiro nível do desmembramento

Fonte: Autoria própria

O nível acima pode ser desmembrado num segundo estágio, sendo uma estrutura para cada função do nível anterior.

A Figura 27 apresenta o desmembramento da função Configurar.

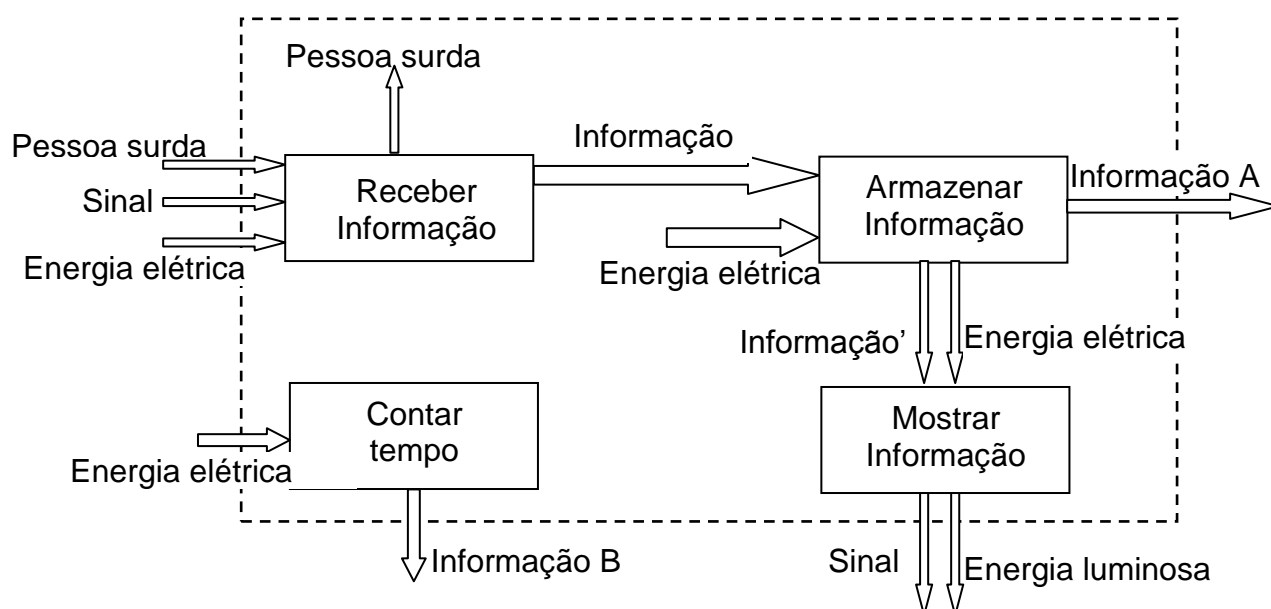


Figura 27 - Estrutura funcional do sistema – Segundo nível do desmembramento (função Configurar)

Fonte: Autoria própria

A Figura 28 apresenta o desmembramento da função Despertar

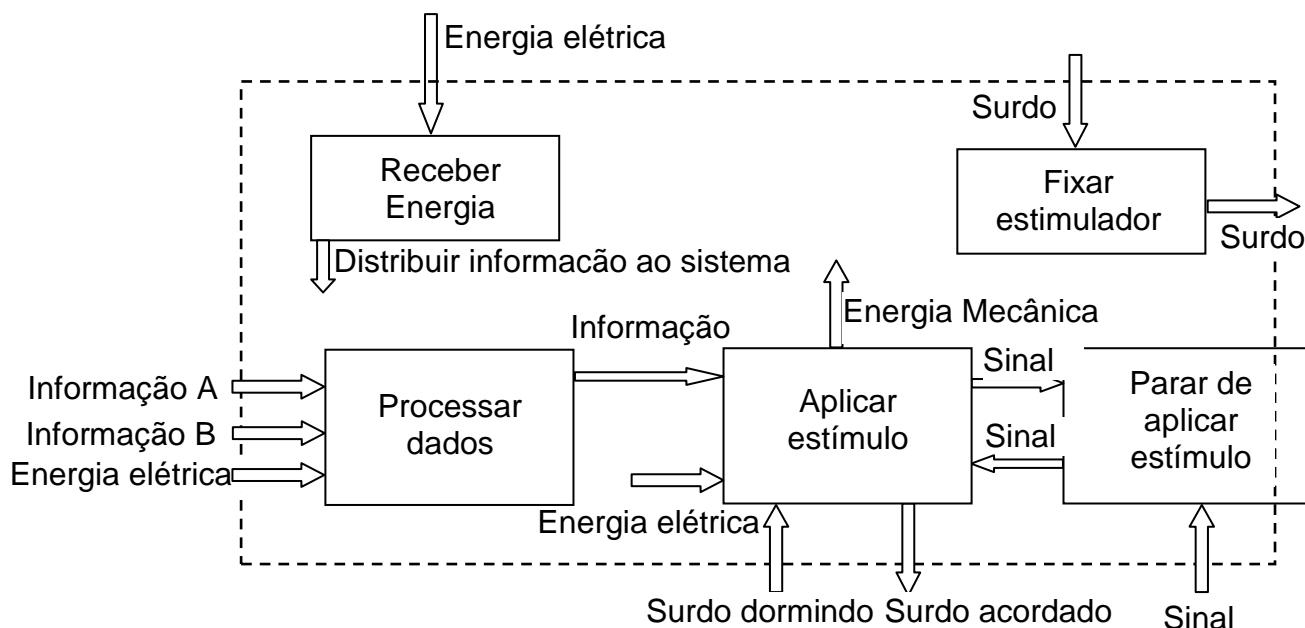


Figura 28 - Estrutura funcional do sistema – Segundo nível do desmembramento (função Despertar)

Fonte: Autoria própria

4.2 Geração de soluções

A fase de geração de soluções tem por objetivo apresentar alternativas possíveis de realizar com sucesso cada uma das funções existentes na Estrutura Funcional.

Foi realizado um *brainstorming* entre os autores do trabalho para identificar o máximo possível de soluções. Nota-se que muitas delas não foram consideradas plausíveis e portanto não serão apresentadas.

Com base nas melhores ideias e soluções para cada função do produto na visão dos autores, foi elaborada uma matriz morfológica apresentando as soluções. Ela pode ser visualizada no Quadro 2.

Quadro 2 – Matriz Morfológica

Função		Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5	Opção 6	Opção 7	Opção 8
Receber energia	Dispositivo controlador	Rede elétrica	Bateria de íon-Lítio recarregável	Pilha célula galvânica	Rede elétrica com bateria reserva				
	Dispositivo estimulador	Rede elétrica	Bateria de íon-Lítio recarregável	Pilha célula galvânica	Rede elétrica com bateria reserva				
Receber informação	Configuração de horário	Botão de pressão	Tela touch screen	Botão sensível ao toque	Potenciômetro sensível ao toque	Potenciômetro giratório	Potenciômetro linear	Girar ponteiro	
	Configuração de horário de despertar	Botão de pressão	Tela touch screen	Botão sensível ao toque	Potenciômetro sensível ao toque	Potenciômetro giratório	Potenciômetro linear	Girar ponteiro	
	Configuração da intensidade do alarme	Botão de pressão	Tela touch screen	Botão sensível ao toque	Potenciômetro sensível ao toque	Potenciômetro giratório	Potenciômetro linear	Botão tipo slide com opções	Não configurar
Armazenar Informação		Circuito eletrônico	Posição de ponteiro						
Contar tempo		Mecanismo de relógio eletrônico de cristal de quartzo	Mecanismo de relógio mecânico						
Aplicar estímulo	Estímulo tátil	Motor vibrador	Compressão por inflamento	Jato de água	Não aplicar				
	Estímulo visual - tipo de lampada	Lâmpada incandescente	Lâmpada fluorescente	Lâmpada Halógena	Lampada LED	Lampada dicroica	Não aplicar		
	Tipo do estímulo visual	Holofote	Pisca-pisca	Sistema giratório	Aumento gradual da intensidade	Contínuo	Não se aplica		
	Estímulo sonoro	Alto-falante piezoelétrico	Sino elétrico	Buzina	Não aplicar				
	Forma de recepção de sinal	Cabo	Bluetooth	Ondas de rádio	Infravermelho	Wireless	Não se aplica		
Fixar estimulador	Fixação do dispositivo	Velcro	Elástico	Imã	Presilha	Ventosa	Adesivo dupla face	Cinto	Não fixar
	Local de fixação	Pulso	Embaixo do travesseiro	Embaixo do colchão	Sobre o colchão	Lateral do colchão	Dentro da fronha do travesseiro	Não se aplica	
Mostrar informação		Visor LCD	Visor LED	Projeção no teto	Visor analógico com ponteiros				
Parar de aplicar estímulo		Botão com mola	Botão sensível ao toque	Chacoalhar/Acelerômetro					
Processar dados		Processador							

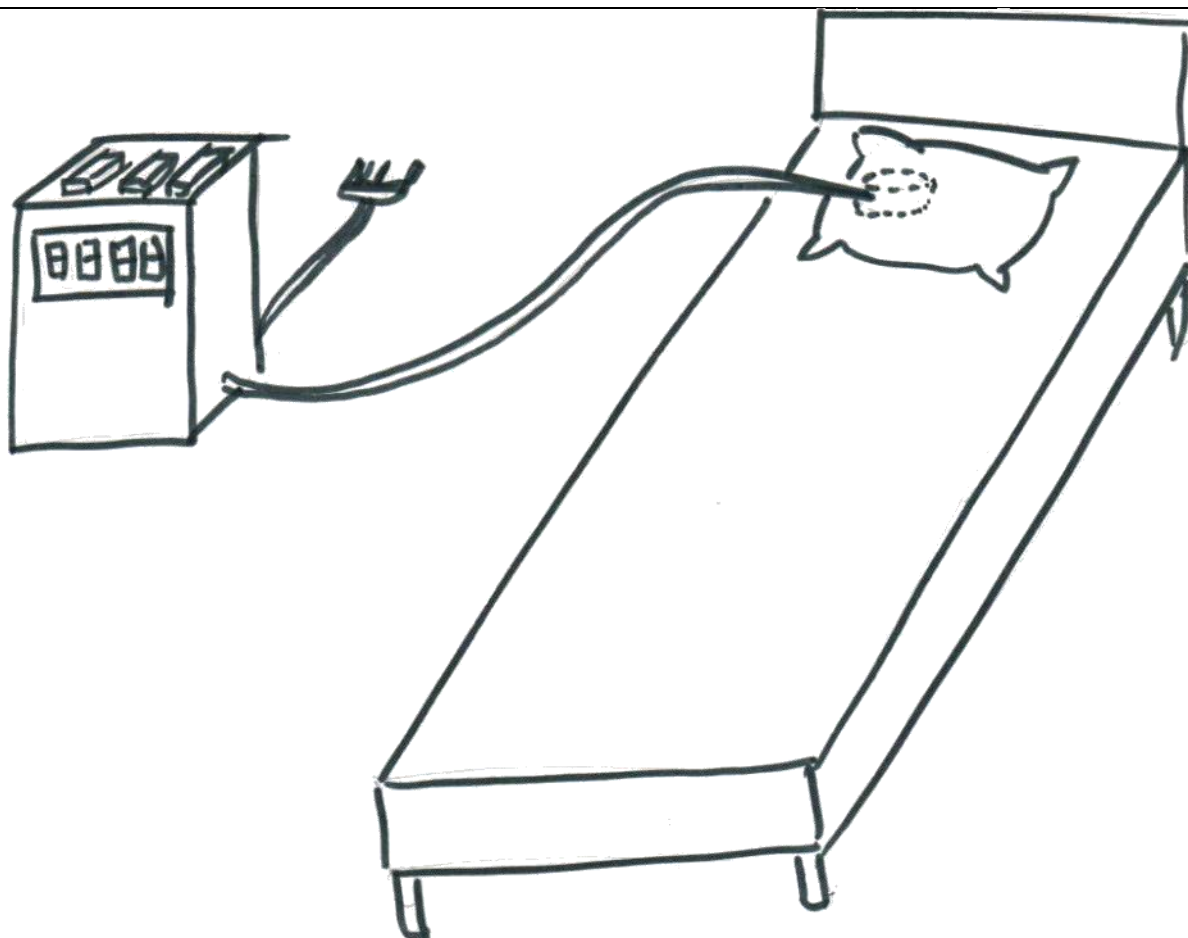
4.3 Geração de concepções

A geração de concepções diferentes foi feita por combinações e arranjos entre as possíveis soluções para cada função apresentada na matriz morfológica. Para cada concepção foi selecionado uma, ou quando aplicável mais de uma, opção de solução para cada função. Foi gerado um total de 6 concepções listadas no Quadro 3. As combinações foram feitas considerando-se uma avaliação crítica que levou em conta a compatibilidade física e técnica entre os princípios de solução e a viabilidade das concepções do produto. Também procurou-se estabelecer concepções pouco similares para abranger um grande espectro de alternativas possíveis e não se limitar a pequenas variações.

Em seguida, no Quadro 4, cada concepção será apresentada, justificada e explicada, apresentando seus princípios de funcionamento e seus pontos fracos e fortes.

Folha de Geração de Concepção

Concepção nº 1

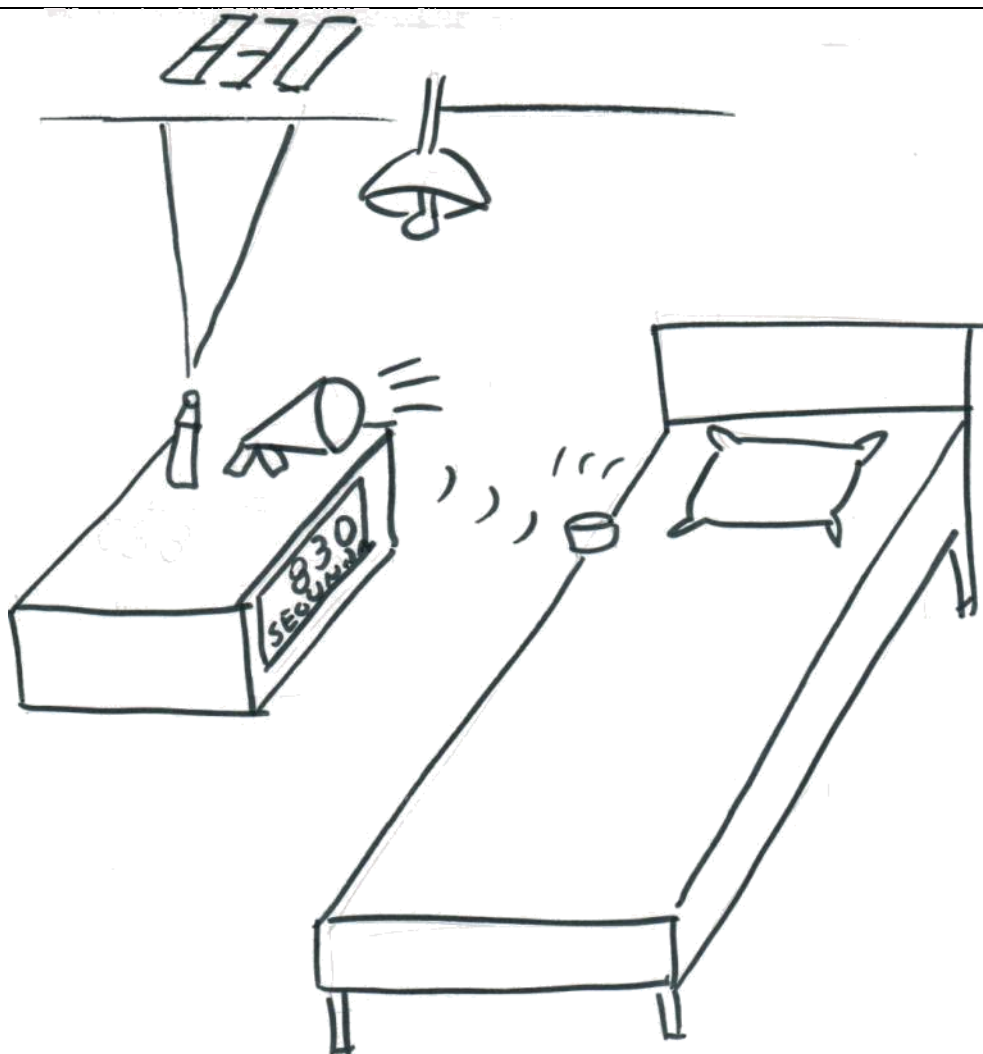


Disposição Geral	Dois módulos conectados por cabo: i) módulo base ii) módulo vibrador
Princípio de estimulação	Vibração
Fixação	Posicionado embaixo do travesseiro sem fixação especial
Alimentação	Energia elétrica
Interface com usuário	Visor led e botões de pressão
Ponto forte	Baixo custo
Ponto fraco	Não possui sistema de fixação

Quadro 4 - Folhas de Concepções

Folha de Geração de Concepção

Concepção nº 2

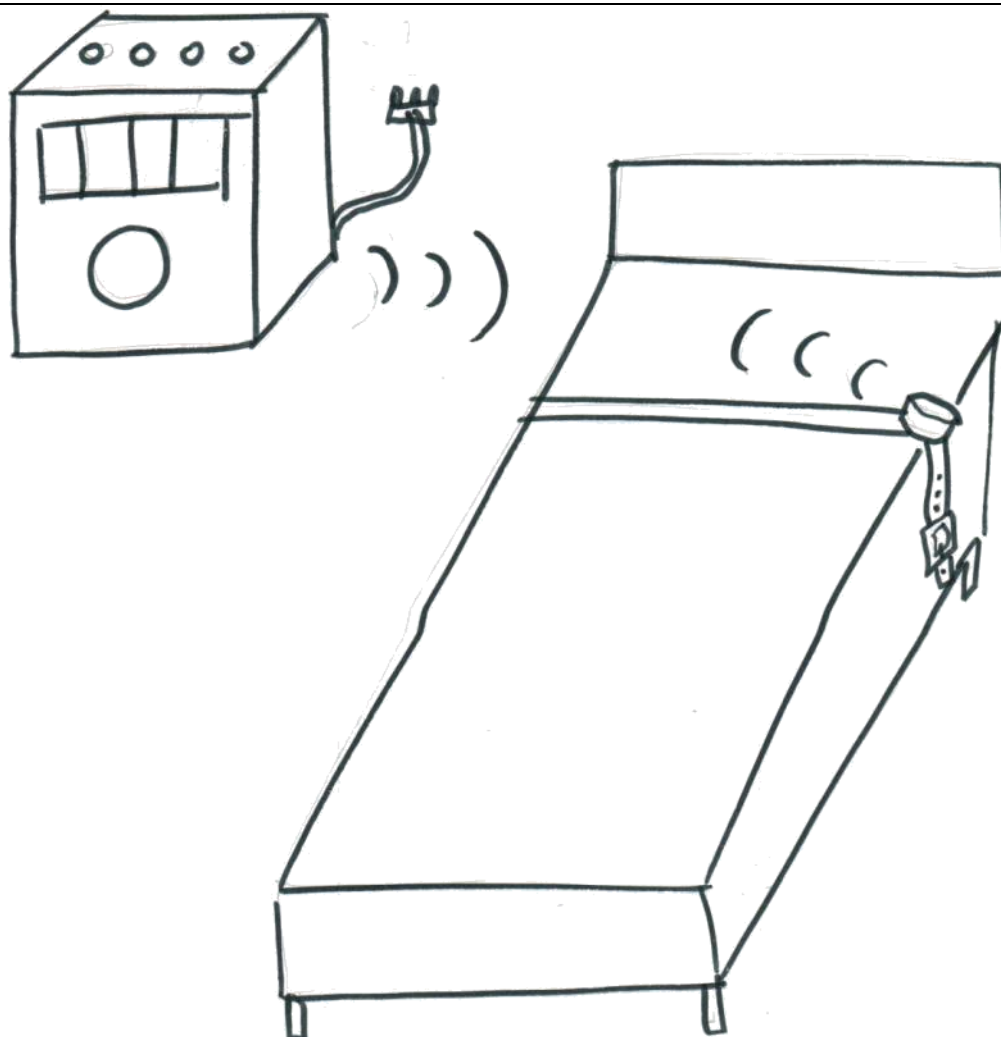


Disposição Geral	Dois módulos conectados sem fio por ondas de rádio: i) módulo base ii) módulo vibrador
Princípio de estimulação	Vibração e iluminação
Fixação	Posicionado na cama com dispositivo fixador imantado
Alimentação	Independente. Energia elétrica com bateria reserva para a base e bateria de íon-lítio para o módulo estimulador
Interface com usuário	Visor de LCD que pode informar horário, hora e dias de despertar. Botões sensíveis ao toque. Projeção no teto
Ponto forte	Muitos recursos para a interface com usuário. Desperta usuário com dois estímulos diferentes. Aspecto luxuoso.
Ponto fraco	Alto custo

Quadro 4 - Folhas de Concepções (continuação)

Folha de Geração de Concepção

Concepção nº 3

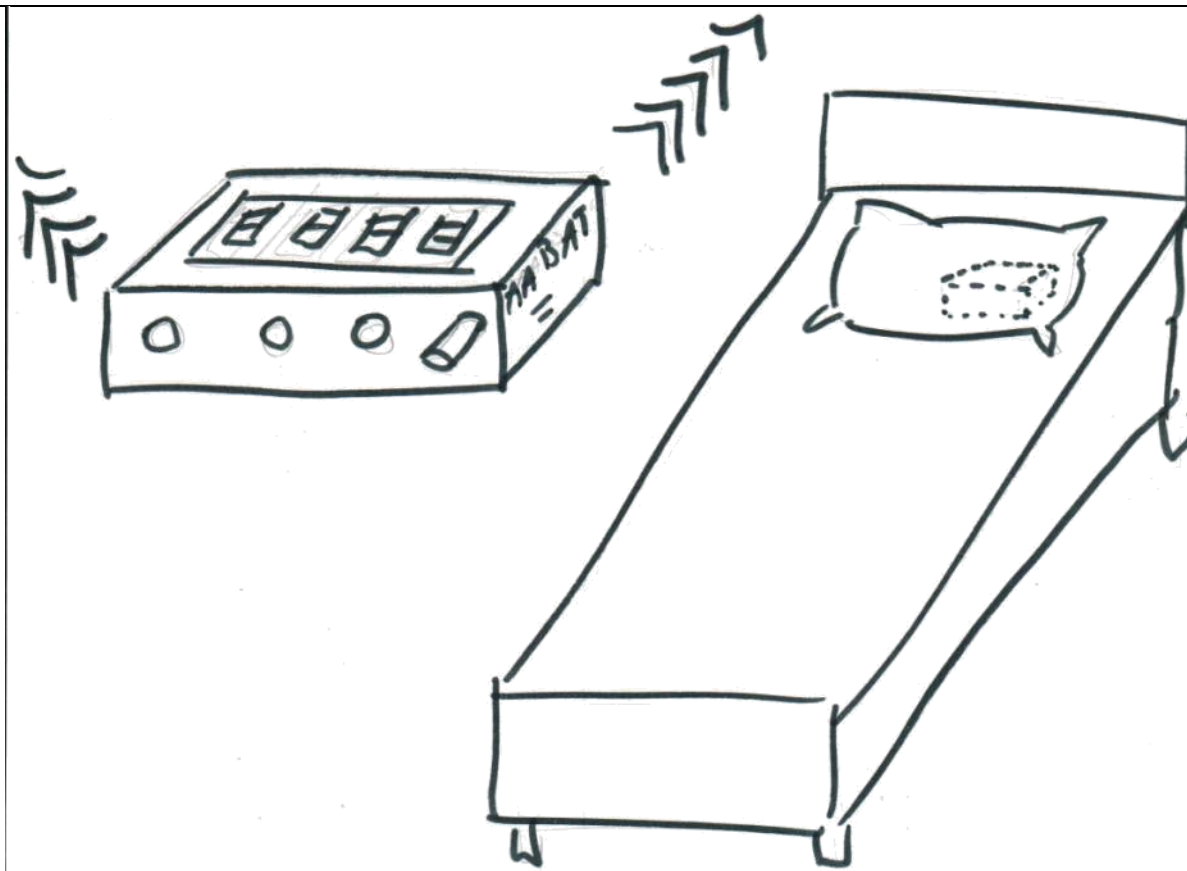


Disposição Geral	Dois módulos conectados sem fio por ondas de rádio: i) módulo base ii) módulo vibrador
Princípio de estimulação	Vibração
Fixação	Posicionado na cama com cinta elástica com regulagem de tamanho
Alimentação	Independente. Energia elétrica com bateria reserva para a base e bateria de íon-lítio para o módulo estimulador
Interface com usuário	Visor de LCD que pode informar horário, hora e dias de despertar. Botões de pressão
Ponto forte	Dispositivo de fixação de baixo custo e eficiente
Ponto fraco	Possui apenas um tipo de estímulo

Quadro 4 - Folhas de Concepções (continuação)

Folha de Geração de Concepção

Concepção nº 4

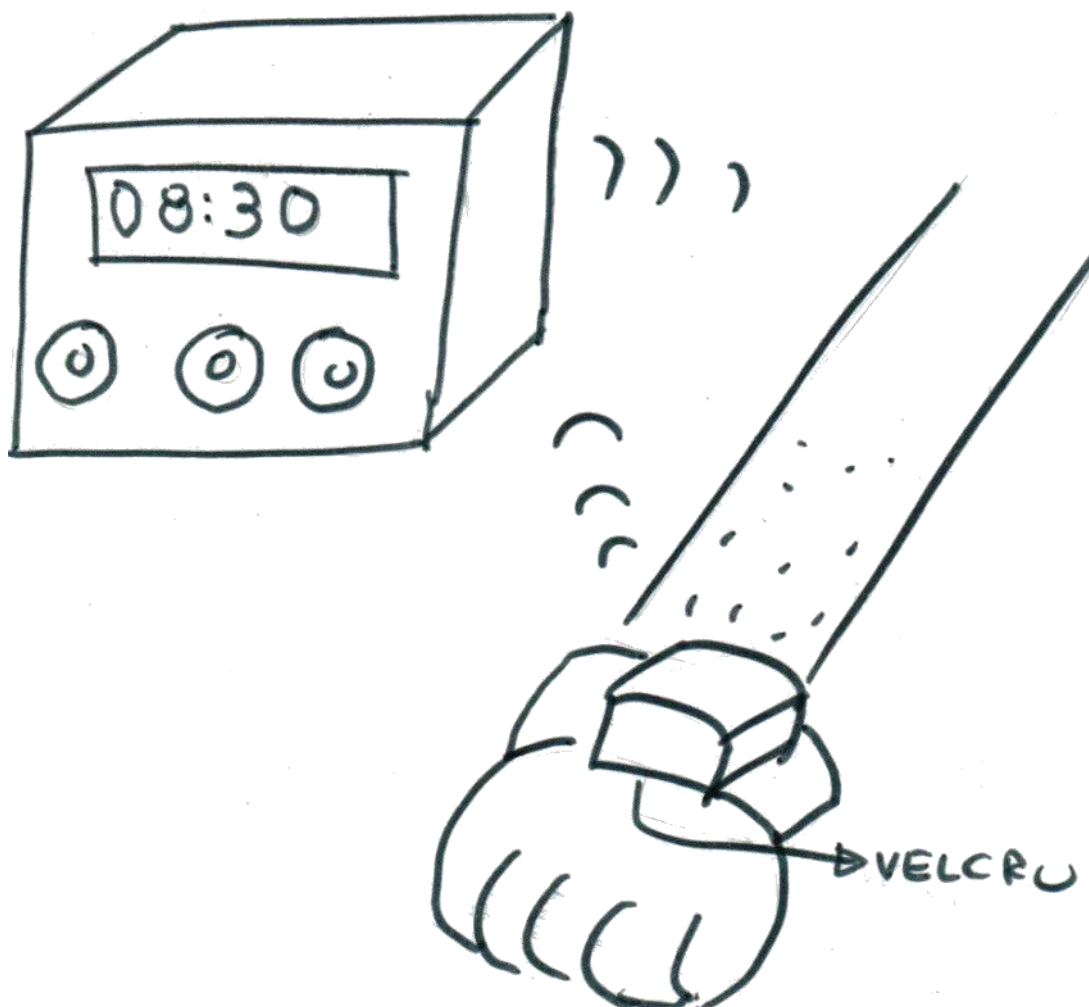


Disposição Geral	Um módulo que executa as funções de controle, interface e estímulo ao usuário.
Princípio de estimulação	Vibração
Fixação	Posicionado na cama sob o travesseiro
Alimentação	Pilha célula galvânica
Interface com usuário	Visor de led informando horário e se alarme está acionado. Botão deslizante que regula intensidade da vibração
Ponto forte	Portabilidade, leveza e independência de rede elétrica
Ponto fraco	Por concentrar todas as funções na mesma carcaça, ela se torna volumosa e pode atrapalhar o sono. Ausência de fixação

Quadro 4 - Folhas de Concepções (continuação)

Folha de Geração de Concepção

Concepção nº 5

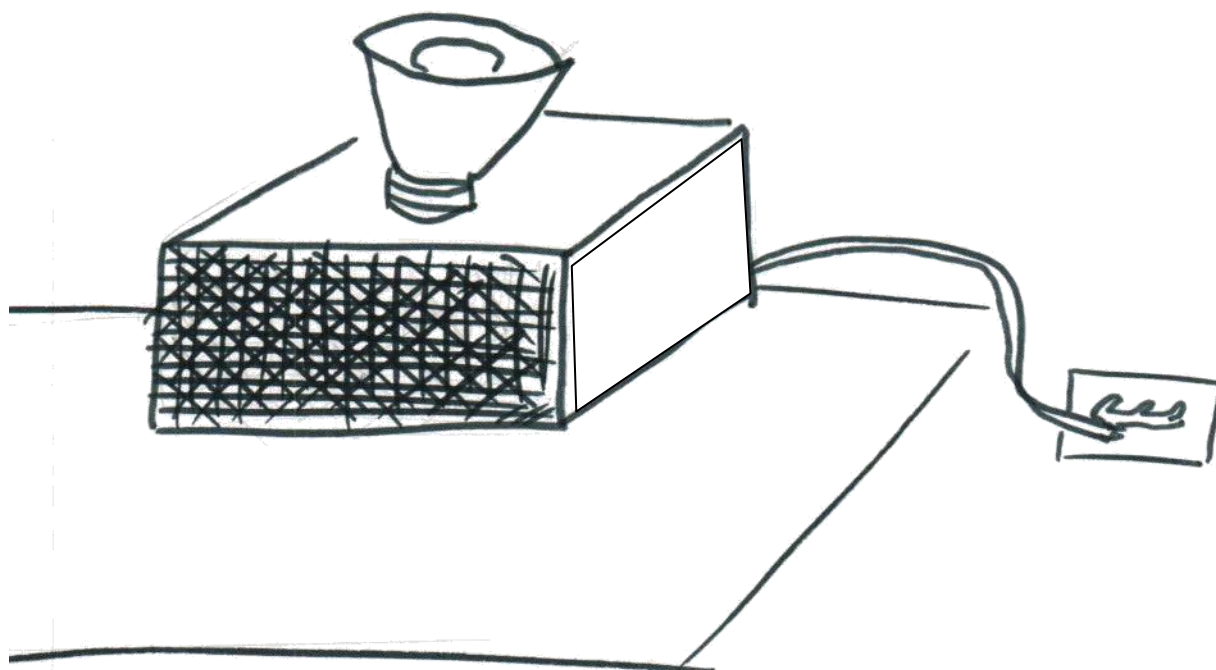


Disposição Geral	Dois módulos conectados sem fio por ondas de rádio: i) módulo base ii) módulo vibrador
Princípio de estimulação	Vibração
Fixação	Posicionado na no pulso do usuário com regulagem de tamanho. Pulseira de velcro
Alimentação	Independente. Energia elétrica com bateria reserva para a base e bateria de íon-lítio para o módulo estimulador
Interface com usuário	Visor de LCD que pode informar horário, hora e dias de despertar. Operação por potenciômetros sensíveis ao toque
Ponto forte	Energia estimuladora não se dissipa antes de alcançar o usuário
Ponto fraco	Pode atrapalhar o sono

Quadro 4 - Folhas de Concepções (continuação)

Folha de Geração de Concepção

Concepção nº 6



Disposição Geral	Único módulo
Princípio de estimulação	Iluminação a partir de lâmpadas halógenas com aumento gradual da intensidade, e sonoro a partir de alto-falante
Fixação	Posicionado na mesa no quarto do usuário, ao alcance da rede elétrica
Alimentação	Energia elétrica
Interface com usuário	Visor de LCD informando horário, hora e dias de despertar. Operação por potenciômetros giratórios e botões de pressão
Ponto forte	Comapctabilidade e menor custo
Ponto fraco	Não efetua estímulo por vibração

Quadro 4 - Folhas de Concepções (continuação)

4.4 Seleção da concepção e leiaute inicial

Uma vez definidas as concepções e exploradas as soluções, fez-se necessário avaliar de forma objetiva o conjunto de concepções. Optou-se pela utilização de uma Matriz de Avaliação Relativa. Foram utilizadas como Critérios de Avaliação as Necessidades dos Clientes apresentadas na Tabela 4 (seção 3.3.3) de acordo com as respectivas importâncias (Valor do Cliente). Para avaliar as diferentes concepções, tomou-se como referência a concepção nº 2 e as demais foram comparadas a ela. Para a geração de escore, atribui-se o valor “+1” se a concepção atendeu à necessidade melhor do que a referência, “0” quando a concepção atendeu à necessidade de forma equivalente à referência, e “-1” quando a concepção não atendeu à necessidade tão bem quanto à referência. As necessidades que não dependem ou não são influenciadas pelos diferentes princípios de solução receberam escore “0” em todas as concepções. O escore ou nota total das concepções corresponde ao somatório dos escores de cada necessidade multiplicados pela importância e permite a escolha da melhor concepção. A Tabela 8 traz a Matriz de Avaliação Relativa com a classificação das concepções de acordo com a pontuação.

Tabela 8 - Matriz de Avaliação Relativa

Categorias	Necessidades dos Clientes	Valor do cliente	Concepção					
			1	2	3	4	5	6
Aspecto	Ser leve	3	1	Referência	0	1	1	0
	Ser bonito	8	-1		0	-1	0	0
	Ser compacto	3	1		1	1	1	1
	Existir em modelos de cores diversas	3	0		0	0	0	0
	Ter materiais de maior qualidade	6	0		0	0	0	0
Operação	Permitir fácil ajuste do horário de despertar	9	-1		0	-1	0	0
	Não desregular com quedas de energia da rede elétrica	5	-1		0	0	0	0
	Ser fácil de usar / Usabilidade	9	-1		0	-1	0	0
	Ter a intensidade do alarme ajustável	8	0		0	0	0	0
	Possuir função soneca (<i>snooze</i>)	7	0		0	0	0	0
	Possuir ajuste de voltagem	1	0		0	0	0	0
Interação	Escolher os dias da semana que ele desperta	3	0		0	-1	0	0
	Mostrar constantemente horário marcado para despertar	4	-1		0	-1	0	0
	Possuir alarme sonoro	5	0		0	0	0	1
	Possuir alarme vibratório	10	0		0	0	0	-1
	Possuir alarme luminoso	7	-1		-1	-1	-1	1
	Não atrasar/adiantar o horário	10	0	0	0	0	0	
	Não sair da posição designada durante o sono	8	-1	0	-1	0	0	
	Não atrapalhar o sono	9	0	0	0	-1	0	
Custo	Interromper o sono na hora marcada	10	0	0	0	0	-1	
	Ser barato	10	1	1	1	0	0	
Manutenção	Gastar pouca energia	2	1	0	-1	0	0	
	Ser durável	7	0	0	0	0	0	
	Ser de fácil manutenção	3	1	0	1	0	0	
Escore Total			-29	0	6	-31	-10	-5
Classificação			5º	2º	1º	6º	4º	3º

Fonte: Autoria própria

A concepção que obteve maior pontuação de acordo com a Matriz de Avaliação foi a concepção nº 3, apresentando uma vantagem total de 6 pontos positivos em relação à concepção nº 2 escolhida como referência. Ela obteve vantagem por obter pontuação elevada nos critérios de: a) ser barato, b) ser compacto, apresentando desvantagem em relação à referência somente por não possuir alarme luminoso. Teoricamente esta concepção deve poder atender à maioria dos requisitos de projeto, embora somente o projeto detalhado poderá comprová-lo.

A disposição geral da concepção escolhida é apresentada na Figura 29. Nela, o dispositivo estimulador liga-se ao dispositivo controlador por meio de ondas de rádio, o que elimina a necessidade de um cabo estar conectando os dispositivos e ficar próximo à cama do usuário podendo causar acidentes e ser desconfortável. Outro ponto importante é que a base controladora está ligada à rede elétrica mas possui um conjunto de baterias reservas, o que permite, mesmo numa situação de *blackout*, funcionar corretamente e enviar sinais ao dispositivo estimulador. Este último por sua vez, tem como fonte de energia baterias recarregáveis de íon-lítio e é fixado na cama por uma cinta elástica regulável. A interface com o usuário é feita por botões com mola e um visor de LCD.

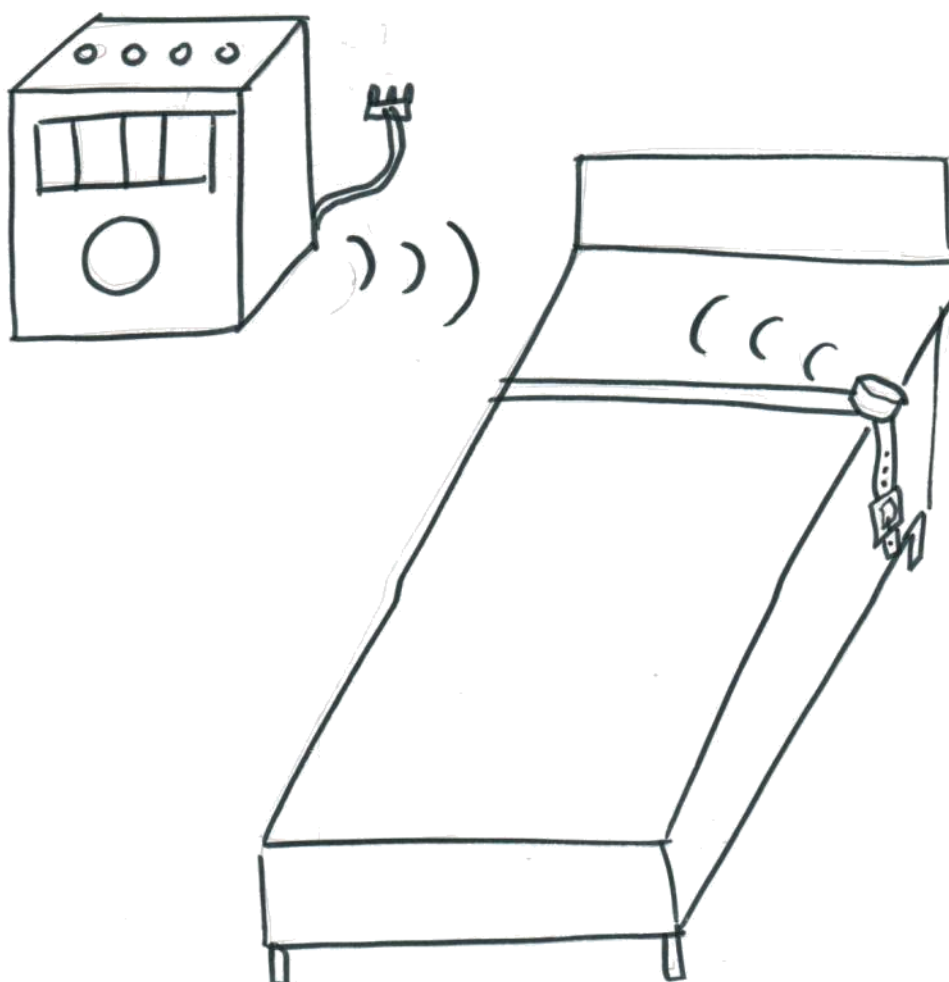


Figura 29 - Leiaute da concepção escolhida
Fonte: Autoria própria

Os principais pontos fortes da concepção escolhida são:

- a) Simplicidade e eficiência do mecanismo de fixação: permite boa fixação do dispositivo vibrador utilizando um componente simples, barato e durável.
- b) Permite o uso mesmo com quedas de energia: a bateria reserva impede desregulações do horário com quedas e oscilações na rede elétrica além de permitir que o alarme desperte mesmo se houver uma queda de energia durante a noite.
- c) Compacto: A ausência de cabo entre os dois módulos e a quantidade relativamente pequena de componentes resultam em um dispositivo compacto.
- d) Interface de usuário amigável: o visor de LCD permite uma linguagem com símbolos facilmente reconhecíveis pelo usuário e mostra uma maior quantidade de informações relevantes.

4.5 Sumário do capítulo

Este capítulo conclui-se com a escolha da melhor concepção para a solução do problema de projeto. Esta seleção ocorreu a partir da ferramenta Matriz de Avaliações Relativa, que considerou e comparou seis diferentes concepções. As concepções foram elaboradas de modo a apresentar soluções viáveis baseado em uma lista de princípios de solução para cada função específica que o produto sendo projetado deve realizar. As funções específicas foram obtidas a partir de uma análise e uma série de desmembramentos da função global definida para o sistema.

A concepção escolhida, no entanto, é ainda abstrata e pouco específica para a geração de um produto definitivo. Portanto, o próximo capítulo será dedicado à análise técnica das soluções empregadas no dispositivo para que seu dimensionamento possa ser realizado.

5 PROJETO PRELIMINAR E DETALHADO

Neste capítulo será apresentado o leiaute detalhado da concepção escolhida, cujos componentes devem ser dimensionados de modo a atender os requisitos de projeto. Como ponto de partida será feito um levantamento e identificação dos principais propagadores de restrição. Em seguida será feito o detalhamento e especificação preliminar de cada componente, de seus materiais e do processo de fabricação. Por fim será elaborado um protótipo funcional o qual será submetido a testes para validar parcialmente o atendimento aos requisitos de projeto.

5.1 Identificação dos componentes e leiaute detalhado

Com o intuito de identificar os principais componentes e principais propagadores de restrição relacionados à concepção escolhida, foi estabelecido um leiaute detalhado da concepção. A concepção prevê dois módulos separados que compõe o produto: um módulo principal e um módulo vibrador.

O módulo vibrador é composto por um motor vibrador, uma placa de circuito impresso com circuito eletrônico com receptor de ondas de rádio destinado a receber o sinal transmitido pelo módulo principal e uma bateria que alimenta o sistema. Estes componentes são envoltos e isolados fisicamente por uma carcaça, a qual é conectada a uma fita elástica regulável que envolve o colchão do usuário e fixa o conjunto a ele. A Figura 30 ilustra detalhadamente a disposição destes componentes.

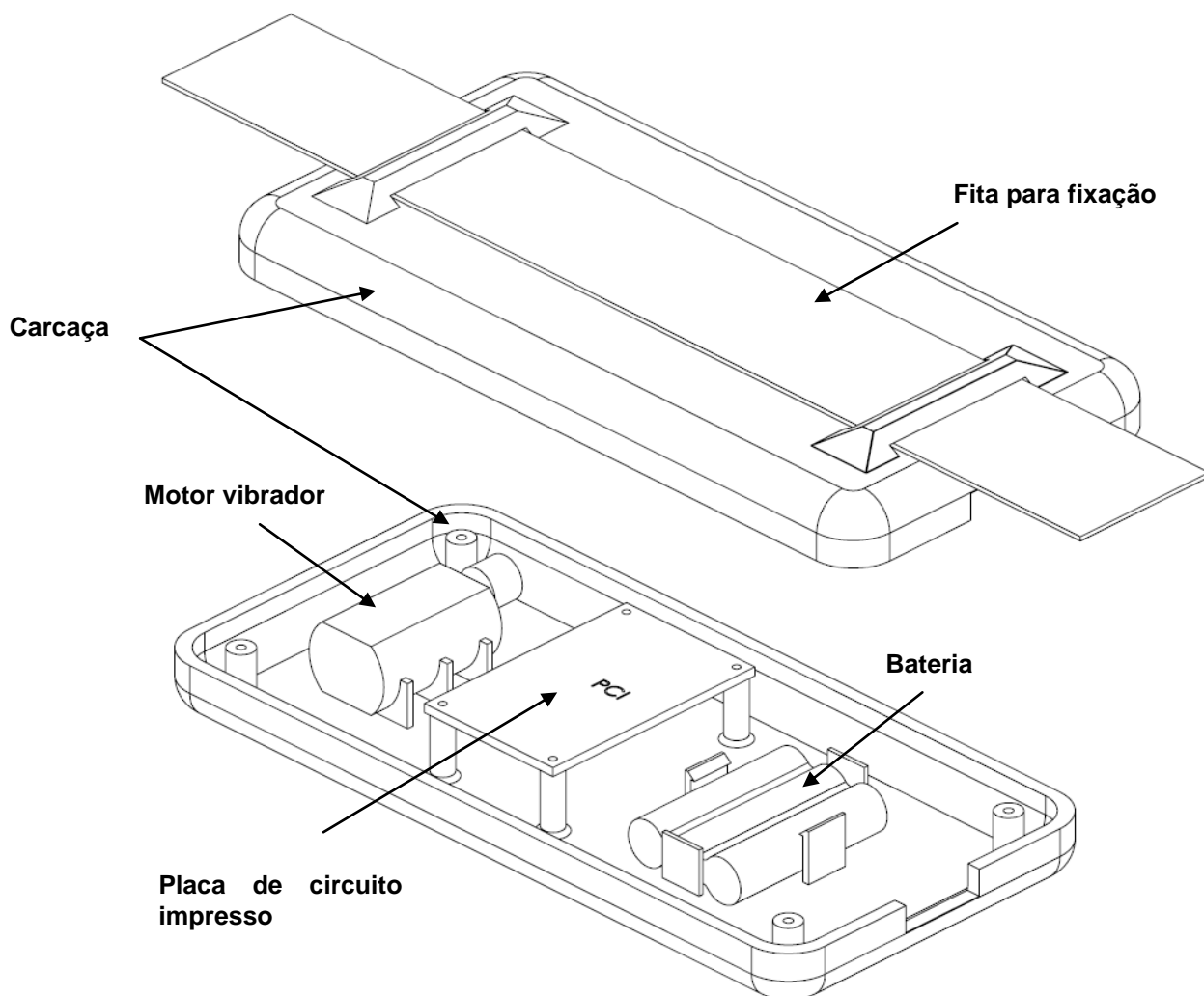


Figura 30 - Leiaute do módulo vibrador

O módulo principal é composto por uma placa de circuito impresso contendo um processador, um emissor de ondas de rádio, uma fonte de alimentação, baterias reservas e um circuito para carregamento de baterias. Este circuito eletrônico recebe informações de botões e mostra informações num ecrã de LCD. Todos estes componentes estão dispostos e fixados em uma carcaça. Há também um cabo que liga o dispositivo à rede elétrica e um conector ao qual se pode ligar o módulo vibrador para recarregar sua bateria interna. A Figura 31 ilustra a disposição dos principais componentes.

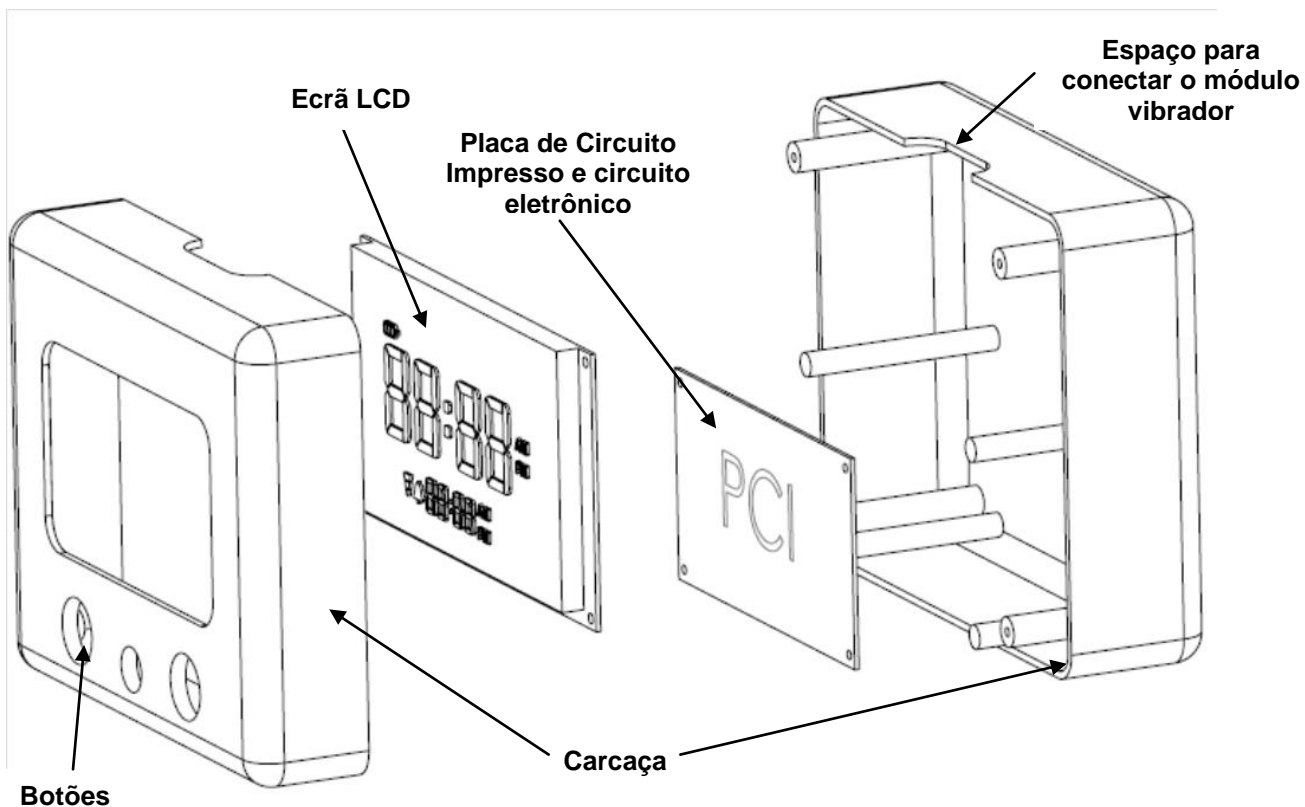


Figura 31 – Leiaute do módulo principal
Fonte: Autoria própria

Esta apresentação do leiaute dos principais componentes do produto e de sua disposição permite identificar os propagadores de restrição associados ao projeto.

5.2 Propagadores de restrição

De modo a organizar e facilitar o dimensionamento do produto foi elaborado um diagrama de propagadores de restrição. O seu objetivo é identificar as restrições que as características de alguns elementos e componentes impõem ao projeto. Ele está subdividido em dois, de acordo com a divisão entre módulo vibrador e módulo principal. Eles estão apresentados na Figura 32 e 33 respectivamente.

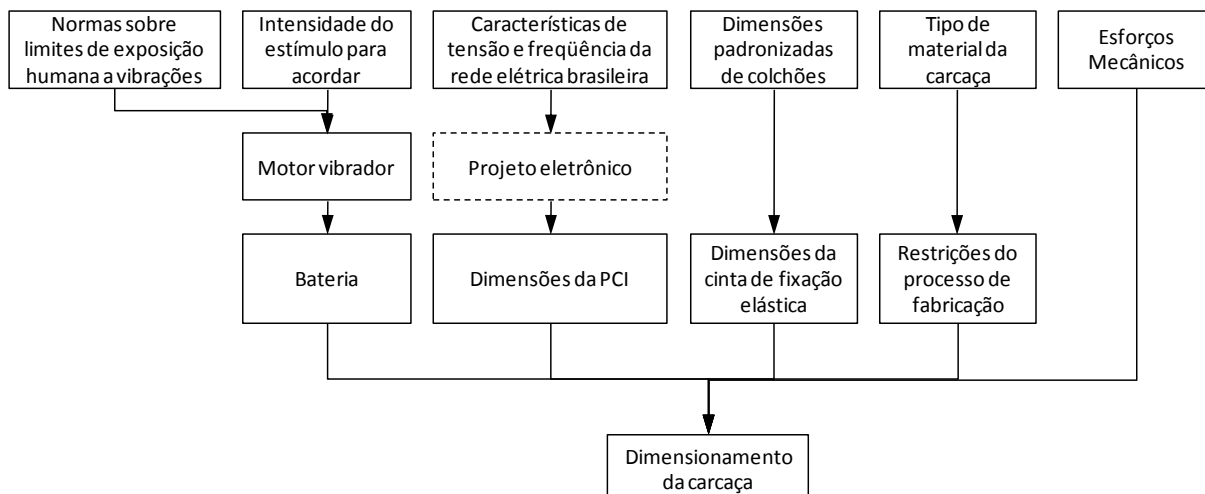


Figura 32 - Propagadores de restrição do módulo vibrador

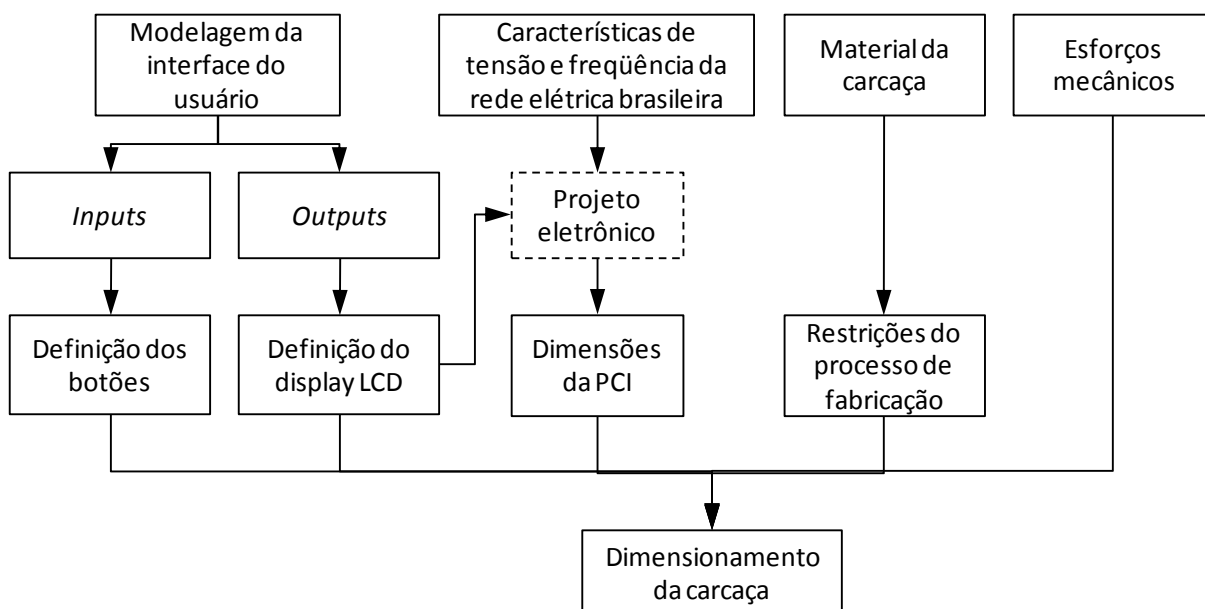


Figura 33 - Propagadores de restrição do módulo principal

O projeto eletrônico do dispositivo está indicado com linhas pontilhadas pois os projetos dos circuitos eletrônicos e das placas de circuito impresso (PCI) não são contemplados e detalhados nesta etapa do desenvolvimento do produto. Entretanto, as dimensões das placas de circuito impresso são parâmetros decisivos para o dimensionamento de outros componentes e foram definidas de forma alternativa (ver seção 5.8).

A estrutura de propagadores de restrição define a sequência com que as restrições definidas serão identificadas e quantificadas e com que os componentes serão detalhados. A seguir o detalhamento de cada propagador de restrição e componente é desenvolvido e justificado.

5.3 Considerações sobre a exposição humana a vibrações

Limites de exposição humana a vibrações estão normalizados em duas normas internacionais. A ISO 2631 (ISO, 1997) trata da exposição a vibrações de corpo inteiro e aplica seus estudos à pessoas que ficam com o corpo totalmente imerso no ambiente vibratório, como dentro de automóveis. A ISO 5349 (ISO, 2001) trata da exposição a vibrações transmitidas a mão como no uso de equipamentos e ferramentas que geram vibração, como polidoras e esmerilhadeiras.

O dispositivo de despertar surdos foi projetado para que seja fixado por baixo do travesseiro, aplicando estímulo a apenas uma região do corpo do usuário. Portanto será adotada a análise com relação à norma de vibrações transmitidas à mão, pois não foram encontradas outras normas e regulamentações mais específicas para vibrações exercidas unicamente sobre a cabeça.

A norma ISO 2631 (ISO, 1997) indica que a severidade da vibração transmitida é influenciada principalmente pelo espectro da frequência da vibração medida em termos de aceleração na unidade [G], a intensidade da vibração e o tempo de exposição, tanto por dia de uso quanto pelo padrão de exposição, se é contínuo ou com intervalos de descanso. Essas informações são mostradas num gráfico que apresenta os limites de exposição relacionando a aceleração e a frequência de vibração. Neste gráfico, são plotadas linhas que estabelecem o limite de exposição a que uma pessoa pode estar sujeita. Cada linha está associada a um fator de correção baseado no tempo de exposição e nas interrupções regulares. Ao realizar a análise do dispositivo despertador de surdos com base na norma, esta considera o caso mais brando uma condição de exposição diária de até 30 min com intervalos inferiores a 10 min entre exposições. No entanto, espera-se que o despertador para surdos seja utilizado em uma condição de exposição média de 5 minutos por dia

com intervalo de uso de 24 horas, e para esta condição a norma não apresenta um limite de vibração, de forma que não impõe nenhuma restrição sobre o projeto.

5.4 Intensidade de vibração e motor vibrador

A vibração produzida pelo motor vibrador deve ser capaz de acordar qualquer usuário do produto e para tal foi realizada uma pesquisa em publicações.

Embora existam diversas pesquisas relacionadas a limiares auditivos de despertar que poderiam ser usados como ponto de partida para determinar a intensidade sonora de despertadores comuns, como os trabalhos de Busby *et al.*, (1994), não foi encontrado nenhum estudo que tenha avaliado a relação entre estímulos vibratórios e o despertar. Por exemplo, os estudos existentes a respeito da influência da vibração em contextos em que a pessoa está dormindo limitam-se a avaliar perturbações na qualidade do sono, como o fizeram Arnberg *et al.* (1990) e Ögren *et al.* (2009), e não estabelecem nenhum tipo de limiar que possa ser usado como parâmetro para a escolha do motor.

Uma opção seria realizar um estudo estatístico que pudesse determinar uma distribuição do limiar de intensidade de vibração. Outra forma de escolher o motor vibrador seria adquirir diversas amostras e realizar testes com pessoas surdas. Ambas alternativas demandariam recursos e tempo não disponíveis para o projeto. Dessa forma, propõe-se a seguinte abordagem aproximada para a escolha do motor vibrador.

Nos questionários aplicados às pessoas surdas no projeto informacional (Capítulo 3), levantou-se que cerca de 70% das pessoas entrevistadas já despertaram apenas com a vibração do celular. Conclui-se disso que apesar de não ser suficiente para todas as pessoas e todos estados de sono, a intensidade vibratória dos aparelhos celulares comuns é capaz de despertar um número significativo de pessoas. Foi suposto, assim, que uma intensidade cinco vezes maior que a fornecida por aparelhos celulares comuns seria o suficiente para acordar todos os usuários do produto. Dessa forma, estabelece-se um critério de que o motor

escolhido deve fornecer uma intensidade de vibração no mínimo cinco vezes maior que a vibração média fornecida pelos aparelhos celulares comuns.

Para facilitar a escolha do motor vibrador, foi elaborada na Figura 34 uma compilação de todos os modelos de motores vibradores das séries *PicoDrive*TM (4 a 8,8 mm de diâmetro) e *UniVibe*TM (10 a 24,5 mm de diâmetro) do fabricante Precision Microdrives (PRECISION MICRODRIVES, 2014), plotados de acordo com a intensidade de vibração normalizada medida em G (aceleração da gravidade), e diâmetro. Cada ponto no gráfico representa um modelo de motor diferente. As outras séries de motores com diâmetros maiores não foram consideradas pois elevariam muito a espessura do módulo vibrador caso escolhidos.

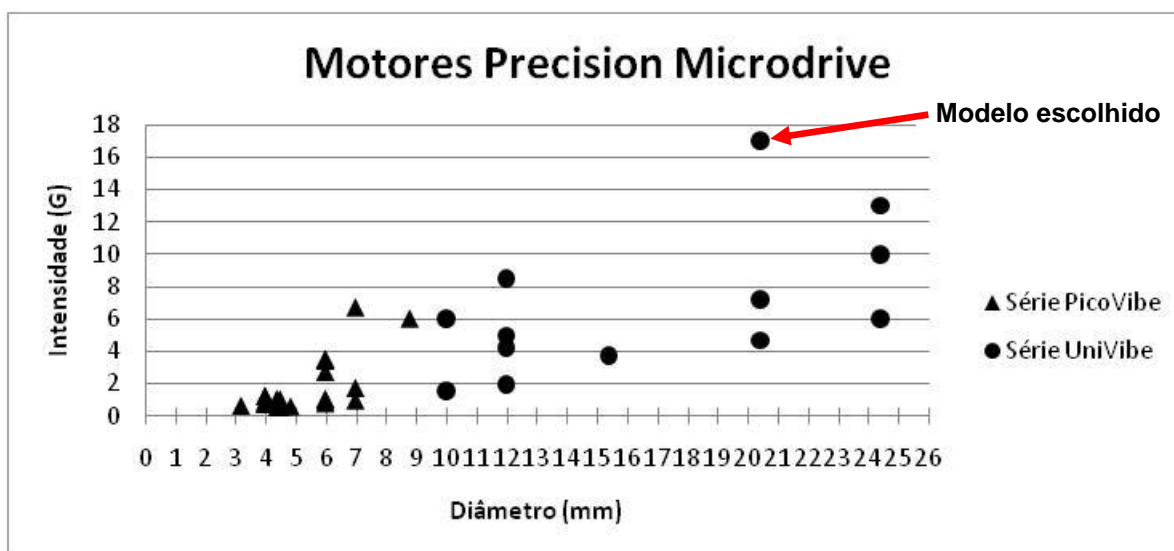


Figura 34 – Motores vibradores das séries *PicoDrive*TM e *UniVibe*TM
Fonte: autoria própria

Segundo o fabricante (PRECISION MICRODRIVES, 2014), aparelhos celulares utilizam motores vibradores na gama de diâmetros de 4 a 7 mm. Observa-se na figura que a maioria dos motores nesta faixa de diâmetros possui intensidade de vibração normalizada inferior a 3 G. Adotando-se então o critério estabelecido anteriormente de que o motor deve ter uma intensidade cinco vezes maior que motores de aparelhos celulares, o motor especificado para o projeto deve possuir uma intensidade maior que 15 G. Como mostrado na Figura 34, foi escolhido o único modelo que fornece esta intensidade mínima de vibração. Trata-se do modelo 320-

102, indicado em vermelho na Figura 34, o qual possui uma intensidade de vibração normalizada de 17 G e diâmetro de 20,4mm. O Anexo B traz o *datasheet* com as especificações completas do motor e dimensões.

5.5 Baterias

A escolha das baterias será feita com base em dois critérios: tempo entre recargas para as condições de utilização e preço. O propagador de restrição relacionado à escolha da bateria é o consumo de energia ou drenagem de corrente pelo motor escolhido. Para realizar a análise, foi escolhido um fornecedor de baterias que fornecesse dados sobre preço e capacidade das baterias. As baterias são vendidas em uma variedade de tipos, formatos e tamanhos. Fez-se uma seleção prévia de alguns modelos de baterias de acordo com as seguintes características:

- a) Baterias de íons de lítio (Li-ion) ou de níquel-hidreto metálico (NiHM), por apresentarem boa densidade de energia e serem recarregáveis;
- b) Baterias cilíndricas (por serem as mais baratas);
- c) Baterias com diâmetro igual ou inferior ao do motor escolhido;
- d) Baterias ou combinações de baterias que fornecessem 3,6V ou 3,7V.

A Tabela 9 apresenta a seleção prévia de baterias. O cálculo da duração das baterias teve as seguintes hipóteses:

- a) Foi estimado um tempo de utilização de 5 minutos por dia;
- b) Adotou-se o valor de 650 mA para a drenagem de energia do motor para tensões entre 3,6 e 3,7V, de acordo com o *datasheet* do Anexo B;
- c) As baterias de NiHM possuem uma taxa de auto descarga de 30% ao mês e as de Ion-Li 3% ao mês (MPOWERUK, 2005);
- d) Outros consumos de energia além do motor e a taxa de auto descarga são desprezíveis.

Tabela 9 - Seleção prévia de baterias com tempos de duração calculados

Opção	Bateria	Tensão total	Capacidade da bateria (mAh)	Taxa de auto descarga	Drenagem do motor (mA)	Tempo de utilização por dia	Preço (US\$)	Tempo entre recargas (dias)
nº 1	3x NIMh tipo A de alta densidade 1,2V	3,6 V	2200	30 %/mês	650	5 min.	6,75	33
nº 2	3x NIMh tipo A 1,2V	3,6 V	1200				3,75	19
nº 3	3x NiMh tipo AAA 1,2V	3,6 V	1000				2,27	16
nº 4	3x NiMh tipo AA 1,2V	3,6 V	2600				3,31	38
nº 5	1x Li-ion 18650 3,7V	3,7 V	2200	8 %/mês			4,05	39
nº 6	1x Li-ion 14500 (AA) 3,7V	3,7 V	750				3,08	14
nº 7	1x Li-ion 14650 3,7V	3,7 V	940				4,49	17

Fonte: Battery Space (2013)

As três opções que apresentaram a melhor relação entre preço e tempo entre recargas foram as opções de número 3, 4 e 5. Descartou-se a opção nº 5 pois a opção nº 4 está em vantagem com preço menor para um tempo de duração quase igual. Entre as opções nº 3 e nº 4, foi escolhida a opção nº 3 por ter custo menor e estar dentro da meta estabelecida para o tempo de duração na Casa da Qualidade. A Tabela 10 traz a especificação completa das baterias utilizadas na alimentação do módulo vibrador.

Tabela 10 - Especificação da alimentação do módulo vibrador

Tipo de bateria	Níquel Hidreto-metálico tipo AAA	
Fabricante	Powerizer	
Foto		
Numero de unidades	3	
Tipo de ligação	Ligação em série	
Voltagem	Unitária	1,2 V
	Total	3,6 V
Capacidade	Unitária	1000 mAh
	Total	1000 mAh
Preço estimado	Unitário	US\$ 0,76
	Total	US\$ 2,27
Duração estimada	16 dias	
Dimensões (mm)	Unitária	10,2 x 10,2 x 44
	Total	10,2 x 30,6 x 44
Peso	Unitário	13 g
	Total	39 g

Fonte: Battery Space, 2014

Os preços utilizados como critério de comparação e escolha das baterias foram estimados com base num distribuidor estadunidense e por isso estão representados em dólares. Entretanto, espera-se conseguir um preço menor comprando-se diretamente com o fabricante ou com outro fabricante nacional que produza uma bateria equivalente.

O tempo entre recargas efetivo da bateria depende da condição de utilização de cada usuário, de quantos dias por semana utiliza o alarme, de quanto tempo demora para acordar e desativar o alarme e de quantas vezes ativa a função “soneca”. O tempo entre recargas estimado para o conjunto de baterias se refere a um limite superior de utilização em que considerou-se que o usuário utilize o alarme todos os dias com um tempo de vibração médio de cinco minutos por dia. Dessa forma, espera-se que o tempo entre recargas efetivo seja maior do que o valor estimado de 16 dias.

O tempo de vida da bateria não foi considerado como critério de escolha pois em geral uma bateria Li-ion ou NiMH dura pelo menos 200 ou 300 ciclos até reduzir sua capacidade para 80% da capacidade inicial (MPOWERUK, 2014). A bateria escolhida teria uma duração de aproximadamente 4000 dias ou quase 11 anos, o que excede em muito a meta estabelecida de 3 anos como tempo de vida.

5.6 Cinta de fixação elástica

De modo a dimensionar o tamanho da fita para fixação a ser utilizada no produto algumas considerações são necessárias.

A primeira é que a fita deve ser achatada para evitar desconfortos durante o sono. Além disso, espera-se que a fita garanta que o módulo vibrador esteja na posição designada pelo usuário na hora de ser acionado.

A etapa de projeto conceitual definiu que a fita deveria ser elástica e regulável, sem detalhar o tipo de elástico ou como se dá a regulagem. Entretanto, um levantamento permitiu constatar que fitas elásticas são em geral mais caras do que fitas de tecido. Já que a fita terá um comprimento relativamente grande para poder envolver o colchão, optou-se por uma fita mista composta de uma seção em tecido costurada a uma pequena seção elástica. Dessa forma, otimiza-se a concepção da fita, a qual manterá sua característica elástica e terá um custo menor. Para a regulagem do comprimento da fita, constatou-se que o componente chamado regulador de cintas é a forma mais comum e de menor custo para executar essa função. Ele está ilustrado na Figura 35.



Figura 35 - Regulador de cintas
Fonte: autoria própria

O regulador de cintas permite regular o comprimento da cinta elástica de forma rápida e simples.

A partir de uma pesquisa informal realizada em sites de fabricantes de elásticos e uma costureira, verificou-se que no mercado não existe uma padronização dos modelos existentes de fitas elásticas de acordo com suas propriedades mecânicas. Na prática os elásticos são escolhidos com base na experiência profissional e testes com protótipos. Dessa forma, os autores deste trabalho entraram em contato por telefone com uma empresa fabricante de tiras elásticas localizada no estado de São Paulo para obter informações de profissionais experientes. A proposta do produto foi apresentada à gerente de empreendimento, a qual aconselhou que por sua experiência em venda e aplicação de elásticos, a escolha ideal para o produto em desenvolvimento deve ser de uma fita elástica de composição resistente, numa liga de poliéster e látex com adição de algodão em 35%.

Com base no catálogo do fabricante, foi escolhido o modelo 2035 – Elástico CRU, de 35mm de largura, com composição de 45% poliéster, 20% de látex e 35% de algodão, vendido em rolos de 25m (S. JOSÉ ESLÁSTICOS, 2014).

De acordo com o leiaute prévio do produto, a fita elástica será utilizada em conjunto costurada com uma tira de tecido. Assim determina-se que a parte elástica da tira terá comprimento de 700 mm na qual será costurada uma fita de tecido.

A tira de tecido a ser aplicada foi escolhida com base na largura do elástico de 35 mm. A fita de tecido escolhida denomina-se comercialmente “fita rígida de tear” e é escolhida pela largura desejada. A Figura 36 apresenta o modelo da fita escolhida, tamanho 35 do catálogo da empresa Armarinhos Morbin (MORBIN, 2009), localizado na cidade de São Paulo.



Figura 36: Fita de tecido
Fonte: Morbin (2009)

Com relação ao comprimento da cinta, ela deve ser utilizada em todos os modelos de colchão. De acordo com uma análise apresentada no *site* Faz Fácil

(2014), no Brasil existem seis modelos de tamanho de comprimento e largura padronizados para colchões de casal e quatro modelos para colchões tamanho solteiro. A menor largura padrão de colchão existente possui 0,96m e a maior possui 1,93 m. A altura dos colchões varia entre 18 cm e 46 cm. Assim, somando o perímetro dos colchões, tem-se que a tira deve poder ser regulada para o comprimento mínimo de 2,28 m e o comprimento máximo de 4,78m. Assim, considerando o usuário de um colchão possa encaixar o dispositivo fixador com folga, adotou-se que o comprimento total da tira de fixação será de 5m.

De modo a permitir a fácil retirada do módulo vibrador da cama para as recargas periódicas da bateria, optou-se por um par de fivelas de pressão e encaixe tipo tridente. O modelo da fivela pode ser visualizado na Figura 37. De acordo com um fabricante (SHENZEN, 2014), o valor de cada conjunto de fivela tem custo de US\$ 0,20. Optou-se pelo modelo HJX-08 253, fabricado em polietileno de cor preta e largura de 35 mm.



Figura 37 - Fivela de pressão e encaixe
Fonte: Shenzhen (2104)

Um propagador de restrição existente pela determinação do modelo da fita elástica escolhida é a da dimensão da sua largura, a qual influencia diretamente sobre a dimensão da carcaça do módulo vibrador. Assim, com o dimensionamento adotado de 35 mm de largura para a tira, tem-se que o módulo vibrador deverá permitir a passagem de uma tira com essa largura.

5.7 Interface do usuário

A interface do usuário consiste de botões pelos quais se faz as configurações necessárias e um ecrã LCD que mostra informações importantes. A seguir será especificada a interface com o usuário, as informações a serem mostradas e as configurações possíveis. Com base nisto serão escolhidos um modelo de ecrã *LCD* e os botões que serão usados no dispositivo.

5.7.1 Ecrã

Baseado nas necessidades dos clientes e nos requisitos de projeto, sobretudo na primeira e segunda heurística de Nielsen (Anexo A), determinou-se que o ecrã deve mostrar as seguintes informações:

- a) Mostrar o horário em duas opções de formato (24:00 ou 12:00 AM/PM);
- b) Indicar quando o horário estiver sendo ajustado;
- c) Mostrar o horário do despertador constantemente;
- d) Indicar quando o horário do despertador estiver sendo ajustado;
- e) Indicar se o despertador está ativado ou não;
- f) Indicar o nível da bateria;
- g) Indicar a intensidade do vibrador.

Cada uma dessas informações deve ser mostrada de forma clara e em linguagem familiar ao usuário. Assim, foi elaborado um leiaute do ecrã na Figura 38 onde constam todos os símbolos e caracteres que o display deve poder mostrar. A Figura 39 ilustra melhor um exemplo de tela que o usuário veria efetivamente ao utilizar o despertador.



Figura 38 - Leiaute do ecrã
Fonte: autoria própria



Figura 39 - Exemplo de tela mostrada pelo ecrã
Fonte: autoria própria

Procurou-se distinguir entre o horário e o horário do alarme por uma diferença de tamanho. Um símbolo de bateria indica o nível da bateria e um sino ao lado do horário do despertador indica se o alarme está ativado ou não. Uma escala anteposta ao sino indica a intensidade escolhida para o alarme vibratório. Quando o usuário estiver ajustando o horário, os números irão piscar.

Para a escolha do modelo de ecrã a ser utilizado no produto, fez-se um levantamento no catálogo do fabricante de ecrãs Good Display (2014) e constatou-se que existem basicamente três tipos de LCD: ecrãs de segmentos (padronizados

ou personalizados), ecrãs de caracteres e ecrãs de gráficos. Para mostrar as informações tal como concebido no leiaute do ecrã (Figura 38), deve-se optar ou por um ecrã de gráficos ou um ecrã de segmentos personalizado. Os ecrãs de caracteres e ecrãs de segmento padronizados não possibilitam mostrar os símbolos de bateria, de sino e de intensidade do alarme tal como previsto. Para isto, deve-se optar por um ecrã de gráficos ou um ecrã de segmentos personalizado. Como o produto será produzido em grande quantidade, optou-se por usar um ecrã de segmentos personalizado. Para isto, foi elaborada uma especificação dimensionada dos segmentos (Apêndice C) para ser enviado ao fabricante. De acordo com as dimensões estabelecidas, será necessário um ecrã com área de 115 x 67 mm. Para fins de dimensionamento da carcaça, será considerado um ecrã com espessura de 4mm montado sobre uma placa de circuito impresso de dimensões 125x67x1,5 mm.

5.7.2 Botões

Para a especificação dos botões do produto, convém elaborar uma lista detalhada dos *inputs* do usuário ou funções a serem realizadas pelos botões, organizada no Quadro 5.

Nº	<i>Input</i> ou função
1	Entrar em modo de configuração do horário
2	Incrementar minutos/horas
3	Decrementar minutos/horas
6	Entrar em modo de configuração do horário do alarme
7	Incrementar minutos/horas do horário do alarme
8	Decrementar minutos/horas do horário do alarme
9	Ativar e desativar o alarme
10	Ativar o modo soneca
11	Alternar entre três intensidades do alarme
12	Alternar o formato de horário entre 12:00 AM/PM e 24:00
13	Alternar entre as intensidades da luz de fundo

Quadro 5 - Configurações e *inputs* do dispositivo

Fonte: Autoria Própria

A especificação desenvolvida no projeto conceitual previa que todas as configurações seriam feitas por meio de botões de pressão. Entretanto, verificou-se

que para as configurações de horário e horário do alarme (*inputs* nº 1 a 6) pode-se usar um tipo de botão conhecido como *encoder* rotatório com botão de pressão integrado, ilustrado na Figura 40. Este tipo de botão permite três inputs diferentes em um mesmo botão: pressionamento, rolagem no sentido horário e rolagem no sentido anti-horário. O fato de ser rotativo permite um rápido ajuste do horário. Um único botão deste tipo seria suficiente para o ajuste do horário do relógio e do alarme (*inputs* nº 1 a 6), porém, em consonância com a segunda e quarta Heurísticas de Nielsen (ver Anexo A), optou-se por utilizar um botão separado para o horário do relógio e outro para o horário do alarme.

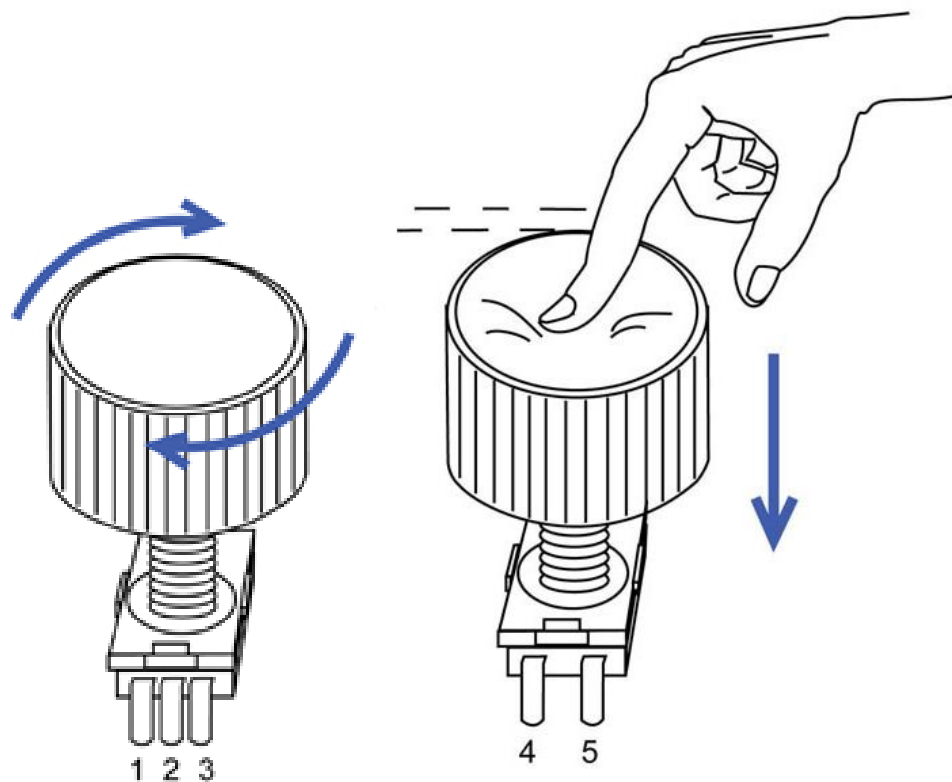


Figura 40 - Encoder rotatório com botão de pressão integrado
Fonte: HADES (2014)

Os *inputs* nº 9 e 11 foram incorporados em apenas um botão de pressão que ao ser ativado irá alternar entre alarme desligado e os três níveis de intensidade.

Os demais *inputs* serão feitos cada um por um botão de pressão. Dessa forma, o produto final terá uma quantidade final de 6 botões. O Quadro 6 traz a especificação completa dos seis botões e dos *inputs* associados a cada um.

Nº do botão	Nº Modelo	Datasheet	Ação	Input	Disposição no dispositivo
1	RE1203XC1-H01	Anexo C	Pressionar	Alternar entre: modo de edição das horas/minutos do relógio e modo de visualização do horário	Face lateral esquerda
			Rotacionar no sentido horário	Incrementar horas/minutos do relógio	
			Rotacionar no sentido anti-horário	Decrementar horas/minutos do relógio	
2	RE1203XC1-H02	Anexo C	Pressionar	Alternar entre: modo de edição das horas/minutos do horário despertador e modo de visualização do horário do despertador	Face lateral direita
			Rotacionar no sentido horário	Incrementar horas/minutos do horário do despertador	
			Rotacionar no sentido anti-horário	Decrementar horas/minutos do horário do despertador	
3	PB55E07	Anexo D	Pressionar	Ativar a função soneca	Face superior
4	PB55E07	Anexo D	Pressionar	Ativar entre 3 níveis de intensidade de alarme e alarme desativado	Face lateral direita
5	PB55E07	Anexo D	Pressionar	Alternar entre modo 12:00 AM/PM e 24:00	Face posterior
6	PB55E07	Anexo D	Pressionar	Alternar entre os 3 níveis de intensidade da luz de fundo	Face posterior

Quadro 6 - Especificação dos botões

5.8 Projeto eletrônico e placa de circuito impresso

O projeto eletrônico completo não será detalhado nesta etapa do desenvolvimento do produto. Porém, deve-se determinar os propagadores de restrição mais importantes relacionados ao circuito eletrônico, quais sejam as dimensões das placas de circuito impresso. Para isso, a equipe de projeto consultou um profissional da área de engenharia eletrônica, a quem a seguinte lista de requerimentos relacionados ao projeto eletrônico foi apresentada:

- a) Alimentação a partir da rede elétrica doméstica brasileira;
- b) Alimentação alternativa por uma bateria reserva;
- c) Enviar sinal por meio de onda de rádio ao módulo vibrador;
- d) Receber e armazenar os *inputs* listados no Quadro 5;
- e) Enviar *outputs* ao ecrã LCD de segmentos detalhado na seção 5.7.1;

- f) Possuir circuito para carregar as baterias do módulo vibrador detalhadas na Tabela 10;
- g) Possuir relógio e ativar módulo vibrador no horário programado.

Baseado em sua experiência o profissional consultado definiu que um circuito eletrônico que atendesse a estes requisitos teria as seguintes características:

- a) Dimensão suficiente da placa de circuito impresso principal: 130 x 70 mm;
- b) Dimensão suficiente da placa de circuito impresso do módulo vibrador: 55 x 35 mm;

Os dimensionamentos das carcaças serão feitas com base nessas dimensões.

5.9 Dimensionamento das carcaças

As carcaças têm como função isolar os componentes internos do dispositivo e fornecer resistência mecânica. Escolheu-se o plástico injetado como tipo de material por ser de produção barata e automatizada, por ser uma tecnologia consolidada que permite peças com geometrias complexas e bom acabamento. As carcaças serão dimensionadas de acordo com os seguintes passos:

- 1) Definir os requisitos;
- 2) Estabelecer a geometria preliminar da peça;
- 3) Modificar o projeto da peça levando em consideração restrições do processo de fabricação;
- 4) Seleção do material;
- 5) Alterar a geometria ou o material de acordo com uma análise estrutural da peça;
- 6) Prototipagem;

Esta metodologia foi adaptada da metodologia proposta por Malloy (1994).

5.9.1 Carcaça do módulo vibrador

5.9.1.1 Definição dos requisitos

Os requisitos definidos para a carcaça do módulo vibrador derivam dos requisitos do projeto e dos propagadores de restrição:

- a) Pequena espessura total do módulo vibrador;
- b) Acomodar o motor vibrador, o conjunto de baterias, a placa de circuito impresso e o conector para recarregar a bateria;
- c) Não dissipar a energia gerada pelo motor vibrador;
- d) Permitir conexão com a cinta elástica;
- e) Possuir no máximo duas peças injetadas diferentes;
- f) Molde com baixo custo;
- g) Ser fabricável em molde de duas placas sem partes móveis;
- h) Baixo custo de matéria prima;
- i) Fácil assepcia

5.9.1.2 Geometria preliminar da carcaça

O projeto preliminar da carcaça foi estabelecido com base nas dimensões do motor vibrador, da placa de circuito impresso, conjunto de baterias e da cinta elástica de fixação. Ele consiste em duas peças de plástico injetado. As peças são mostradas na Figura 41 com as principais dimensões propagadoras de restrição impostas pelos componentes que se fixam à carcaça.

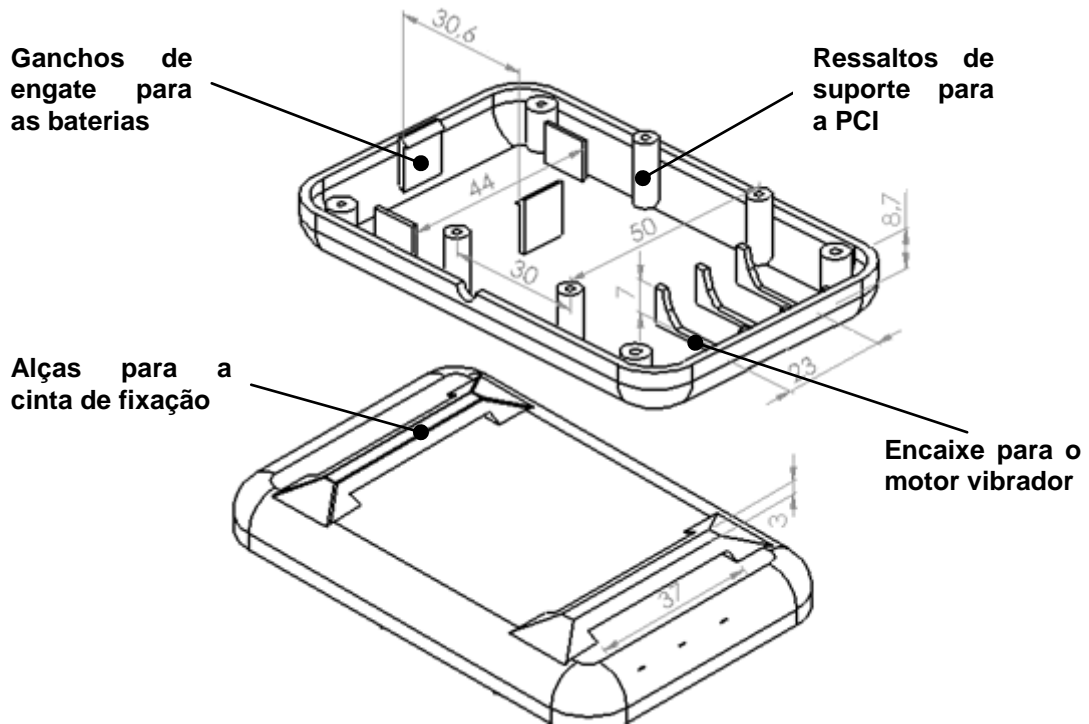


Figura 41 – Peças de plástico injetado do módulo vibrador

As duas peças são fixadas uma à outra por meio de quatro parafusos. As baterias são fixadas por meio de ganchos de engate e a placa de circuito impresso é fixada com quatro parafusos. A disposição dos componentes foi pensada de forma a minimizar a espessura final do módulo. A quantidade aparentemente elevada de parafusos utilizados para fixação é uma medida preventiva para evitar que as peças se desprendam devido à vibração à qual o dispositivo estará sujeito.

5.9.1.3 Restrições do processo de fabricação

O processo de fabricação por injeção impõe algumas restrições sobre a peça que devem ser levados em consideração no projeto do componente. A seguir serão identificados os aspectos da geometria preliminar estabelecida que devem ser modificados para que possa ser fabricada por injeção.

Toda peça plástica injetada sofre um encolhimento devido à temperatura de injeção ser maior que a temperatura ambiente e está relacionado à espessura da parede no caso de polímeros semi-cristalinos. Por este motivo, é importante que a

espessura da parede da peça seja o mais uniforme possível, para evitar deformações no processo de encolhimento (MALLOY, 1994). O primeiro aspecto da geometria identificado que pode causar problemas no processo de injeção foi uma região com parede de espessura não uniforme, a qual foi modificada como mostra a Figura 42.

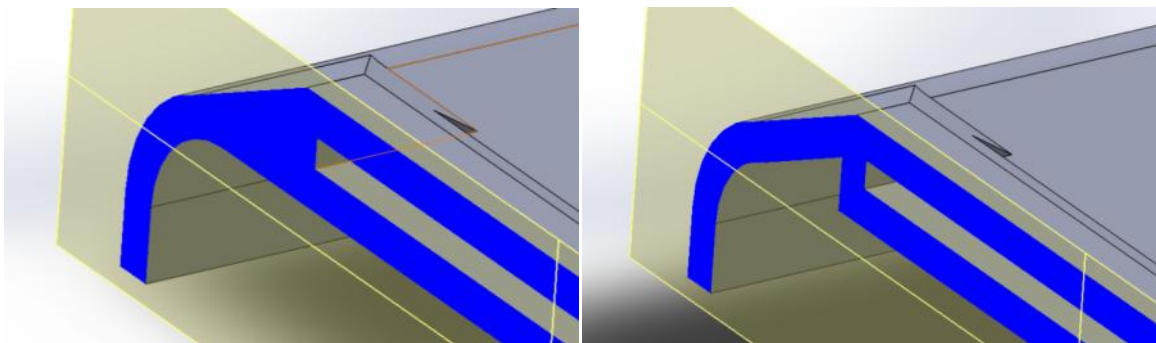


Figura 42 - Modificação para espessura de parede uniforme

A nova configuração com espessura de parede mais uniforme, mostrada à direita, previne deformações por diferenças de encolhimento.

Os ganchos de engate para fixação da bateria e as alças da fita elástica do projeto preliminar da peça apresentam uma dificuldade na fabricação pois requerem um molde com gavetas ou partes móveis. De modo a diminuir o custo do molde e simplificar a ejeção da peça, foram adicionados furos que permitem a injeção da peça sem necessitar de partes móveis no molde, tal como mostrado nas Figuras 43 e 44.

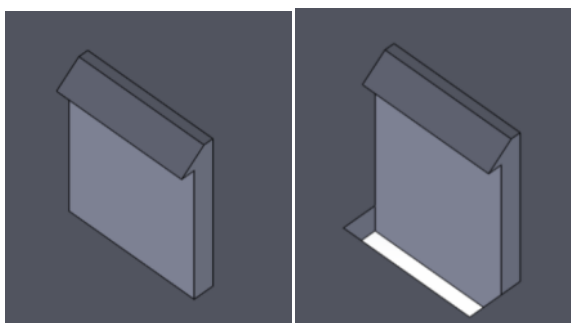


Figura 43 – Furo adicionado sob o gancho de engate

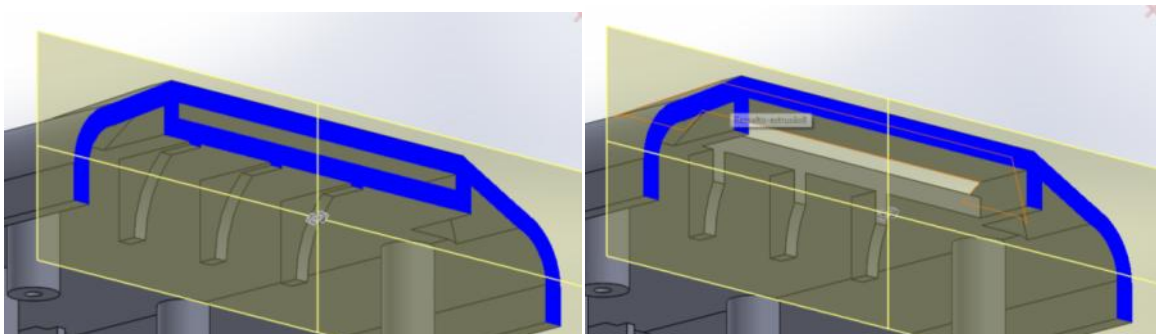


Figura 44 – Furo adicionado sob a alça da cinta elástica

Estes furos comprometem um pouco o aspecto estético da peça, pois ficam aparentes na superfície externa. Entretanto, no caso desta peça os furos ficarão numa região de pouca visibilidade, cobertos pela cinta elástica, e portanto não representam um problema.

Outra restrição imposta pelo processo de injeção de plásticos é a necessidade de ângulos de inclinação para que o processo de ejeção ocorra de forma mais fácil e sem causar danos à peça (MALLOY, 1994). Para identificar as superfícies da peça que necessitam de um ângulo de inclinação, foi realizada uma análise de inclinação com o auxílio do *software* SolidWorks®, mostrada na Figura 45 para uma das cavidades. Adotou-se como parâmetro um ângulo de 2°, já que a profundidade de extração não é muito elevada.

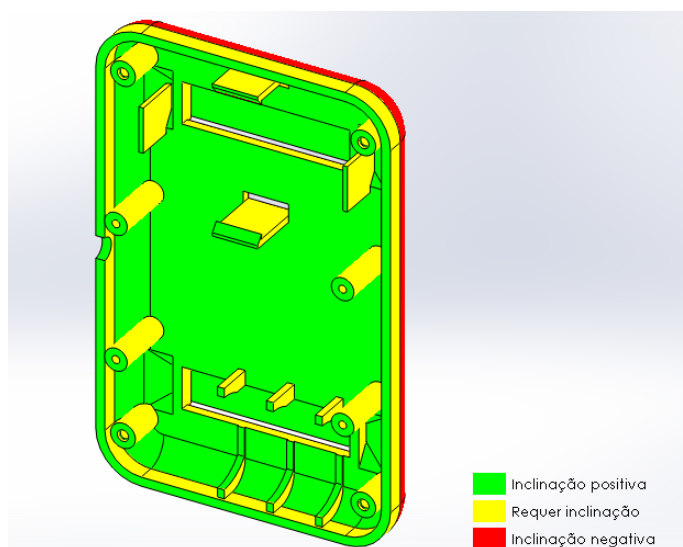


Figura 45 - Análise de inclinação

As superfícies em verde possuem inclinação positiva superior a 2° em relação à direção de extração da cavidade fixa do molde e as superfícies amarelas inclinação entre 0° e 2° . As superfícies em vermelho estão opostas à direção de extração, o que significa que deverão ser moldadas em outra cavidade do molde. De modo a permitir que este componente seja fabricado pelo processo de injeção, as faces em amarelo foram modificadas para que apresentem inclinação maior que 2° . A Figura 46 apresenta a análise de inclinação após as modificações.

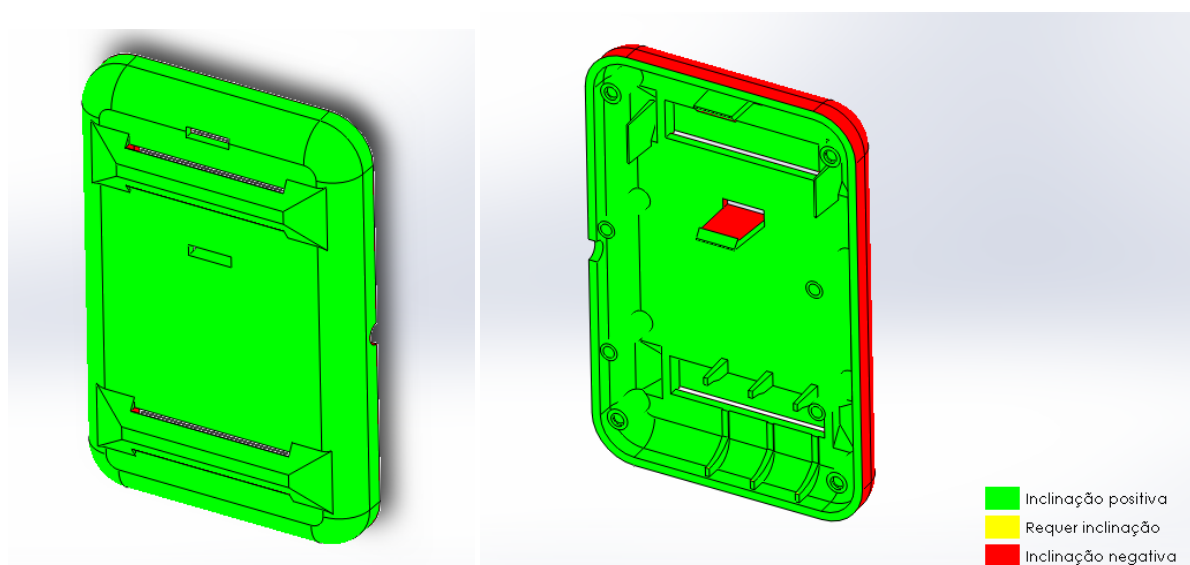


Figura 46 - Análise final das inclinações

Esta figura mostra que todos os problemas de inclinação foram resolvidos para as duas direções de extração, já que não há nenhuma superfície em amarelo.

5.9.1.4 Seleção do material

Para a seleção de material da carcaça do módulo vibrador foi efetuado um levantamento no catálogo *online* de polímeros da empresa Braskem (Braskem, 2104). O catálogo possui uma ferramenta interativa, a qual oferece sugestões sobre o polímero a escolher baseado na aplicação do produto final e no processo utilizado para manufatura. Foi escolhido o processo de moldagem por injeção de plástico e como aplicação, peças técnicas de engenharia, embalagens rígidas e utilidades domésticas. A ferramenta de sugestões então apresentou o polímero Polipropileno

CP 180 R, cuja Folha de Dados encontra-se no Anexo E. Este polímero é descrito pelo fabricante como sendo desenvolvido especialmente para o processo de injeção, e possui ótimas características de processabilidade, rigidez e resistência ao impacto.

5.9.1.5 Esforços mecânicos

Os esforços mecânicos ao qual a peça é sujeita representam uma importante restrição ao seu dimensionamento. No caso da carcaça do módulo vibrador, considerou-se que os esforços máximos a que ela estará sujeita ocorrerão se o usuário se apoiar acidentalmente sobre ela ao se deitar na cama. Para estimar o valor desta força, foi concebido um experimento em que uma pessoa apoiou-se, em posição deitada, com o cotovelo sobre uma balança. As Figuras 47 e 48 ilustram o procedimento e o valor encontrado.



Figura 47 - Teste de simulação de força de movimentos involuntários

Fonte: Autoria própria



Figura 48: Valor máximo encontrado no teste

Fonte: Autoria própria

O valor encontrado para a força foi de 23,4 kgf para uma pessoa cuja massa era de 64 kg. Para levar em consideração a variação no peso médio dos usuários, tomou-se como limite superior uma massa de 120 kg e por proporção estimou-se que uma pessoa com esta massa aplicaria uma força de 43,9 kgf.

Para o estudo da análise estrutural estática dos componentes do módulo vibrador, foi utilizada a ferramenta *Simulation* do software *Solidworks®*. Os dois componentes plásticos do módulo vibrador foram analisados separadamente.

Para a análise e simulação das tensões do componente superior, foi suposto que a força exercida pelo usuário seria exercida no centro da peça como ilustrado na Figura 49, sendo este o caso mais crítico pois esta região está sujeita a maiores deformações.

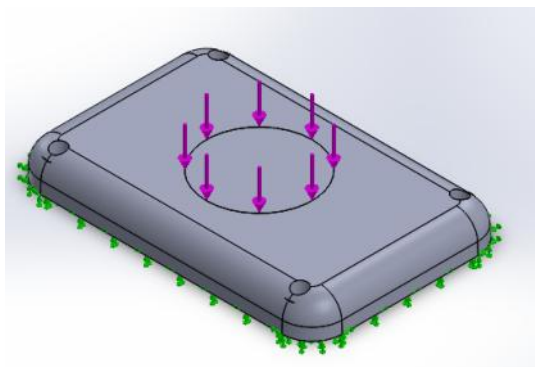


Figura 49 - Carga aplicada na parte superior
Fonte: Autoria própria

Inicialmente a simulação foi realizada em um modelo construído com espessura de parede de 2 mm. Nesta simulação foi identificado que em algumas regiões a tensão de escoamento do material foi ultrapassada, tal como mostrado pela Figura 50.

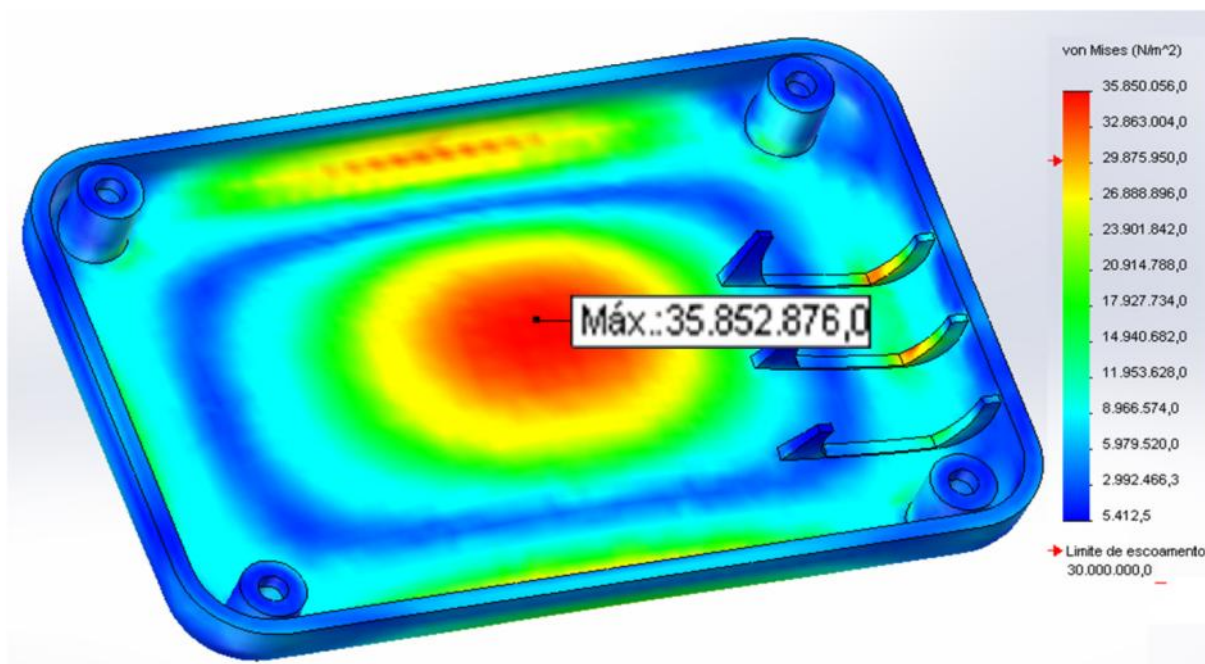


Figura 50 - Peça superior: tensões de von Mises para espessura de 2 mm
Fonte: Autoria própria

Pode-se observar que no centro da face interna encontra-se a máxima tensão para a condição de carregamento aplicada. Nota-se que seu valor é aproximadamente 36 MPa, o que supera o limite de escoamento do material de 30 MPa, o que geraria deformações plásticas e possível ruptura do material.

Para aumentar a rigidez, Malloy (1994) apresenta uma solução comumente empregada em projetos de produtos de plástico injetado, que consiste na aplicação de nervuras de sustentação nas regiões de maior criticidade. As nervuras devem possuir espessura menor e altura maior que a espessura da parede do componente para evitar rechupes e deformações da peça. Para analisar a viabilidade desta solução, construiu-se e simulou-se nervuras transversais de espessuras e alturas variadas. A Figura 51 ilustra o resultado da análise de tensões para a configuração que obteve o melhor resultado.

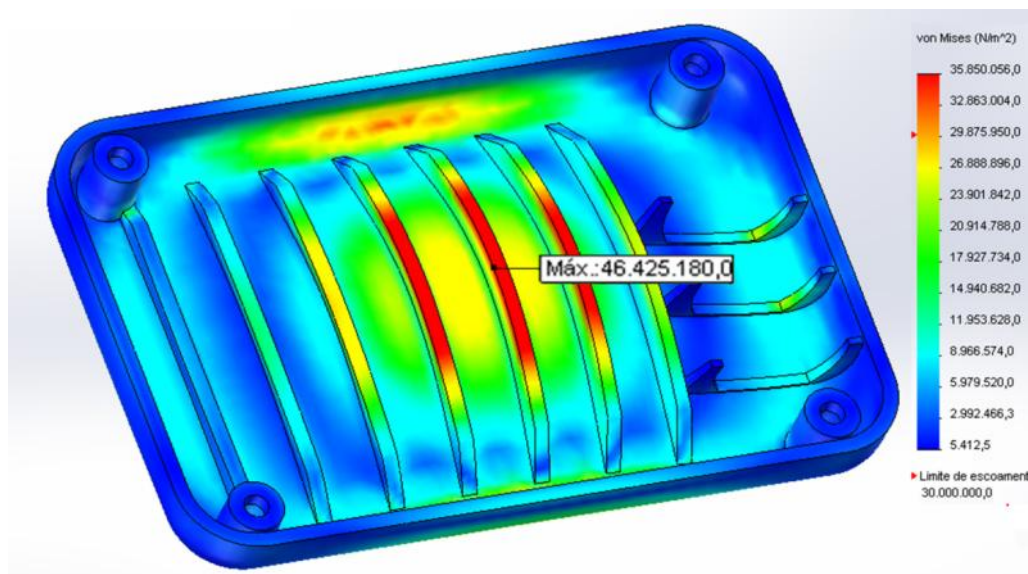


Figura 51 - Peça superior: tensões de von Mises para geometria com nervuras transversais
Fonte: Autoria própria

Nota-se que a presença de nervuras diminui consideravelmente a tensão de escoamento na face interna da peça para aproximadamente 27 MPa. Entretanto, a tensão na nervura em si ultrapassou o limite máximo da tensão de escoamento em 50%, chegando a 46 MPa. Não foi possível testar nervuras com altura muito grande sem elevar muito a espessura da peça (requisito de grande importância no resultado da Casa da Qualidade) devido à restrição imposta pelos componentes alojados em seu interior.

Dessa forma, buscou-se uma solução alternativa que consistiu em aumentar a espessura de parede. Foram realizadas uma série de simulações variando a espessura até encontrar um valor para o qual a tensão não ultrapassasse o limite de escoamento em nenhuma região da peça. O menor valor de espessura encontrado que apresentou um resultado satisfatório para o estado de tensões foi de 3 mm. A Figura 52 ilustra o resultado da simulação de tensões de von Mises. O relatório completo de simulação para esta configuração pode ser encontrado no Apêndice D.

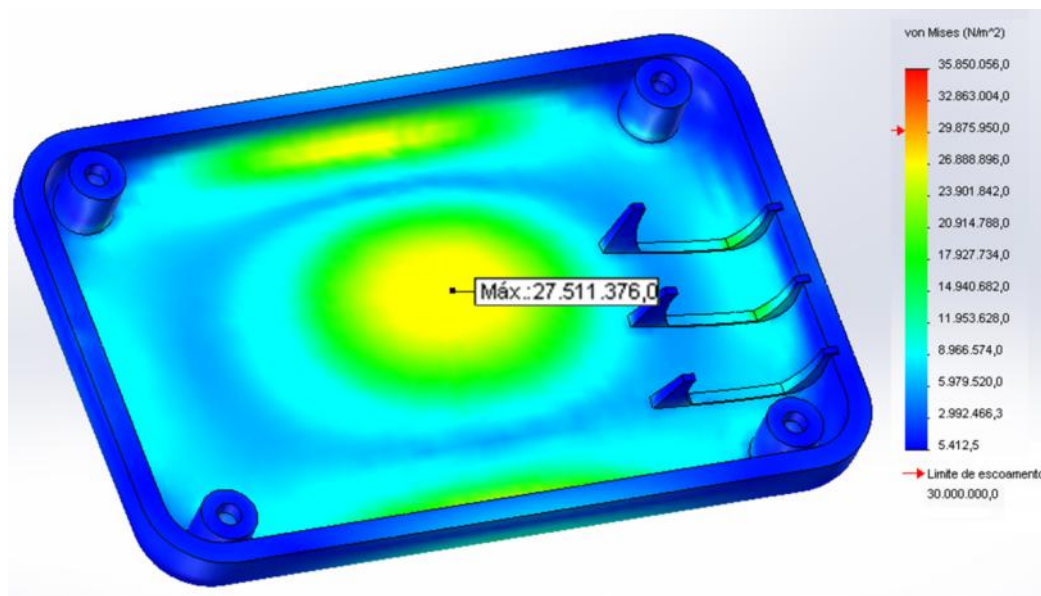


Figura 52 - Peça superior: tensões de von Mises para espessura de parede 3 mm
Fonte: Autoria própria

A tensão máxima indicada pela simulação é de 27,5 MPa a qual não gera risco de fratura e deformação plástica para o material escolhido, cujo limite de escoamento é de 30 MPa. Nota-se que a solução de aumento da espessura foi viável já que resultou numa espessura de parede apenas 1,5 vezes maior que a espessura inicialmente estimada.

O componente inferior do módulo vibrador também foi analisado de modo a conferir se a geometria previamente estimada poderia suportar a carga aplicada por um usuário.

Como a carga é aplicada pelo usuário no componente superior, o componente inferior sofrerá a força transmitida nas superfícies de contato entre as duas peças, e também nas faces em contato com o colchão devido às forças de reação. A Figura 53 ilustra as superfícies nas quais as forças estão aplicadas.

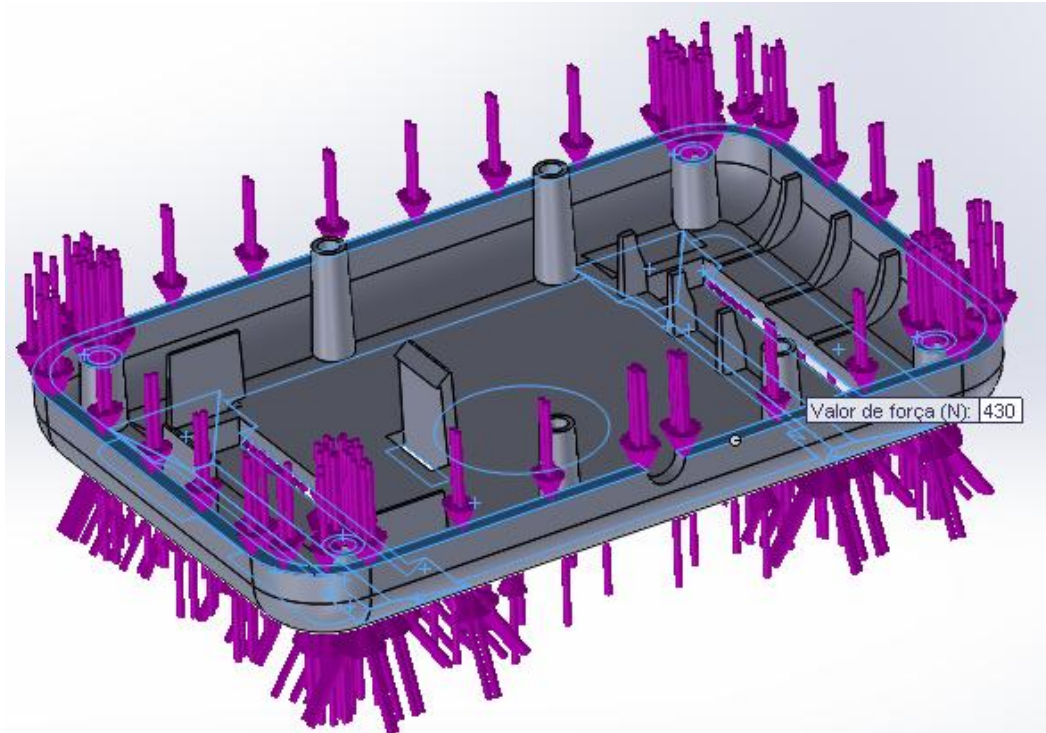


Figura 53 - Peça inferior: forças distribuídas
Fonte: Autoria própria

Como o componente superior foi modificado para a espessura de parede de 3 mm, esta configuração também foi aplicada para o componente inferior. A Figura 54 apresenta o resultado da simulação de tensões de von Mises. No Apêndice E está o relatório completo da simulação.

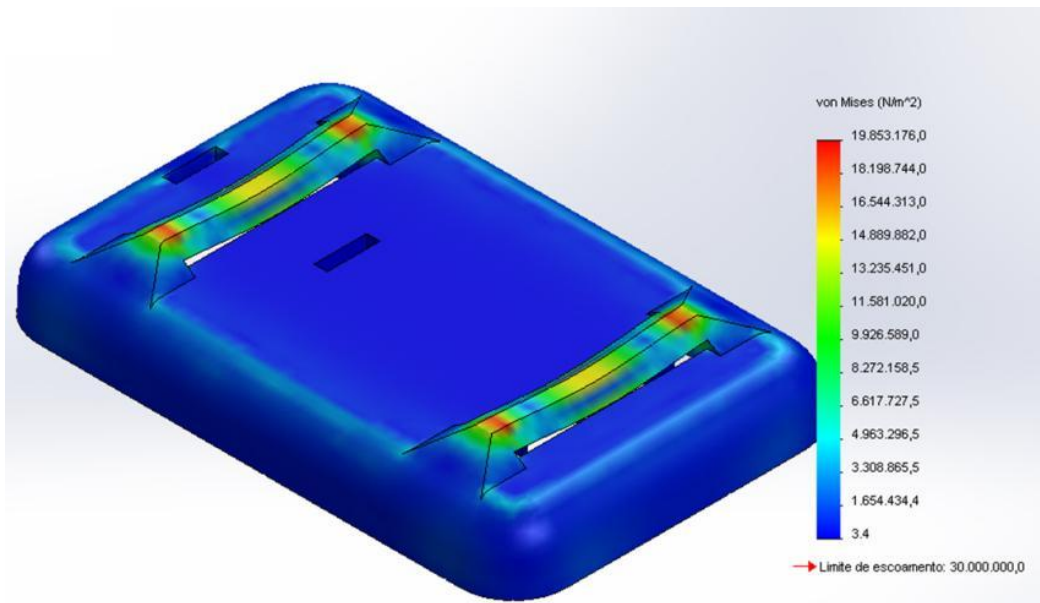


Figura 54 - Peça inferior: tensões de von Mises
Fonte: Autoria própria

Nota-se que a máxima tensão encontrada foi de 20 MPa, concentrada na região da alça de fixação da fita elástica. Esta tensão está muito abaixo da tensão na qual o material escoar e deforma plasticamente, sendo assim viável para o projeto nesta configuração geométrica.

As configurações finais dos componentes superior e inferior do módulo vibrador estão apresentados em desenho técnico de fabricação no Apêndice F (desenhos nº2 e nº3).

5.9.2 Carcaça do módulo principal

O projeto da carcaça do módulo principal deve respeitar os seguintes requisitos de projeto e propagadores de restrição:

- a) Acomodar o ecrã LCD, os botões (na disposição descrita na Tabela X), a placa de circuito impresso e uma bateria reserva;
- b) Molde com baixo custo, de duas placas sem partes móveis;
- c) Baixo custo de matéria prima;
- d) Possuir no máximo três peças;
- e) Número mínimo de operações para montagem do dispositivo e fixação dos componentes.

As dimensões do ecrã LCD e da placa de circuito impresso foram utilizados como base para o dimensionamento da carcaça. Procurou-se manter o dispositivo o mais compacto possível dadas estas restrições dimensionais. Dessa forma, foram projetados dois componentes de plástico injetado que formam a carcaça. A fixação dos componentes foi pensada para facilitar a montagem, dando-se preferência a montagens por encaixe em vez de conexões por parafusos de modo a reduzir o tempo de montagem. O módulo final necessita de apenas 3 parafusos para a a fixação dos componentes. O desenho número 4 do Apêndice F ilustra a montagem do módulo principal. Os botões são montados diretamente sobre a placa de circuito impresso e recebem um manípulo para que possam ser operados.

As peças de plástico injetado são projetadas de modo a respeitar as restrições do processo de fabricação de injeção. A análise de inclinações da Figura 55 mostra que os componentes podem ser fabricados com moldes sem partes móveis, já que não há nenhuma face com inclinação inferior a 2° na direção de extração do molde.

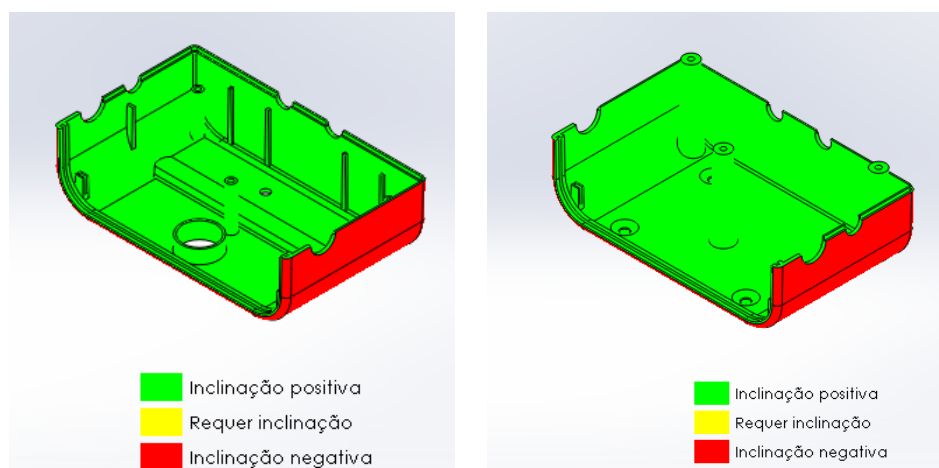


Figura 55 – Análise de inclinações do módulo principal.
Fonte: Autoria própria

O material selecionado para a fabricação dos componentes da carcaça do módulo principal é o mesmo utilizado para a fabricação do da carcaça do módulo vibrador, pois o polímero em questão possui excelentes propriedades para o uso no processo de injeção plástica. Além disso, com o uso do mesmo polímero, espera-se manter uma uniformidade estética, obtenção de menor custo de matéria prima, facilidade de logística e simplificação da linha produtiva.

O módulo principal não estará sujeito à esforços mecânicos significativos durante sua utilização. Dessa forma, a espessura de parede de 2 mm estipulada, associada a nervuras de sustentação será suficiente para manter a rigidez necessária do produto. A Figura 56 ilustra os dois componentes da carcaça, os quais são apresentados em desenhos com as principais cotas no Apêndice F (desenhos nº 5 e nº 6).

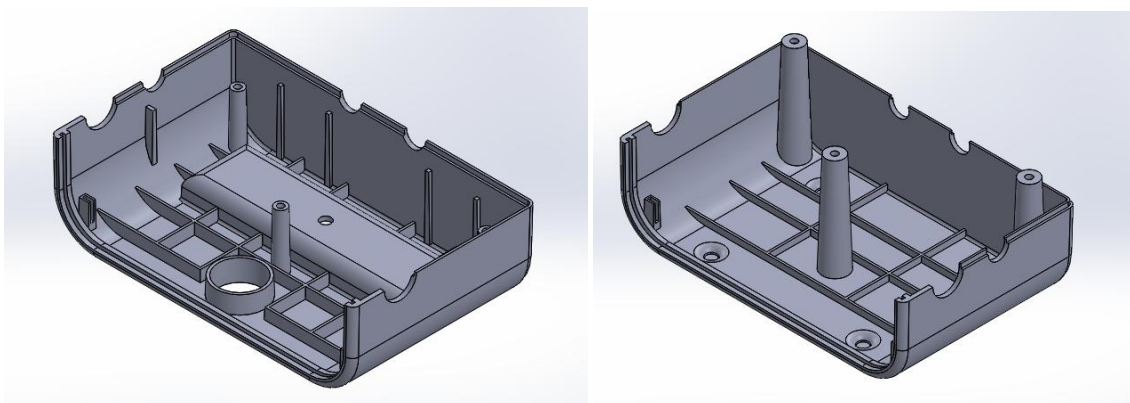


Figura 56 - Componentes plásticos da carcaça do módulo principal

Além destes dois componentes de plástico injetado, a carcaça é composta também por um protetor para o ecrã LCD que consiste em uma chapa acrílica transparente detalhada no desenho nº 6 do Apêndice F e manípulos para os botões detalhados nos desenhos nº 8 a 10.

5.10 Configuração final do dispositivo

O dimensionamento e seleção dos componentes permitiu estabelecer a configuração final do dispositivo. A Tabela 11 detalha a Lista de Materiais do dispositivo e organiza os componentes de acordo com uma nomenclatura que os identifica por um código de referência. Obteve-se um total de 18 tipos diferentes de componente dos quais 7 necessitam de manufatura especial e 9 são adquiridos de fornecedores como produtos de catálogo. Os dois componentes restantes (MV-04 e MP-03) se referem ao conjunto das placas de circuito impresso com todos os componentes eletrônicos montados sobre elas, os quais não foram detalhados nesta etapa do projeto do produto.

Tabela 11 - Lista de Materiais

Código da peça	Descrição	Subconjunto	Material	Quantidade	Desenho nº
MV-01a	Carcaça superior	Vibrador	Polipropileno CP 180R	1	2
MV-01b	Carcaça inferior	Vibrador	Polipropileno CP 180R	1	3
MV-02	Motor Vibrador	Vibrador	-	1	-
MV-03	Pack de 3 baterias NiMH AAA 1000mAh	Vibrador	-	1	-
MV-04	Conjunto Placa de Circuito Impresso	Vibrador	-	1	-
MV-05	Parafuso DIN 7500 - AE-M2,5x6	Vibrador	Aço	8	-
MV-06	Cinta elástica	Vibrador	-	1	-
MV-07	Cinta de tecido	Vibrador	-	1	-
MV-08	Fivela de ajuste	Vibrador	-	2	-
MP-01a	Carcaça superior do módulo base	Principal	Polipropileno CP 180R	1	5
MP-01b	Carcaça inferior do módulo base	Principal	Polipropileno CP 180R	1	6
MP-02	Protetor do ecrã	Principal	Poliamida		7
MP-03	Conjunto Placa de Circuito Impresso	Principal	-	1	-
MP-04	Encoder rotatório com botão de pressão integrado	Principal	-	2	-
MP-05	Botão de pressão	Principal	-	4	-
MP-06	Ecrã LCD 115x67mm montado em PCI 125x67mm	Principal	-	1	-
MP-07	Bateria NiMH AAA 1000mAh	Principal	-	1	-
MP-08	Cabo elétrico	Principal	-	1	-
MP-09	Manípulo para encoder rotatório	Principal	Polipropileno CP 180R	2	8
MP-10	Manípulo para botão de pressão	Principal	Polipropileno CP 180R	3	9
MP-11	Manípulo para o botão soneca	Principal	Polipropileno CP 180R	1	10
MP-12	Máscara adesiva para o ecrã	Principal	-	1	-
MP-13	Parafuso DIN 7500 - AE-M3x12	Principal	Aço	3	-

Fonte: Autoria própria

A configuração final do dispositivo, os desenhos das peças que necessitam de confecção especial e os desenhos de conjunto e montagem são apresentados no Apêndice F. A Figura 57 ilustra o dispositivo em modelo computacional.



Figura 57 - Modelo do dispositivo
Fonte: Autoria própria

5.11 Construção dos protótipos dos módulos vibradores

Durante esse projeto, foram confeccionados dois protótipos do módulo vibrador do dispositivo com o objetivo de conferir as funcionalidades e dimensões.

O primeiro deles foi confeccionado com o intuito de obter um dispositivo que realizasse a função principal de despertar uma pessoa surda em horário pré-determinado com estímulo vibratório. Para o acionamento do módulo vibrador no horário de despertar, foi feita uma adaptação de um rádio-relógio comercial que pode ser programado para despertar em horário definido. Em vez de enviar um sinal a uma caixa amplificadora de sons, como programado de fábrica, foi adaptado de

modo a enviar o sinal a um motor vibrador. A Figura 58 ilustra a adaptação do relógio despertador ao motor vibrador.

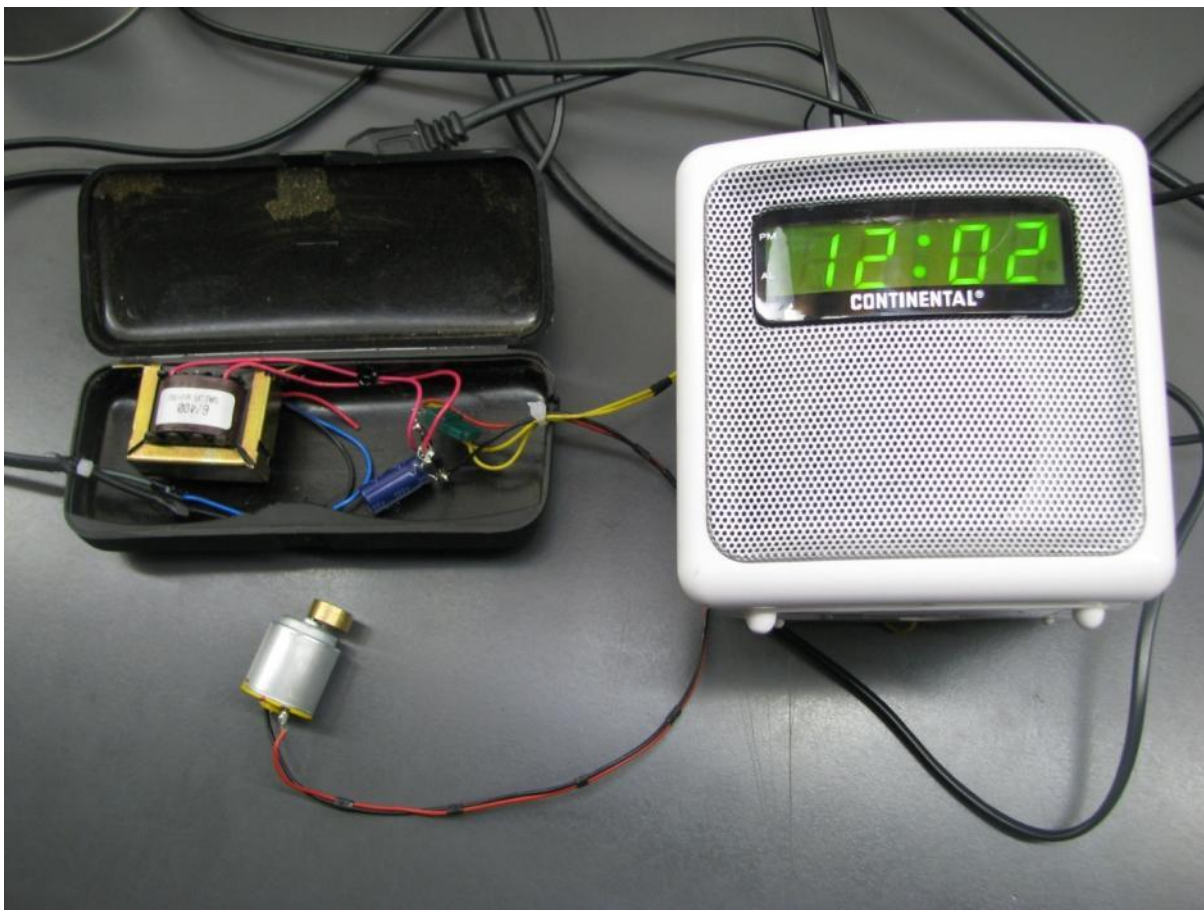


Figura 58 – Adaptação do relógio despertador ao motor vibrador
Fonte: Autoria própria

Como o fabricante do motor vibrador escolhido para o projeto não envia amostras e a quantidade mínima de pedidos é de 1000 peças, o protótipo foi confeccionado com um motor de dimensões semelhantes adquirido de outro fabricante. O modelo utilizado foi o PM090A-EWN 12V fornecido pela empresa Action Technology fabricante e importadora de motores elétricos situada no município de Indaiatuba-SP. A folha de dados do motor encontra-se no Anexo F.

Para a confecção do protótipo, optou-se por alimentar o motor vibrador a partir da rede elétrica utilizando-se um transformador e uma fonte retificadora. A Figura 59 apresenta o circuito de alimentação do motor, o qual foi elaborado com ajuda de um

profissional técnico em eletrônica para o dimensionamento dos componentes. À esquerda pode-se visualizar um transformador de 110V AC para 6V AC (letra A) que é ligado a uma tomada convencional. Na saída do transformador encontra-se uma fonte retificadora de 4 diodos (letra B) que transforma a corrente alternada de 6V AC para corrente contínua 12V DC e possui um capacitor (Letra C) para manter a corrente mais uniforme. Um transistor de efeito de campo (letra D) recebe o sinal do rádio-relógio na hora programada de despertar e quando isso ocorre, fecha o circuito de alimentação do motor fazendo com que ele vibre.

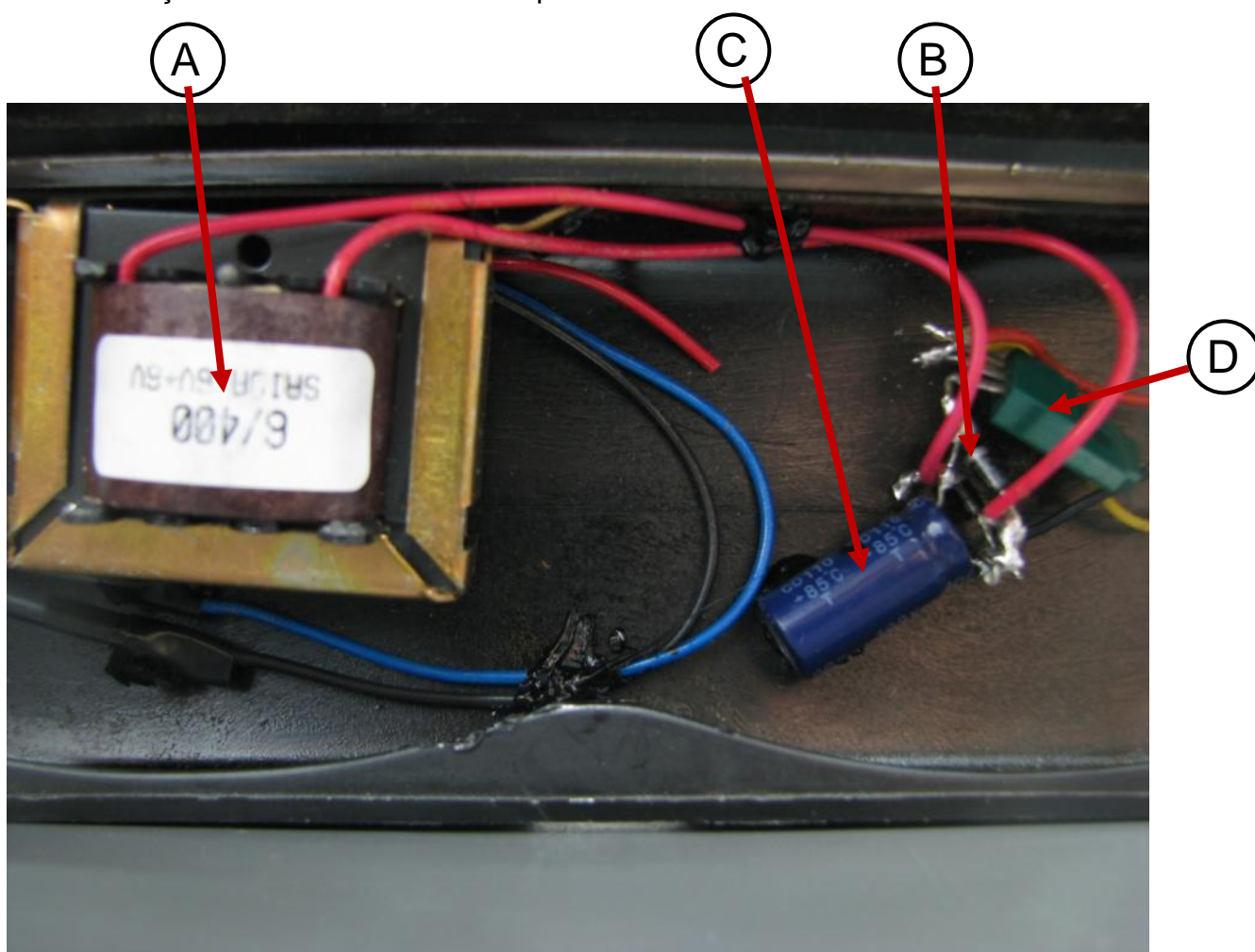


Figura 59 – Circuito de alimentação do motor
Fonte: Autoria própria

O motor vibrador foi acoplado a uma carcaça de PVC (policloreto de vinila) dobrado artesanalmente para se encaixar sem folgas com o corpo do motor. A Figura 60 apresenta o motor acoplado. Ele foi disposto desta maneira para garantir

que a massa desbalanceada pudesse rotacionar livremente quando posicionado sob o travesseiro.

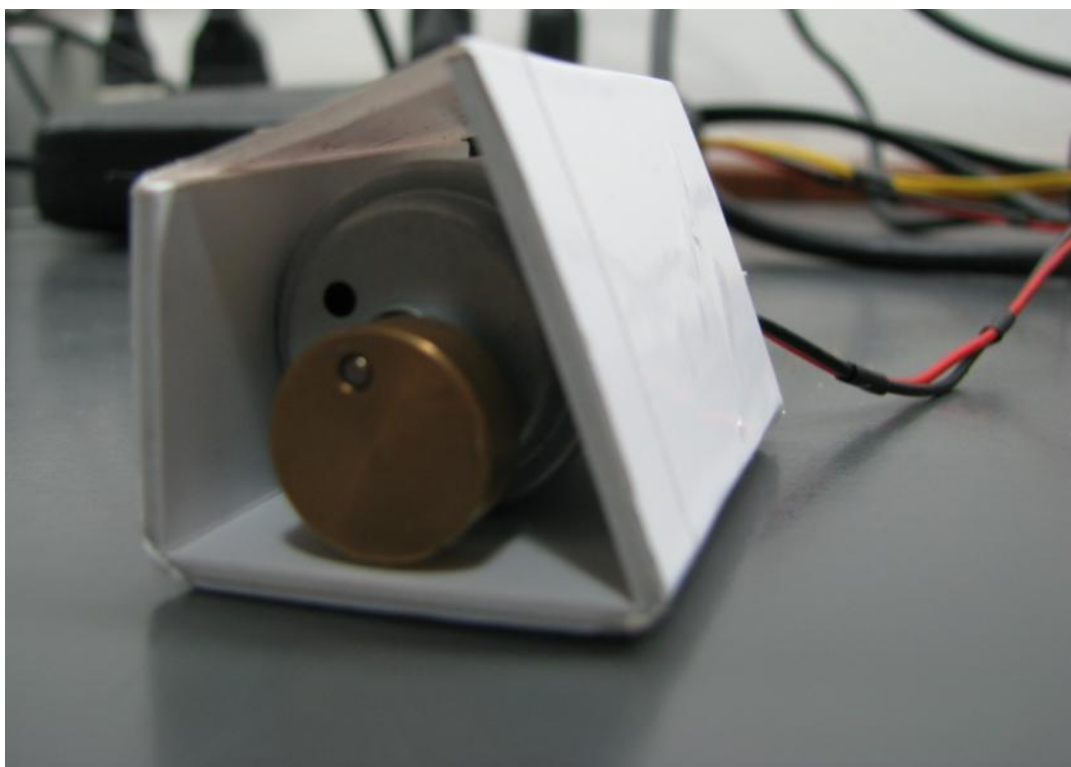


Figura 60 - Motor acoplado
Fonte: Autoria própria

Este primeiro protótipo do módulo vibrador permitiu confirmar que é possível construir um aparelho que realiza a função principal do produto projetado. No entanto, características como a forma de fixação, regulagem de comprimento da fita e espessura do módulo vibrador não puderam ser avaliadas. Dessa forma optou-se por construir um segundo protótipo para o módulo vibrador de modo a realizar testes sobre esses quesitos.

O segundo protótipo do módulo vibrador incorporou a técnica da impressão em 3D (manufatura aditiva). Esta modalidade fabrica um modelo pela adição de material em camadas sucessivas a partir de um modelo tridimensional gerado em um programa CAD (*Computer Aided Design*) (VOLPATO; CARVALHO, 2007). A escolha dessa técnica permitiu a obtenção de um modelo da carcaça do módulo vibrador composto de dois componentes com as dimensões exatas do projeto. Outra grande vantagem foi o tempo em que o protótipo foi construído (aproximadamente 3 horas).

O modelo foi impresso em uma máquina modelo Eden 250V disponível no Núcleo de Prototipagem Rápida e Ferramental (NUFER) situado no Campus Curitiba Sede Centre da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Esta máquina é fabricada pela empresa Objet localizada em Rehovot, Israel, e é ilustrada pela Figura 61.



Figura 61 - Eden 250V
Fonte: Stratasys (2010)

A Figura 62 ilustra os componentes obtidos no processo.

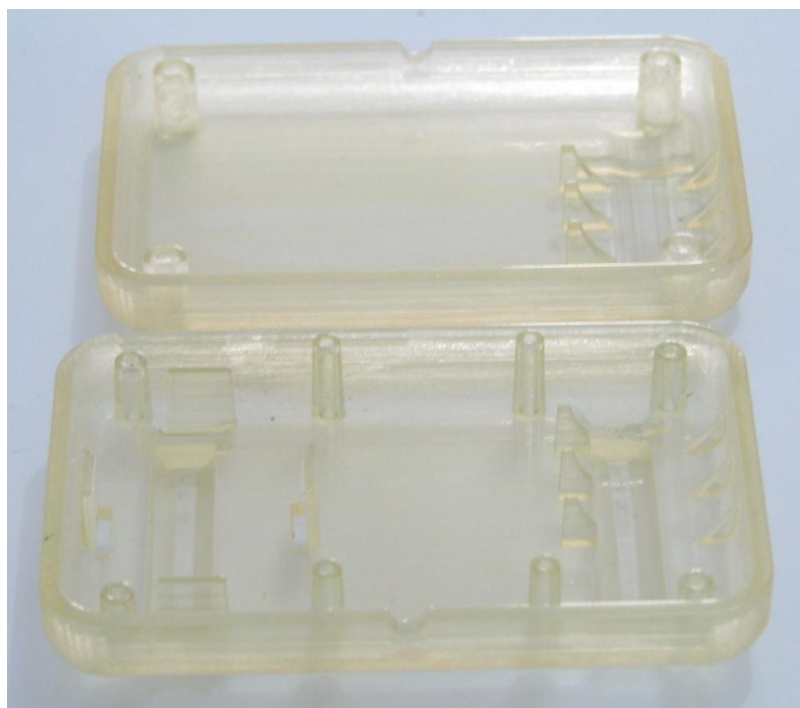


Figura 62 - Peças obtidas com a impressão em 3D
Fonte: Autoria própria

A partir das peças obtidas foi possível realizar a montagem do módulo vibrador. Para avaliar a montagem dos componentes, foi utilizado um jogo de 3 pilhas NiMH com a mesma especificação do projeto, uma placa de circuito impresso de dimensões semelhantes àquela que será empregada no produto final e o mesmo motor vibrador utilizado no primeiro protótipo. A Figura 63 apresenta a montagem dos componentes na carcaça. Nota-se que tanto a PCI como as baterias apresentadas não são funcionais para o protótipo, mas foram utilizadas na montagem com o intuito de verificar se as dimensões da carcaça, os ganchos de engate das baterias e as colunas de sustentação da PCI foram projetadas corretamente.



Figura 63 - Montagem dos componentes na carcaça impressa
Fonte: Autoria própria

Esta etapa foi importante pois seu objetivo era verificar se o projeto da carcaça havia sido bem dimensionado e se os componentes poderiam ser montados. O sistema de encaixe com ganchos para o conjunto de pilhas foi testado, já que depois

de posicionadas as pilhas não poderiam escapar facilmente. Além disso, o dimensionamento das colunas utilizadas para fixação com parafuso foi analisado no aspecto de que as colunas que fixam tanto a PCI como as duas peças formadoras da carcaça deveriam permitir a passagem e fixação de parafusos autoatarraxantes. A Figura 64 apresenta o protótipo do módulo vibrador montado e ligado ao rádio relógio adaptado. Viu-se que todos os componentes puderam ser fixados com sucesso.



Figura 64 – Segundo protótipo
Fonte: Autoria própria

Com a montagem em uma fita elástica foi possível avaliar o dispositivo de fixação escolhido no projeto. A Figura 65 ilustra o teste realizado.



Figura 65 - Teste de fixação
Fonte: autoria própria

Neste teste verificou-se a viabilidade do processo de regulagem de comprimento da cinta elástica de modo que se adapte a qualquer tamanho de colchão. As Figuras 66 e 67 mostram respectivamente o regulador de alças e as fivelas de pressão e encaixe sendo utilizadas.



Figura 66 - Regulador de comprimento da fita do protótipo
Fonte: autoria própria

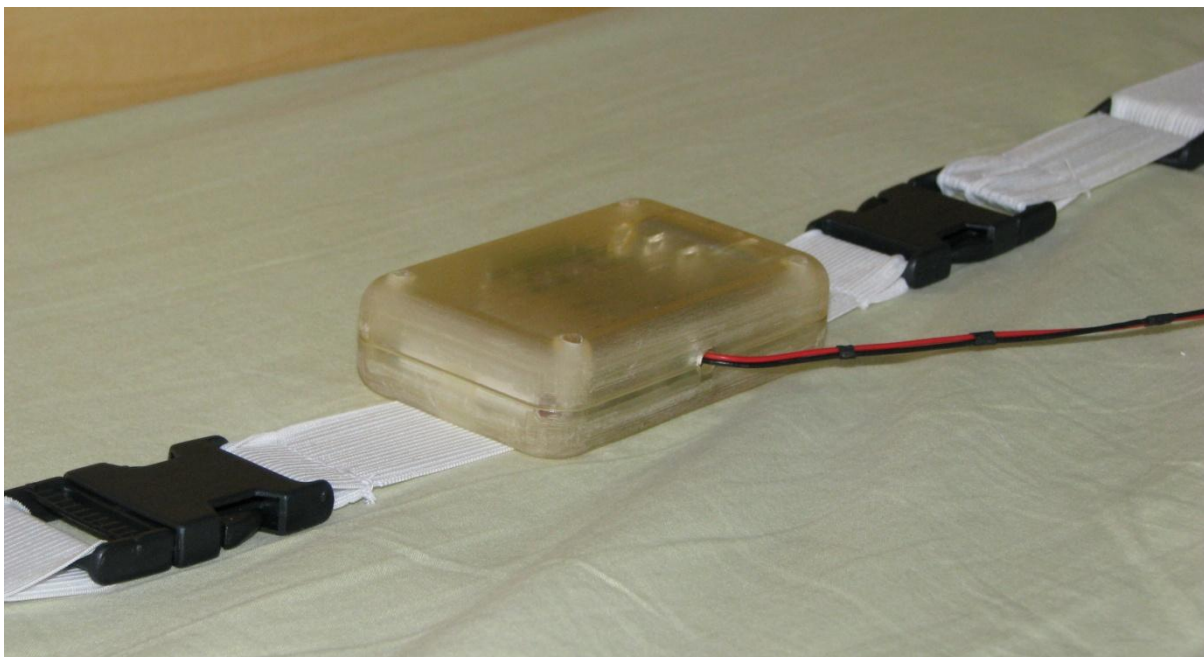


Figura 67 – Fivelas de pressão e encaixe no protótipo
Fonte: autoria própria

O teste realizado permitiu analisar se o dispositivo de fixação do módulo vibrador era eficaz e matinha o produto no local designado, além de permitir visualizar possíveis dificuldades que algum usuário teria nas atividades de regular a cinta para o tamanho do colchão e de retirar o módulo vibrador com o intuito de recarregar suas baterias.

5.12 Testes de protótipo com voluntários

Testes de uso do protótipo foram realizados para avaliar o cumprimento da função principal do produto projetado.

De modo a respeitar as considerações do Comitê de Ética em Pesquisa, foi elaborado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que foi entregue aos voluntários. Ele está neste trabalho no Apêndice G.

Foram realizadas duas séries de testes, todos conduzidos nas próprias residências dos voluntários.

No primeiro teste realizado com um voluntário surdo, o protótipo foi instalado ao lado da cama e o motor vibrador encapsulado foi posicionado sob o travesseiro. O horário de despertar foi configurado para o horário em que o voluntário desperta habitualmente. A Figura 68 ilustra a disposição do protótipo na cama do voluntário.



Figura 68 – Disposição do protótipo na cama do voluntário
Fonte: Autoria própria

A Figura 69 apresenta o voluntário em posição de teste.

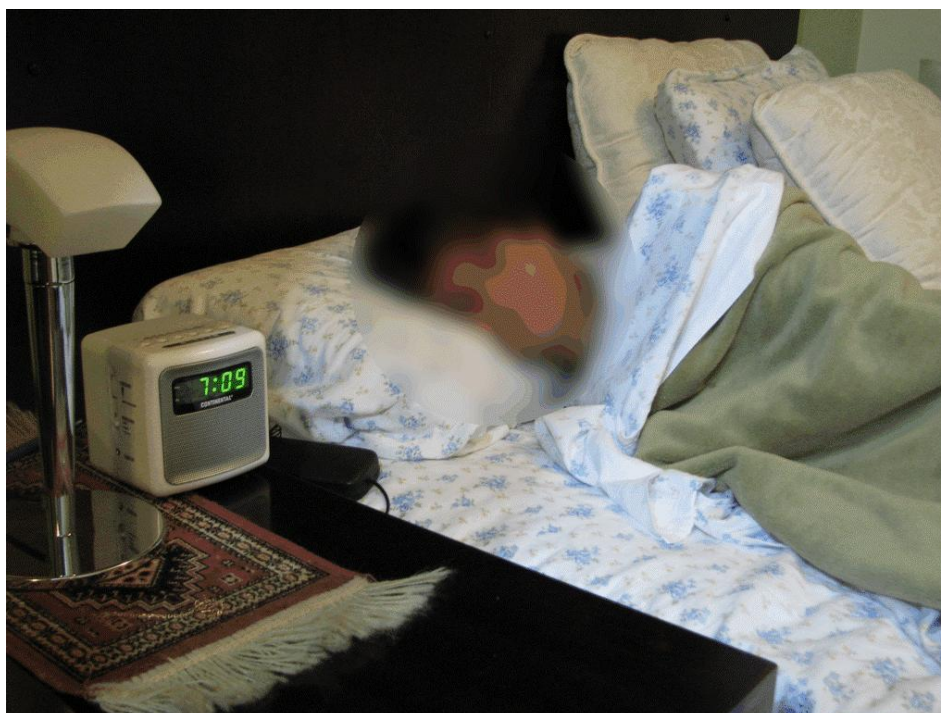


Figura 69 – Teste de protótipo com voluntário
Fonte: Autoria própria

Em outro momento, após a confecção do segundo protótipo, o qual inclui a carcaça nas dimensões do projeto e o dispositivo de fixação, outra série de testes de uso do protótipo foi efetuada, desta vez com dois voluntários.

Este segundo teste consistiu em duas etapas. Na primeira foi pedido aos voluntários que regulassem e fixassem a cinta elástica em torno do colchão sob o lençol e assim verificar a eficácia do sistema de fixação proposto. Na segunda etapa os usuários dormiram com o despertador sob seus travesseiros para despertar no horário programado.

Após os testes dos protótipos, os voluntários relataram por meio de uma entrevista informal com os projetistas do produto as considerações que tiveram sobre o uso do aparelho. Os três voluntários relataram que o protótipo foi eficaz em despertá-los no horário previsto e que a vibração possui uma intensidade que inviabiliza continuar o sono enquanto ativada. O voluntário do primeiro teste relatou que antes de desligá-lo o motor vibrador se moveu devido à vibração e caiu da cama. Nos testes realizados com o segundo protótipo, o qual ficou fixado ao colchão, nenhum voluntário relatou que o dispositivo tivesse se deslocado. Ainda, nenhum dos voluntários sentiu-se incomodado com a espessura do dispositivo sob o travesseiro. Entretanto, um dos voluntários relatou que sentiu um pouco de dificuldade ao regular a cinta elástica. Um dos voluntários relatou que as vibrações o acordaram mas que seu parceiro pôde continuar a dormir, já que este não chegou a sentir ou se incomodar com as vibrações.

5.13 Análise do cumprimento dos requisitos de projeto

Os requisitos de projeto são os parâmetros pelos quais o projeto foi conduzido desde a escolha da concepção até o detalhamento preliminar. Grande parte dos requisitos foi utilizada como meta no dimensionamento e definição dos componentes do dispositivo. Seu cumprimento deve ser avaliado para validar o projeto preliminar. Alguns requisitos podem ser mensurados simplesmente com a definição do produto, mas outros dependem da realização de testes com protótipos. Os testes realizados

com o protótipo funcional construído permitiram a avaliação da maioria dos requisitos, embora a avaliação dos demais necessite de um protótipo preliminar que implemente todas as funções projetadas. A Tabela 12 apresenta a avaliação do cumprimento dos requisitos de acordo com as definições do dispositivo e com o protótipo funcional.

Tabela 12 - Avaliação de cumprimento dos requisitos

Requisitos de Projeto	Ordem	Tend	Meta	Unid	Atende ao requisito	Comentários
Preço	1º	▼	100	R\$	Indefinido	Necessita de uma avaliação detalhada dos fornecedores, custos de ferramental, impostos de importação, custos de logística, custos de produção e margens de lucro que não podem ser avaliados nesta etapa do projeto.
Taxa de Despertar	2º	▲	100	%	Sim, com reservas	Teste de protótipo indicou que o sistema de fixação evita que o dispositivo saia de posição e que a vibração foi capaz de despertar os usuários.
Intensidade Máxima da Vibração Percebida	3º	▲		m/s ²	Sim	Foi escolhido o motor com maior intensidade de vibração encontrado para motores vibradores compactos
Espessura do Vibrador	4º	▼	25	mm	Sim	Espessura final de 23,4 mm
Força para Desfixar Acidentalmente o Dispositivo Estimulador	5º	▲	10	N	Sim	Teste de protótipo
Avaliação de Heurísticas de Nielsen	6º	▲	10	Nº	Sim	As heurísticas de Nielsen foram levadas em consideração no projeto. Uma avaliação de heurísticas conduzida pelos projetistas não identificou nenhum problema.
Número de Operações para Ajustar o Alarme	7º	▼	5	Nº	Sim	5 Operações para ajustar o alarme
Média Geométrica do Tempo de Tarefa		▼	30	s	Indefinido	Não foi realizado nenhum teste para avaliar o tempo de configuração.
Número de Caracteres no Mostrador	9º	◇		Nº	Sim	Possui quantidade ideal de caracteres para mostrar as informações necessárias.
Intensidade Máxima do Alarme Sonoro	10º	▲	80	dB	-	Não possui alarme sonoro
Volume	11º	▼	1000	cm ³	Sim	Volume total de 837 cm ³

Intensidade Máxima do Alarme Luminoso	12º	▲	2600	Lumens	-	Não possui alarme luminoso
Avaliação de Apelo Visual	13º	▲	80	%	Indefinido	Não foi realizado teste de apelo visual
Número de Botões	14º	◇	6	Nº	Sim	Possui 6 botões
Número de Níveis de Intensidade (do estímulo)	15º	◇	3	Nº	Sim	Possui 3 intensidades de alarme
Intensidade Luminosa do Mostrador	15º	◇	0.1	Lumens	Sim	Possui ajuste de intensidade luminosa
Número de Operações para Escolher os Dias da Semana		▼	5	Nº	Não	Não possui ajuste de dias da semana
Intensidade da Vibração Percebida a Um Metro do Usuário	17º empate	▼		m/s ²	Sim	Teste do protótipo
Tempo de Vida	19º	▲	3	anos	Sim, com reservas	Todos os componentes tem vida útil maior de três anos.
Consumo de Energia	20º	▼	6	Wh/mês	Sim, com reservas	Nenhum componente eletrônico possui alto consumo energético, mas um levantamento detalhado faz-se necessário.
Dimensão do Mostrador de Horário	21º	◇	2,5	pol	Sim	
Minutos de Atraso Médio por Mês	22º	▼	0	min/mês	Indefinido	Não foi avaliado
Capacidade da Bateria	23º	▲	1	semana	Sim	Duração estimada de 16 semanas
Massa	24º	▼	350	g	Indefinido	Massa combinada dos componentes detalhados é inferior à meta. Porém faz-se necessário um levantamento detalhado relativa aos componentes do circuito eletrônico e da massa da fita elástica
Número de Operações para Ajustar o Relógio	25º	▼	5	Nº	Sim	5 Operações para ajustar o relógio
Número de Modelos de Cor Diferente	26º	◇	3	Nº	Sim, com reservas	O material da carcaça permite produção em mais de uma cor
Amplitude do Input Elétrico	27º	▲	150	V	Sim, com reservas	As especificações do projeto eletrônico prevêm alimentação bivolt
Tempo Médio de Despertar	28º	▼	30	s	Sim, com reservas	Os voluntários testados não levaram mais de 30s para despertar
Tamanho do Cabo Elétrico	29º	◇	2	m	Sim	

Fonte: Autoria própria

Dos dez requisitos de maior importância, sete foram avaliados positivamente, dois não puderam ser avaliados e um não se aplica à concepção do projeto. O requisito de maior importância, o preço, é também o mais difícil de ser avaliado já

que depende de muitos fatores que não puderam ser avaliados nesta etapa do projeto. O segundo requisito de maior importância, a taxa de despertar, foi avaliado apenas parcialmente, já que a amostra com que foi realizado o teste de protótipo não é estatisticamente significativa e que o motor utilizado no protótipo é similar mas não igual ao modelo escolhido para o produto final.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou o desenvolvimento do projeto de um dispositivo para despertar pessoas surdas. As metodologias proposta por Rozenfeld *et al.* (2006) e Pahl *et al.* (2010) foram seguidas para realização das etapas de projeto.

Com base no Projeto Informacional constatou-se, por meio de pesquisas com os diferentes tipos de potenciais clientes e uma análise de *benchmarking*, que existe a necessidade de um dispositivo para despertar surdos no mercado nacional e que o seu uso traria benefícios às pessoas surdas. O uso da ferramenta da Casa da Qualidade permitiu hierarquizar os requisitos de projeto e seu resultado foi de grande valia para orientar as etapas seguintes do projeto.

O Projeto Conceitual direcionou a escolha da concepção ideal do produto por meio de um processo sistemático. Esta abordagem garantiu que as concepções fossem comparadas e avaliadas entre si com base no atendimento das necessidades dos clientes e requisitos de projeto.

A etapa final do trabalho constituiu do Projeto Preliminar e Detalhado. Nela foram identificados os propagadores de restrição que as características de alguns elementos e componentes impõem ao projeto. A elaboração do diagrama de propagadores de restrição trouxe um grande benefício pois guiou e ordenou a forma como os componentes foram especificados e dimensionados. A utilização de ferramentas de simulação computacional permitiu uma avaliação dimensional dos componentes a serem manufaturados e mostrou como modificações puderam agregar e otimizar as características dos mesmos.

O uso da tecnologia de impressão 3D permitiu a obtenção de um protótipo do módulo vibrador com as mesmas dimensões do projeto em pouquíssimo tempo e baixo custo. A construção de um protótipo funcional avaliou a viabilidade da concepção do produto e a sua funcionalidade na prática.

Como os protótipos fabricados implementaram apenas as principais funções do produto, nem todos os requisitos de projeto puderam ser avaliados

quantitativamente. Entretanto, foi realizada uma avaliação parcial dos requisitos do projeto e constatou-se que o projeto final cumpre a quase totalidade deles.

O intuito deste projeto é que o produto seja fabricado. Assim, algumas sugestões para trabalhos futuros podem ser enumeradas.

- a) Realizar um estudo para otimizar a escolha do modelo de motor vibrador que cumpra o requisito de intensidade de vibração mínima a um custo mais baixo;
- b) Rever os fornecedores de cada componente de modo a reduzir os custos;
- c) Realizar o projeto eletrônico e das placas de circuito impresso;
- d) Produzir um protótipo preliminar que realiza todas as funções projetadas e submetê-lo a avaliações e pesquisas mais abrangentes;
- e) Realizar o projeto do molde de injeção dos componentes plásticos;

O objetivo principal do trabalho foi alcançado, passando por todas as etapas de projeto. Espera-se que este trabalho possa trazer um benefício à sociedade e fortalecer a área de produtos de tecnologia assistiva, agregando um pouco mais de qualidade de vida e de independência às pessoas surdas.

REFERÊNCIAS

ALIBABA. **12 mm rotary encoder with push switch**. 2014a. Disponível em: <http://www.alibaba.com/product-detail/12mm-rotary-encoder-with-push-on_495676501.html?s=p>. Acesso em: 29 abr. 2014

_____. **PBS-24-202P 5 mm push button switch**. 2014b. Disponível em: <http://www.alibaba.com/product-detail/PBS-24-202P-push-button-switch_1576457505.html?s=p>. Acesso em: 29 abr. 2014

ARNBERG, P. W.; BENNERHULT, O.; EBERHARDT, J. L. **Sleep disturbances caused by vibrations from heavy road traffic**. Journal of the Acoustic Society of America. 1990.

ARISTOTELES; LAWSON-TANCREDE, A. **De Anima (PenguinClassics)**. [s.l.]: PenguinClassics, 1987.

B&H DESIGNS. **Bello2 and Slavo2 Doorbell Alarms**. 2014. Disponível em:<http://www.bh-designs.co.uk/doorbell_alarms.htm> Acesso em: 4 mar. 2014

ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de Desenvolvimento de Produtos, Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo, Editora Saraiva, 2006

BATTERY SPACE. **Battery Packs / Chargers / Accessories**. 2013. Disponível em: <<http://www.batteryspace.com/howtochoosebattery.aspx>>. Acesso em: 05 abr. 2014

BBC NEWS. **How the stimulating smell of wasabi can save lives**. 2010. Disponível em:<<http://news.bbc.co.uk/2/hi/world/asia-pacific/8592180.stm>>. Acesso em: 9 jan. 2014.

BERSCH, R. **Introdução à tecnologia assistiva**. Porto Alegre: Assistiva, 2013. Disponível em:<http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf>. Acesso em: 28 out. 2013.

BERTULANI, Carlos. **O ouvido humano**. 1999. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/ondas2/ouvido/ouvido.html>> Acesso em: 23 dez. 2013.

BRASIL. Lei 8.213 de 24 de julho de 1991. **Diário Oficial da União**. Casa Civil, Subchefia Para Assuntos Jurídicos, Brasília, DF, 24 jul 1991. Seção 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8213cons.htm> Acesso em 23 dez 2013

_____. **Estatuto da Pessoa com Deficiência**. Projeto de Lei 4.254 de 2013. Congresso Nacional, Brasília, DF, 2013.

_____. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. Tecnologia Assistiva. Brasília, CORDE, 2009. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/livro-tecnologia-assistiva.pdf>>. Acesso em 5 mar. 2014.

BRASKEM. **Consultar Produtos**. 2014 Disponível em:<<http://www.braskem.com.br/site.aspx/Consultar-Produtos>>. Acesso em: 29 abr. 2014

BUSBY *et. al.* **Ontogenetic variations in auditory arousal threshold during sleep**. 1994. Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8986.1994.tb01038.x/abstract>>. Acesso em 18 abr. 2014

BUSATO, L. **Tipos de clientes**. 2008. Disponível em:<http://www.portaldomarketing.com.br/Artigos2/Tipos_de_Clientes_01.htm>. Acesso em: 29 dez. 2013.

CAMBRIDGE UNIVERSITY HOSPITALS. **Specialist Services: Single Sided Deafness**. 2014. Disponível em: <http://www.cuh.org.uk/addenbrookes/services/clinical/audiology/services/single_sided_deafness.html> Acesso em: 4 mar. 2014

CASAL, M. **Lei que regula a contratação de pessoa com deficiência completa 21 anos**. 2012 Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2012/07/lei-que-regula-a-contratacao-de-pessoas-com-deficiencia-completa-21-anos>>. Acesso em: 23 dez. 2013

CHUNG, Matthew. **Emergency Alert Device for the Hearing Impaired**. 2010. Disponível em: <<http://www.ubergizmo.com/2010/04/emergency-alert-device-for-the-hearing-impaired/>>. Acesso em: 4 mar. 2014

COENEN, A. Subconscious Stimulus Recognition and Processing During Sleep. **Psyche**, v. 16, n. 2, p.90-97, 2010. Disponível em:<http://www.theassc.org/files/assc/psyche_vol_16_no_2/6_psyche%20art%202.coen8paged90-97.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2013.

CONNEVANS LIMITED. **Alarmclocks**. 2014 Disponível em:<<http://www.deafequipment.co.uk/catalogue/172/Alarm-clocks>>. Acesso em: 29 dez 2013.

DANESI, M.C. **O admirável mundo dos surdos**. 2.ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2007.

DEAFSHOP. **Baby Monitor**. 2014. Disponível em: <http://www.deafshop.co.za/pages/ultra_clear_baby_monitor.html>. Acesso em 4 mar. 2014

DEAFSHOP. **Light On**. 2014a. Disponível em: <http://www.deafshop.co.za/pages/ultra_clear_baby_monitor.html>. Acesso em 4 mar. 2014

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DENATRAN). **Frota 2013**. 2013 Disponível em:<<http://www.denatran.gov.br/frota2013/htm>>. Acesso em: 28 dez. 2013.

DIREITO DE OUVIR. **Como é o tratamento para a surdez?**.2013. Disponível em: <<http://direitodeouvir.com.br/curiosidades/como-e-o-tratamento-da-surdez>>. Acesso em: 20 dez 2013

ELZOUKI, A. Y. *et al.* **Textbook of clinical pediatrics**. 2. ed. Springer, p. 159-165 2012.

FAZ FÁCIL. **Tamanhos dos colchões... as medidas de cada tipo!** 2014. Disponível em: <<http://www.fazfacil.com.br/manutencao/tamanhos-colchoes-medidas/>>. Acesso em 02 abr. 2014.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. **Low-frequency Fire Alarms for the Deaf and Hard of Hearing.** 2014. Disponível em: <<http://fgcredcross.wordpress.com/2012/01/17/low-frequency-fire-alarms-for-the-deaf-and-hard-of-hearing/>>. Acesso em: 4 mar. 2014

FENEIS, H.; DAUBER, W. **Atlas de bolso de Anatomia Humana.** São Paulo: Manole Ltda, 2000.

FI CLAIMS. Cynthia L. Altenhofen. **Baby monitor system.** US6043747 A, 28 mar. 2000. Disponível em: <<http://www.google.com/patents/US6043747>>. Acesso em: 4 mar. 2014

GENTIL, F. *et al.* Estudo do efeito do atrito no contacto entre os ossículos do ouvido médio. **Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y DisenoenIngenieria**, v.23, n.2, p.177-187, 2007. Disponível em:<<http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/10358/1/II%20-%20V23N2.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2013.

GOOD DISPLAY. **Products, Segment LCDs.** 2014. Disponível em: <http://www.good-display.com/products_list/&pmclid=eed86cf8-e3cb-4630-b8f6-ea92a8ec8200&comp_stats=comp-FrontProductsCategory_show01-1299132101301.html>. Acesso em: 10 abr. 2014.

GUYTON, Arthur C. **Tratado de fisiologia médica.** 5. ed. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1977.

HADES. **Rotary encoder.** 2014. Disponível em: <http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Rotary_Encoder>. Acesso em: 07 abr. 2014.

HAMPSHIRE FIRE AND RESCUE SERVICE. **Smokealarm for deaf.** 2014. Disponível em: <<http://www.hantsfire.gov.uk/smokealarmsfordeaf>>. Acesso em 4 mar. 2014

HARMER, L.M. Health care delivery and deaf people: practice, problems, and recommendations for change. **Journal of deaf studies and deaf education**, v.4, n.2, p. 73-110, 1990. Disponível em:<<http://jdsde.oxfordjournals.org/content/4/2/73.short>>. Acesso em: 28 dez. 2013.

HERSH, Marion *et al.* **Assistive technology for the hearing-impaired, deaf and deafblind.** Springer, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo de 2010.** 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em: 22 dez. 2013

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2631 – Guia para avaliação da exposição humana à vibrações de corpo interio.** 1997. Disponível em <http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=7612>. Acesso em 20 abr 2014

_____. **ISO 5349 – Guia para medição e avaliação da exposição humana à vibrações transmitidas à mão.** 2001. Disponível em <www.feb.unesp.br/jcandido/vib/Iso%205349.doc>. Acesso em 20 abr 2014

JOO, Sangjin. **AlarmGlasses for Deaf.** 2014. Disponível em: <<http://www.sparkawards.com/galleries/index.cfm?entry=7572B7F4-5056-A832-A2B0A52EDD972027>>. Acesso em: 4 mar. 2014-03-04

KOLLER. **TPS01.** 2013. Disponível em: <<http://koller.com.br/produtos/tps01.html>> Acesso em: 29 dez 2013

LABARRE, S. **How a collar could help deaf people hear music.** 2010. Disponível em: <<http://www.fastcompany.com/1653578/how-collar-could-help-deaf-people-hear-music>>. Acesso em: 19 dez. 2013.

MARQUES, W. L. **Qualidade total: qualidade do todo.** 2009. Disponível em <http://books.google.com.br/books?id=2TmvvetdulaUC&pg=PA2&dq=clientes+internos,+externos+intermedi%C3%A1rios&hl=pt-BR&source=gbs_selected_pages&cad=3#v=onepage&q=clientes%20internos%20externos%20intermedi%C3%A1rios&f=false>. Acesso em 05 abr 2014.

MALLOY, R. A. **Plastic Part Design for Injection Molding, an Introduction.** Editora Hanser, Cincinnati, 1994

MERCK. **Manual Merck de Informação para a Médica: Saúde para a Família.** Editora Roca, 2010.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, **Instituto implanta telefone para deficientes auditivos**, 2010. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=16045:instituto-implanta-telefone-para-deficientes-auditivos&catid=209>

Acesso em: 23 dez. 2013.

MORBIN. **Fitas rígidas de tear**. 2009. Disponível em <<http://www.morbin.com.br/fitas-rigidas-tear.php>>. Acesso em 03 abr. 2014.

MPOWERUK. **Battery Performance Characteristics**. 2005. Disponível em: <<http://www.mpoweruk.com/performance.htm>>. Acesso em 6 abr. 2014.

NIELSEN, Jakob. **Usability Engineering**. San Diego Academic Press, 1994.

OGREN *et. al.* **Effects of railway noise and vibrations on sleep: experimental studies within the Swedish research program TVANE**. 2009. Disponível em: <<http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:674178>>. Acesso em: 05 abr. 2014.

PAHL, G. e BEITZ, W. **Projeto na Engenharia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1996

PRECISION MICRODRIVES. **Uni Vibe 20mm Vibration Motor – 32mm type**. 2014.

Disponível em: <<https://catalog.precisionmicrodrives.com/order-parts/product/320-102-20mm-vibration-motor-32mm-type>>. Acesso em: 29 abr. 2014

REIS, Dulcilene Saraiva. **Falantes de LIBRAS: Que cultura é essa?** VI Simpósio Linguagens e Identidade da/na Amazônia Sul-Occidental, 2012. Disponível em: <http://www.porsinal.pt/index.php?ps=artigos&idt=artc&cat=13&idart=313>

ROBÔ LIVRE. **Baratinha Elétrica**. 2013. Disponível em: <<http://roboivre.org/conteudo/baratinha-eletrica>> Acesso em 03 de mar de 2014.

RYERSON UNIVERSITY. **Emoti-Chair and MusicViz Media Room**. 2014 Disponível em: <<http://www.ryerson.ca/news/media/spotlight/emoti-chair/>>. Acesso em: 21 jan. 2014.

S. JOSE ELASTICOS. **2035 – Elástico CRU**. 2014. Disponível em: <http://www.elasticosaojose.com.br/produto/2035-elastico-cru/>>. Acesso em 02 abr. 2014.

SAFETY DEVICE SUPPLY. **Barra sinalizadora giroflex de halogênio para caminhão de bombeiros**. 2013. Disponível em <<http://www.safetydevicesupply.com.br/1-3-4-fire-truck-light-bar.html>>. Acesso em 03 de mar de 2014.

SAURO, Jeff. **Average Task Times in Usability Tests: What to Report?**.2010. Disponível em:<<https://www.measuringusability.com/average-times.php>>. Acesso em: 3 abr 2014.

_____. **Measuring the Visual Appeal**. 2013. Disponível em:<<https://www.measuringusability.com/blog/visual-appeal.php>>. Acesso em: 3 abr 2014.

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL. **Saberes e práticas da inclusão: dificuldades de sinalização e comunicação: surdez**. MEC, Brasília, 2006. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/surdez.pdf>>. Acesso em 11 jan 2014.

SHENZHEN. **Double plastic snap bag buckle hook**. 2014. Disponível em: <http://fashionhandbag.en.alibaba.com/product/596860334-213756596/double_plastic_snap_bag_buckle_hook.html>. Acesso em 06 abr. 2014.

SILVERTHORN, D. U. **Human Physiology: An Integrated Approach**. 3.ed. San Francisco, CA:[s.n.], 2004.

SONIC ALERT. **Alarm Clocks: Desktop Clocks**. 2013 Disponível em:<<http://www.sonicalert.com/Desktop-Clocks-s/1824.htm>>. Acesso em: 30 dez. 2013.

SQUIRES, Nick. **‘Soft Touch’ – DeafAlerter**. 2009. Disponível em: <<http://www.coroflot.com/nicksquires/Soft-Touch-Deaf-Alerter>>. Acesso em: 4 mar. 2014

STARR, Cecie; EVERS, Christine; STARR, Lisa. **Biology: Concepts and Applications**. Cengage Learning, 2010.

STRATASYS. **Objet Eden 250V**. Disponível em: < www.stratasys.com/3d-printers/design-series/precision/objet-eden250v>. Acesso em 02 abr. 2014.

UNITED TTY. **Gentex smoke detector with strobe 7109LS**. Disponível em: <<http://unitedtty.com/store/product78.html>>. Acesso em: 4 mar. 2014

VCOM3D, **Sign 4 Me – A SignedEnglishTranslator**, versão 1.0.5.1, 2010 Disponível em:<<https://itunes.apple.com/us/app/sign-4-me-signed-english-translator/id312882992?mt=8>>. Acesso em: 28 dez. 2013

VOLPATO, N.; CARVALHO, J. **Capítulo 1 – Prototipagem Rápida como processo de Fabricação**, in VOLPATO, N. (Ed.); **Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações**. 2007

VONDRACEK, David. **TAP TAP**, versão 2.0, 2012 Disponível em:<<https://itunes.apple.com/BR/app/id369747181?mt=8&affId=2083461>> Acesso em: 29 dez. 2013

WESTERN. **Luz de alerta giratório para sinalização de veículos com base imantada 12V Western LN-0**. 2013 Disponível em: <http://www.1001novidades.com.br/loja/produto-102426-1342-luz_de_alerta_giratoria_para_sinalizacao_de_veiculos_com_base_imantada_12v_western__ln0> Acesso em 03 de mar de 2014.

WILSON, May. **Tactile bracelet gives stylish alerts for deaf fashionistas**.2009. Disponível em: <<http://gajitz.com/tactile-bracelet-gives-stylish-alerts-for-deaf-fashionistas/>>. Acesso em 4 mar. 2014

ZBAND. **Feelthezband**. 2010. Disponível em: < <http://www.zband.biz/index.php>>. Acesso em: 4 mar. 2014

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
 Departamento Acadêmico de Mecânica
QUESTIONÁRIO GERAL

Este questionário tem o objetivo de efetuar o levantamento das necessidades dos clientes para o desenvolvimento do projeto e protótipo de um dispositivo para despertar surdos, objetivo do trabalho de conclusão de curso dos alunos Ariel Gandelman e Felipe H. Mendes sob orientação do professor David Kretschek. Todas as informações aqui contidas serão mantidas em absoluto sigilo.

- 1) Sexo
 Masculino Feminino
- 2) Faixa Etária
 0-12 36-50
 13-18 51-65
 19-25 Acima de 66
 26-35
- 3) Possui deficiência auditiva?
 Leve Total
 Moderada Não possui
 Severa
- 4) Trabalha?
 Sim Não
- 5) Estuda?
 Sim Não
- 6) Escolaridade
 Ensino Fundamental Ensino Médio
 Ensino Superior
- 7) Se trabalha ou estuda, em quais períodos?
 Manhã Tarde
 Noite Integral
- 8) Possui compromissos matinais?
 Sim Não
- 9) Você acorda todos os dias no mesmo horário?
 Sim Somente nos dias úteis
 Todo dia acordo em um horário diferente
- 10) Ao acordar, você:
 Levanta imediatamente Fica um tempo a mais deitado
- 11) Divide quarto/cama?
 Sim Não
- 12) Como você desperta?
 despertador sonoro despertador vibrador
 Vibração do Celular Alguém acorda
 Relógio de pulso Alarme luminoso
 Outros: _____
- 13) Você já despertou apenas com a vibração do celular?
 Sim Não
- 14) Você já dormiu usando relógio de pulso?
 Sim, mas acho desconfortável Sim e não enomoda
 Não
- 15) Você tem um relógio de cabeceira?
 Sim Não
- 16) Até quanto você pagaria por um despertador silencioso? (Em Reais)
 5-15 76-100
 16-30 100-150
 31-50 150-250
 51-75 acima de 250
- 17) Você compraria um despertador pela internet?
 Sim Não
- 18) Você possui tomada perto do criado mudo?
 Sim Não
- 19) Com que frequência você viaja ou dorme fora de casa?
 Uma ou mais vezes por mês Uma vez a cada três meses
 Duas vezes por ano Uma vez por ano
 Menos de uma vez por ano



Este questionário tem o objetivo de efetuar o levantamento das necessidades dos clientes para o desenvolvimento do projeto e protótipo de um dispositivo para despertar surdos, objetivo do trabalho de conclusão de curso dos alunos Ariel Gandelman e Felipe H. Mendes sob orientação do professor David Kretschek. Todas as informações aqui contidas serão mantidas em absoluto sigilo.

O preenchimento deve ser da seguinte forma:

Utilizar SIM quando você achar que o despertador deve apresentar a característica

Utilizar NÃO quando você achar que o despertador não deve apresentar a característica

Se a característica for indiferente para o produto, não marque nenhum quadro.

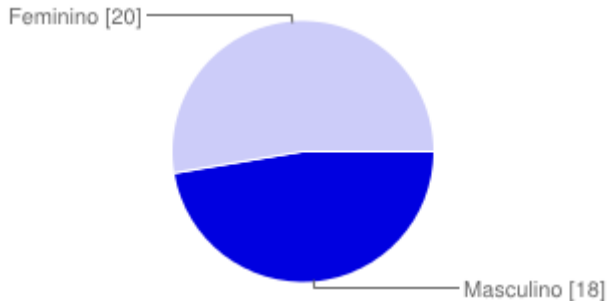
18) Na compra de um despertador, você pagaria a mais para ele:

Ser bonito	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Ser leve	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Ser compacto	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Mostrar horário no criado-mudo	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Mostrar horário em uma pulseira	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Mostrar horário em projetor no teto	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Permitir fácil ajuste do horário de despertar	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Não desregular com quedas de energia da rede elétrica	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Existir em modelos de cores diversas	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Ser durável	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Ter a intensidade do alarme ajustável	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Possuir função soneca (<i>snooze</i>)	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Ter materiais de maior qualidade	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Mostrar constantemente o horário marcado para despertar	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Escolher os dias da semana que desperta	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Possuir alarme sonoro	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Possuir alarme vibratório	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Possuir alarme luminoso	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Ser de fácil manutenção	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Combinar com a decoração	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Gastar pouca energia	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Possuir ajuste de voltagem	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Ser portátil	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não

APÊNDICE B – RESULTADOS DAS PESQUISAS

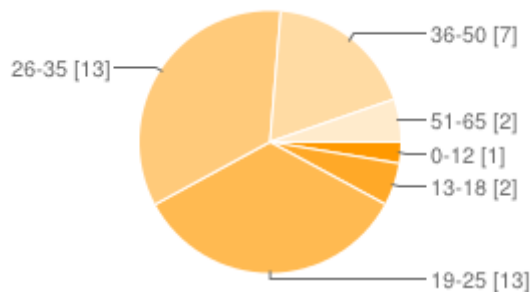
Resultados do questionário geral.

1. Sexo



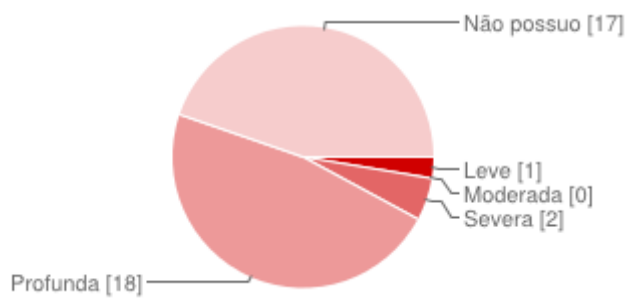
Masculino	18	47%
Feminino	20	53%

2. Idade



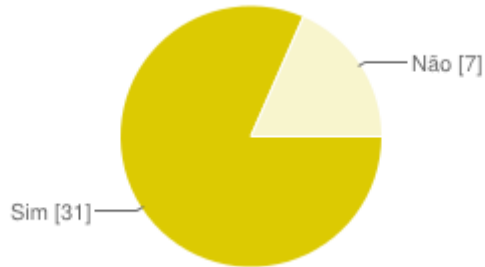
0-12	1	3%
13-18	2	5%
19-25	13	34%
26-35	13	34%
36-50	7	18%
51-65	2	5%

3. Você possui deficiência auditiva?



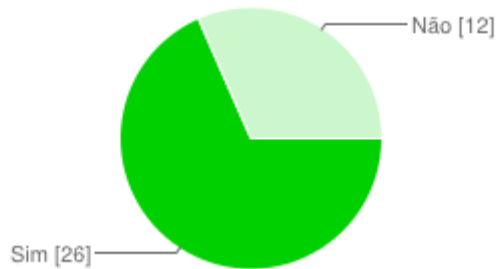
Leve	1	3%
Moderada	0	0%
Severa	2	5%
Profunda	18	47%
Não possui	17	45%

4. Você trabalha?



Sim	31	82%
Não	7	18%

5. Você estuda?

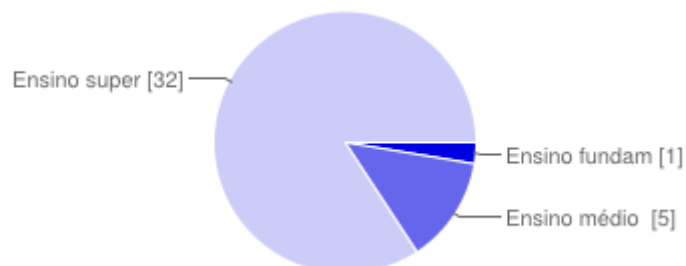


Sim	26	68%
Não	12	32%

6. Se trabalha, estuda, ou tem outras atividades, em quais períodos?

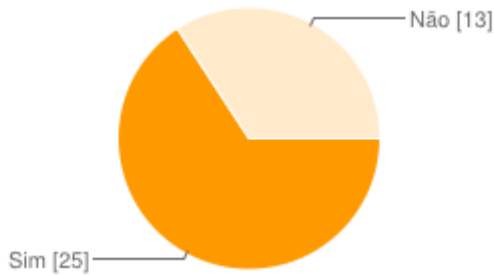
Manhã	17	28%
Tarde	17	28%
Noite	11	18%
Integral	16	26%

7. Escolaridade



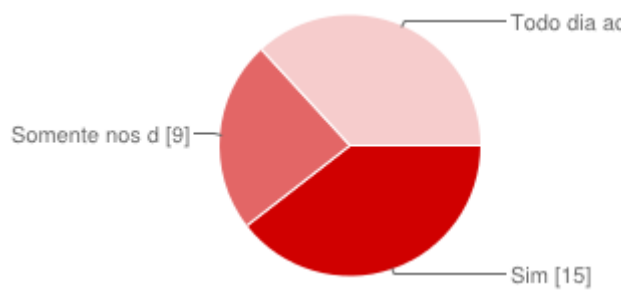
Ensino fundamental (Completo / Cursando / Incompleto)	1	3%
Ensino médio (Completo / Cursando / Incompleto)	5	13%
Ensino superior (Completo / Cursando / Incompleto)	32	84%

8. Possui compromissos matinais?



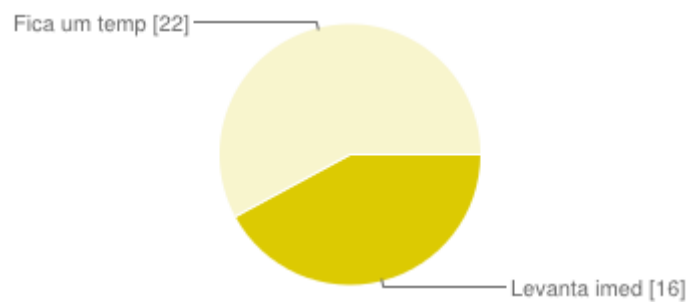
Sim	25	66%
Não	13	34%

9. Você acorda todos os dias no mesmo horário?



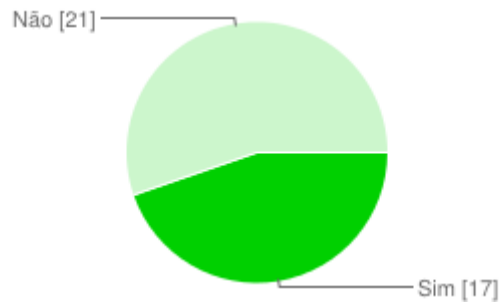
Sim	15	39%
Somente nos dias de semana	9	24%
Todo dia acordando em um horário diferente	14	37%

10. Ao acordar, você:



Levanta imediatamente	16	42%
Fica um tempo a mais deitado	22	58%

11. Você divide quarto ou cama?

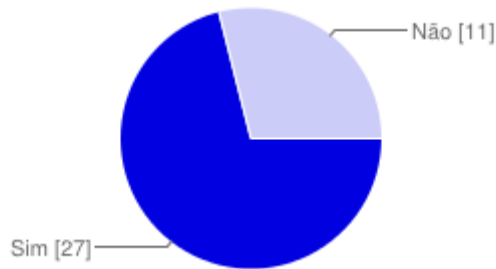


Sim	17	45%
Não	21	55%

12. Como você desperta?

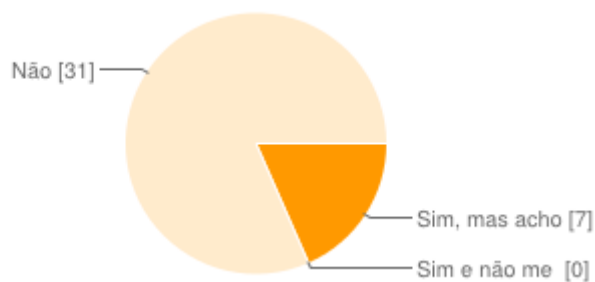
Despertador sonoro ou alarme sonoro do celular	17	38%
Despertador vibrador	8	18%
Vibração do celular	8	18%
Alguém me acorda	9	20%
Relógio de pulso	1	2%
Alarme luminoso	1	2%
Outros	1	2%

13. Você já despertou apenas com a vibração do celular?



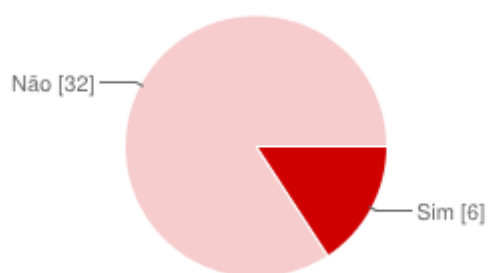
Sim	27	71%
Não	11	29%

14. Você já dormiu usando relógio de pulso?



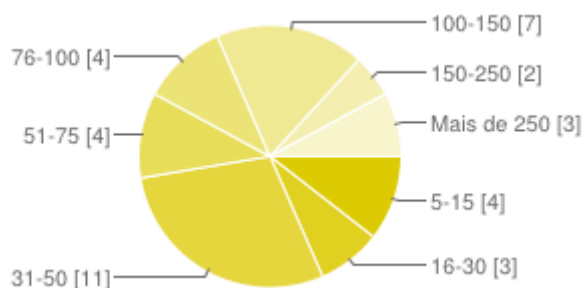
Sim, mas acho desconfortável	7	18%
Sim e não me incomoda	0	0%
Não	31	82%

15. Você tem um relógio de cabeceira?



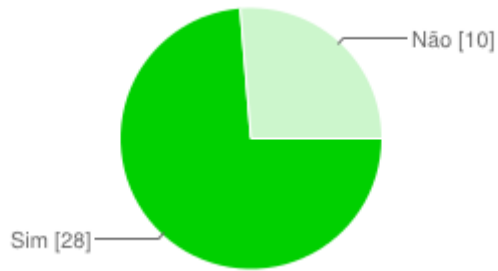
Sim	6	16%
Não	32	84%

16. Até quanto você pagaria por um despertador silencioso? (Em reais)



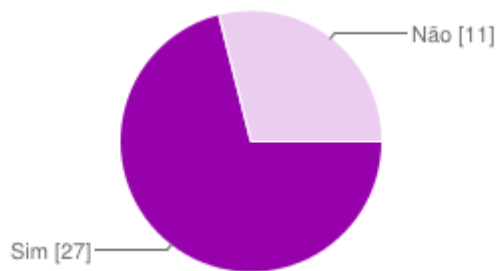
5-15	4	11%
16-30	3	8%
31-50	11	29%
51-75	4	11%
76-100	4	11%
100-150	7	18%
150-250	2	5%
Mais de 250	3	8%

17. Você compraria um despertador pela internet?



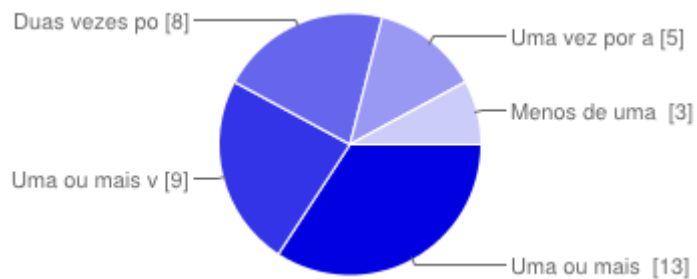
Sim	28	74%
Não	10	26%

18. Você possui tomada perto do criado mudo?



Sim	27	71%
Não	11	29%

19. Com que frequência você viaja ou dorme fora de casa?



Uma ou mais vezes por mês	13	34%
Uma ou mais vezes a cada três meses	9	24%
Duas vezes por ano	8	21%
Uma vez por ano	5	13%
Menos de uma vez por ano	3	8%

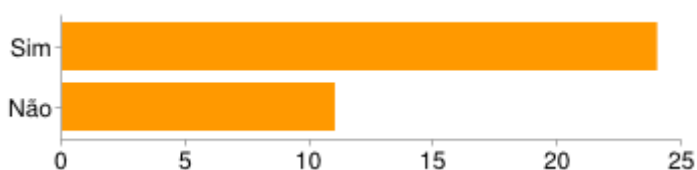
20. (Opcional) Às vezes você não consegue acordar no horário? O seu despertador às vezes não é muito bom? No espaço abaixo se sinta livre para nos contar qualquer problema que você tenha ao acordar ou alguma coisa que poderia ser melhor no seu despertador.

1. Preciso mais forte vibração.
2. Quando o compromisso não é meu, muitas vezes eu não acordo. Ou seja, se eu precisar despertar para acordar outra pessoa, eu posso não conseguir. Não consigo acordar mais cedo por que o amanhecer das 6 horas é meio escuro e gostaria de ter um despertador com luz ligando devagar sem matar de susto como uma chama de fogo.
3. Tenho despertador importado que comprei nos EUA. Ajuda bastante para me acordar e tem adaptação para deficiente auditivo. Existe outros aparelhos de despertados foram exagerados e muitos complementados que não gosto e fico muito desconfortável. Prefiro despertador vibrador simples e grande qualidade com tecnologia facilidade de mexer.
4. Como é despertador de celular, ele para após um minuto e depois toca de novo a cada 5 minutos. Acho que deveria ter toque contínuo, pra forçar a saída da cama. Eu só uso vibração celular, algumas vezes ele não desperta e algumas vezes eu não consigo sentir, e por isso que acabo perdendo a hora.
5. Às vezes, não ouço meu despertador tocar e não acordo. Acredito que seria interessante que houvesse outra forma de fazer o despertador me acordar, mas não sei qual forma.
6. A vibração é fraca, as vezes eu senti a vibração, pois tinha um despertador importado na America do norte e tem vibração muita boa e alta sentir a tremer ao corpo. Mas aparelho muito antigo e estragado, nem técnico sabem arrumar isso e por isso jogar fora...
7. As vezes no celular eu aperto o soneca várias vezes. Acho que se o tempo de alarme fosse maior, não precisava apertar tantas vezes.

Resultados do Questionário Específico

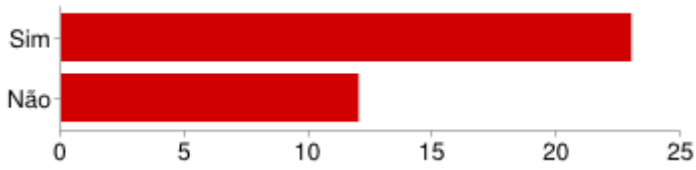
Ao comprar um despertador, você pagaria a mais para ele:

1) Ser bonito



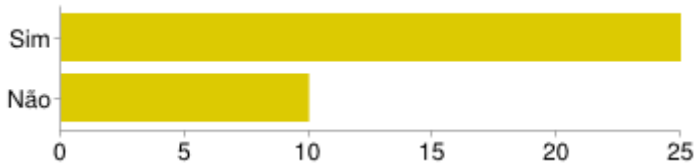
Sim	24	69%
Não	11	31%

2) Ser leve



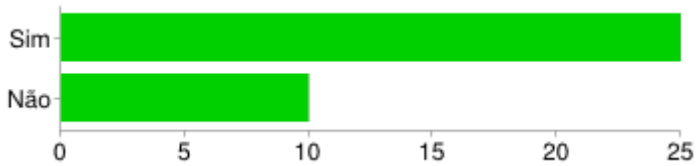
Sim	23	66%
Não	12	34%

3) Ser compacto



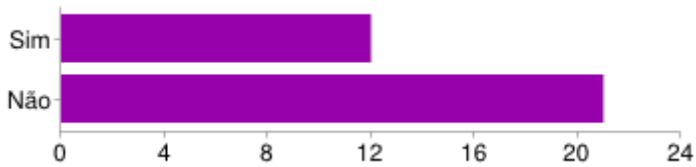
Sim	25	71%
Não	10	29%

4) Mostrar horário no criado mudo



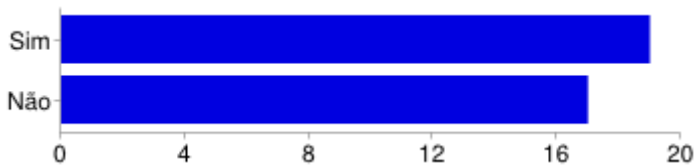
Sim	25	71%
Não	10	29%

5) Mostrar horário em uma pulseira



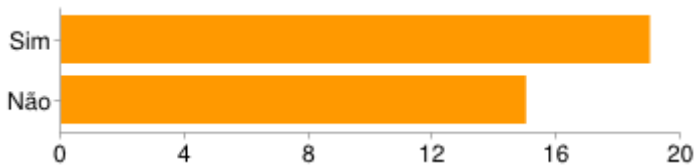
Sim	12	36%
Não	21	64%

6) Mostrar horário em um projetor no teto



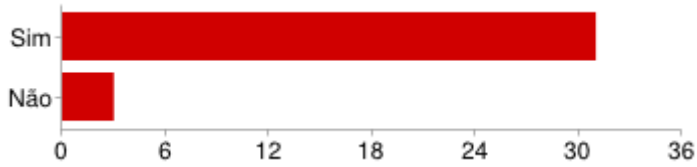
Sim	19	53%
Não	17	47%

7) Possuir design moderno



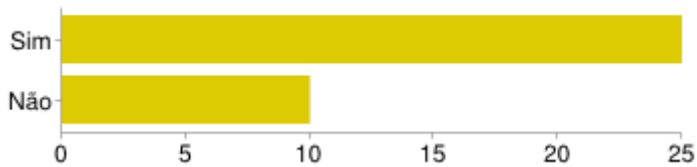
Sim	19	56%
Não	15	44%

8) Permitir fácil ajuste do despertar



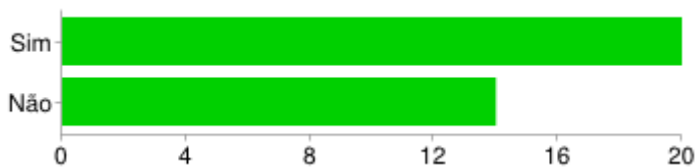
Sim	31	91%
Não	3	9%

9) Não desregular com quedas da energia



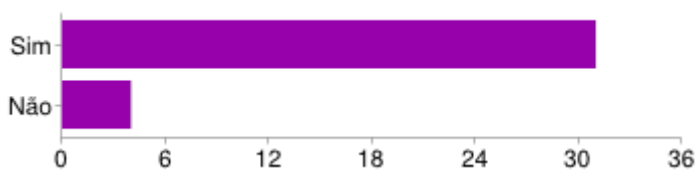
Sim	25	71%
Não	10	29%

10) Existir em modelos de cores diversas



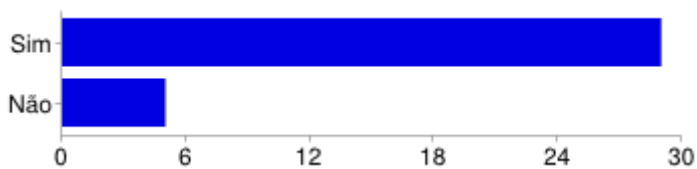
Sim	20	59%
Não	14	41%

11) Ser durável



Sim	31	89%
Não	4	11%

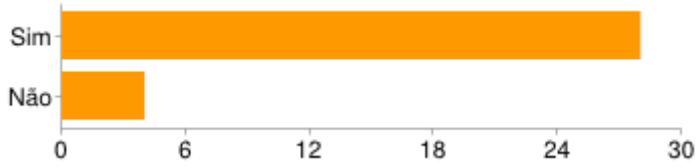
12) Ter a intensidade do alarme ajustável



Sim	29	85%
Não	5	15%

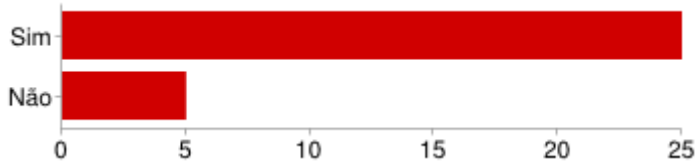
13) Possuir função soneca (snooze)

Sim	28	88%
-----	----	-----



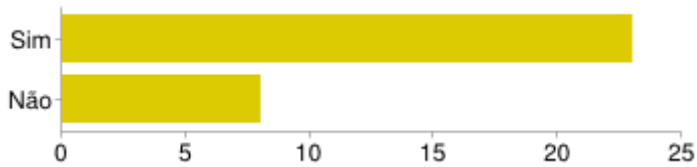
Não	4	13%
-----	---	-----

14) Ter materiais de maior qualidade



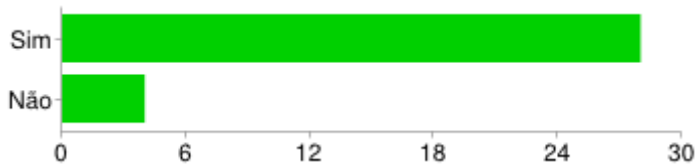
Sim	25	83%
Não	5	17%

15) Mostrar constantemente o horário marcado para despertar



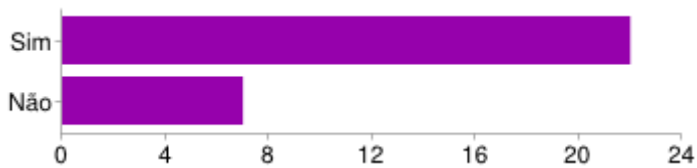
Sim	23	74%
Não	8	26%

16) Escolher os dias da semana que desperta



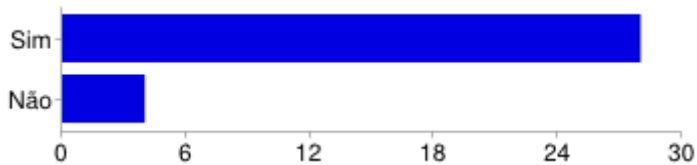
Sim	28	88%
Não	4	13%

17) Possuir alarme sonoro



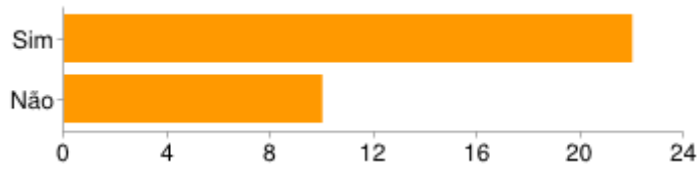
Sim	22	76%
Não	7	24%

18) Possuir alarme vibratório



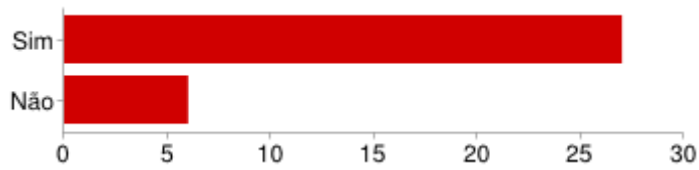
Sim	28	88%
Não	4	13%

19) Possuir alarme luminoso



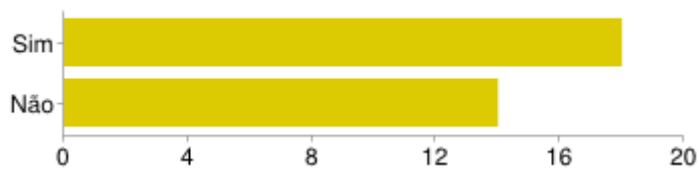
Sim	22	69%
Não	10	31%

20) Ser de fácil manutenção



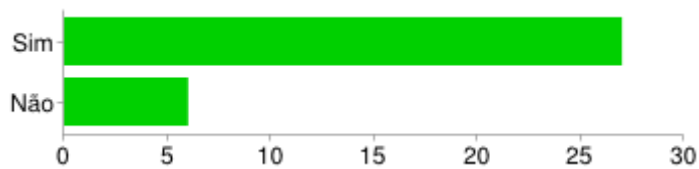
Sim	27	82%
Não	6	18%

21) Combinar com a decoração



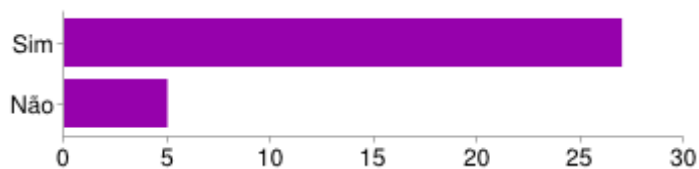
Sim	18	56%
Não	14	44%

22) Gastar pouca energia



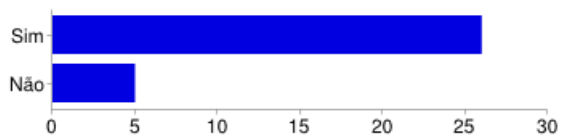
Sim	27	82%
Não	6	18%

23) Possuir ajuste de voltagem (220V e 110V)



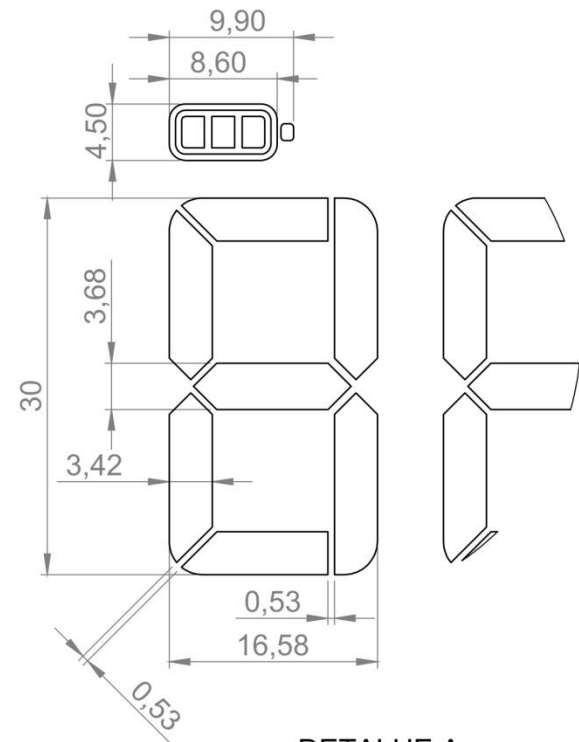
Sim	27	84%
Não	5	16%

24) Ser portátil

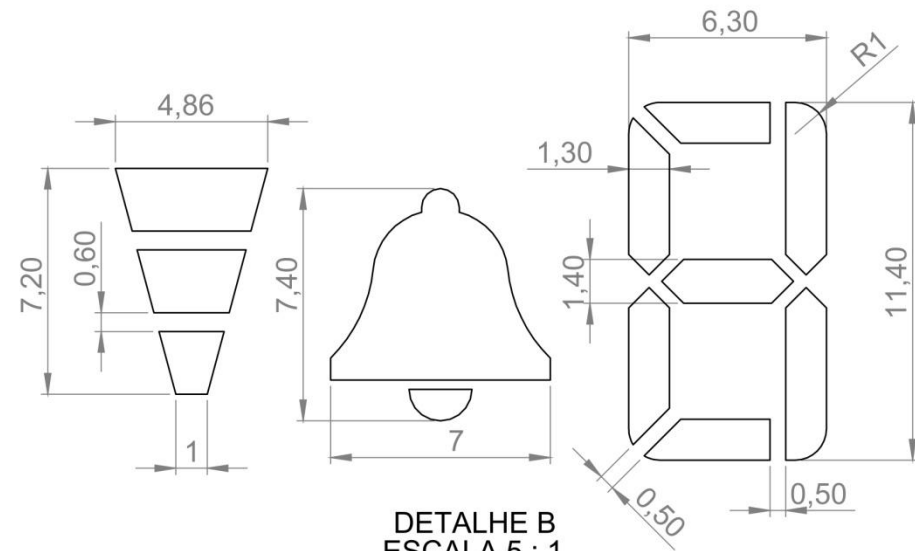


Sim	26	84%
Não	5	16%

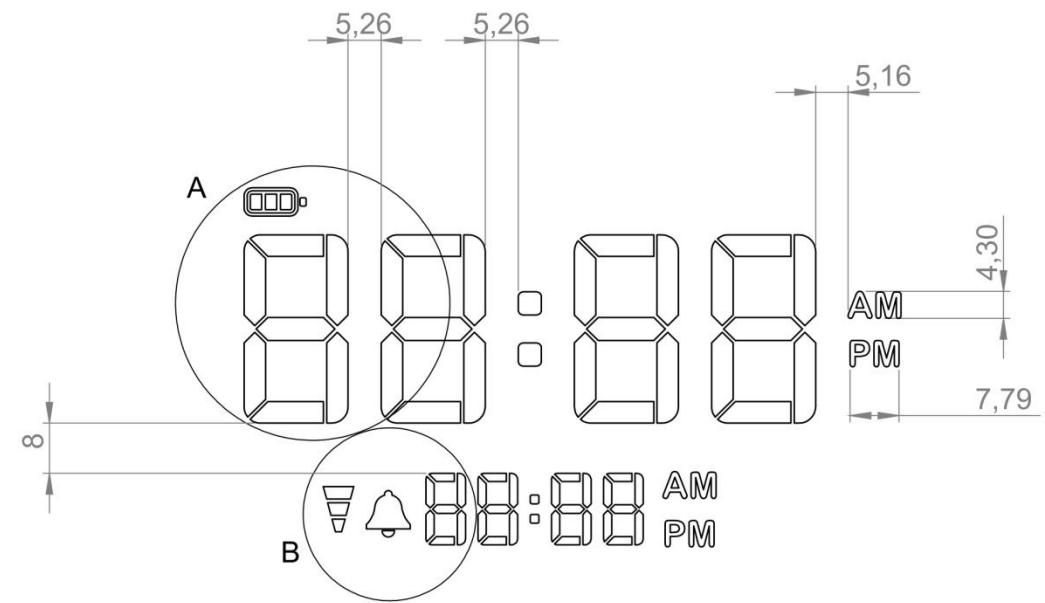
APÊNDICE C – DIMENSIONAMENTO ECRÃ LCD


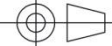


DETALHE A
ESCALA 2 : 1



DETALHE B
ESCALA 5 : 1



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		OBJ. N°	DES. N°	
		UNIDADE	mm	DATA
 PRODUTO DESPERTADOR PARA PESSOAS SURDAS	FOLHA	1/	EQUIPE	ARIEL FELIPE
	DENOMIN. PROJETO DOS SEGMENTOS DO ECRÃ	ESCALA	1:1	

APÊNDICE D – RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO FINAL DA PEÇA SUPERIOR



Descrição

Peça superior da carcaça simulada isoladamente. Força aplicada em uma área circular de 35mm de diâmetro. Espessura de parede de 3mm e sem nervuras de reforço.

Simulação da peça superior do vibrador

Data: domingo, 27 de abril de 2014
 Projetista: Felipe e Ariel
 Nome do estudo: Estudo da peça superior
 Tipo de análise: análise estática

Sumário

Descrição.....	1
Pressuposições.....	2
Informações do modelo.....	2
Propriedades do estudo.....	3
Unidades.....	3
Propriedades do material.....	4
Acessórios de fixação e Cargas	5
Informações de malha.....	6
Forças resultantes.....	7
Resultados do estudo	8

Pressuposições

A peça pode ser simulada isoladamente dos outros componentes

As superfícies de ligação com a peça inferior da carcaça é tratada como superfície fixa.


A força é distribuída uniformemente em uma área circular de diâmetro de 35mm.

O material da peça tem propriedades contínuas.

Informações do modelo



Nome do modelo: Peça 2 P3 - simulação
Configuração atual: Valor predeterminado

Corpos sólidos			
Nome e referência do documento	Tratado como	Propriedades volumétricas	Caminho/Data do documento modificado
Padrão linear2 	Corpo sólido	Massa:0.0223513 kg Volume:2.48348e-005 m ³ Densidade:900 kg/m ³ Peso:0.219043 N	C:\Users\Microsoft\Desktop\Solidworks TCC\Passos do projeto do vibrador\Peça 2 P3 - simulação haletas.SLD PRT Apr 27 18:12:00 2014


Propriedades do estudo

Nome do estudo	Estudo 1
Tipo de análise	análise estática
Tipo de malha	Malha sólida
Efeito térmico:	Ativada
Opção térmica	Incluir cargas de temperatura
Temperatura de deformação zero	298 Kelvin
Inclui efeitos da pressão de fluidos do SolidWorks SimulationXpress	Desativada
Tipo de Solver	FFEPlus
Efeito no plano:	Desativada
Mola suave:	Desativada
Atenuação inercial:	Desativada
Opções de união incompatíveis	Automática
Grande deslocamento	Ativada
Calcular forças de corpo livre	Ativada
Atrito	Desativada
Usar método adaptável:	Desativada
Pasta de resultados	Documento do SolidWorks (C:\Users\Microsoft\Desktop\Solidworks TCC\Passos do projeto do vibrador)


Unidades

Sistema de unidades:	SI (MKS)
Comprimento/Deslocamento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidade angular	Rad/s
Pressão/Tensão	N/m ²

Propriedades do material

Referência do modelo	Propriedades	Componentes
	<p>Nome: PP Copolímero (1) Tipo de modelo: Isotrópico linear elástico Critério de falha predeterminado: Desconhecido Limite de escoamento: 3e+007 N/m² Resistência à tração: 3e+007 N/m² Módulo elástico: 1.1e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.45 Massa específica: 900 kg/m³ Módulo de cisalhamento: 3.158e+008 N/m²</p>	<p>Corpo sólido 1(Padrão linear2)(Peça 2 P3 - simulação)</p>
Dados da curva:N/A		

Acessórios de fixação e Cargas

Nome do acessório de fixação	Imagem de acessório de fixação	Detalhes de acessório de fixação		
Fixo-1		Entidade: 5 face(s) Tipo: Geometria fixa		
Forças resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Força de reação(N)	-0.12702	429.783	-0.061322	429.783
Momento de reação(N-m)	0	0	0	0

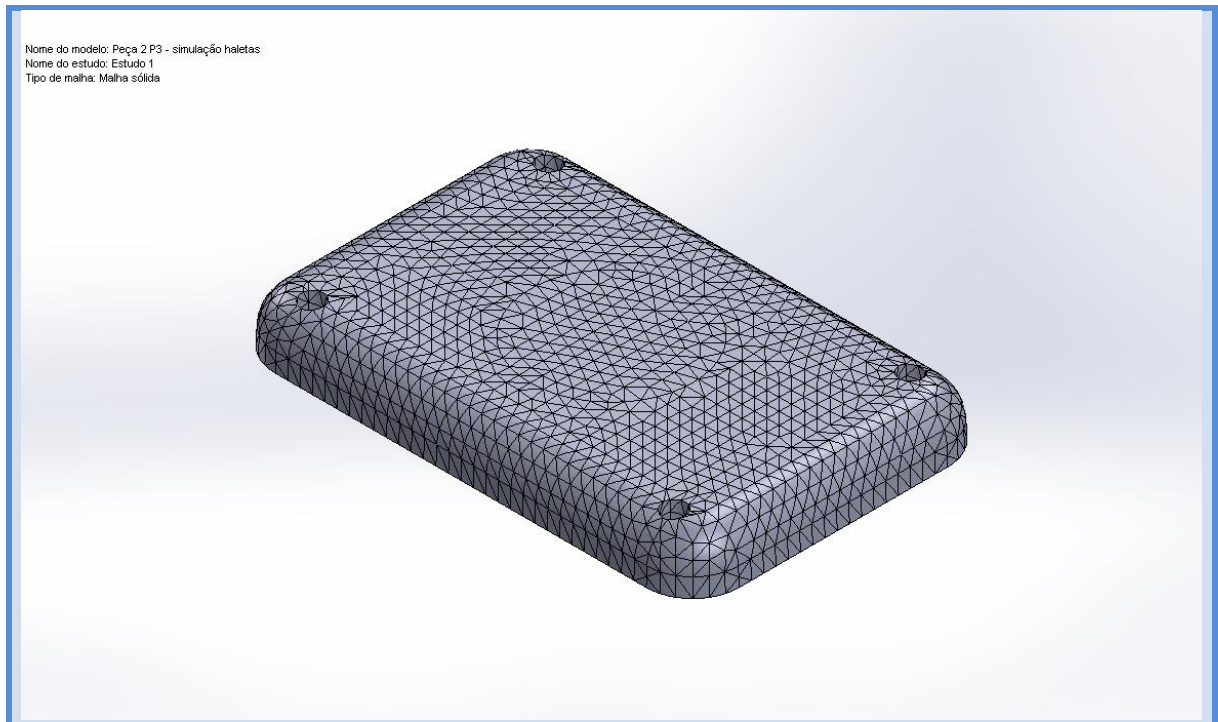
Nome da carga	Carregar imagem	Detalhes de carga
Força-1		Entidade: 1 face(s) Tipo: Aplicar força normal Valor: 430 N

Informações de malha

Tipo de malha	Malha sólida
Gerador de malhas usado:	Malha padrão
Transição automática:	Desativada
Incluir loops de malha automáticos:	Desativada
Pontos Jacobianos	4 Pontos
Tamanho do elemento	2.72242 mm
Tolerância	0.136121 mm
Qualidade da malha	Alta

Informações de malha - Detalhes

Total de nós	21258
Total de elementos	11785
Proporção máxima	12.052
% de elementos com Proporção < 3	96.3
% de elementos com Proporção < 10	0.017
% de elementos distorcidos(Jacobiana)	0
Tempo para conclusão da malha (hh:mm:ss):	00:00:02
Nome do computador:	BRUNO-PC



Forças resultantes

Forças de reação

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N	-0.12702	429.783	-0.061322	429.783

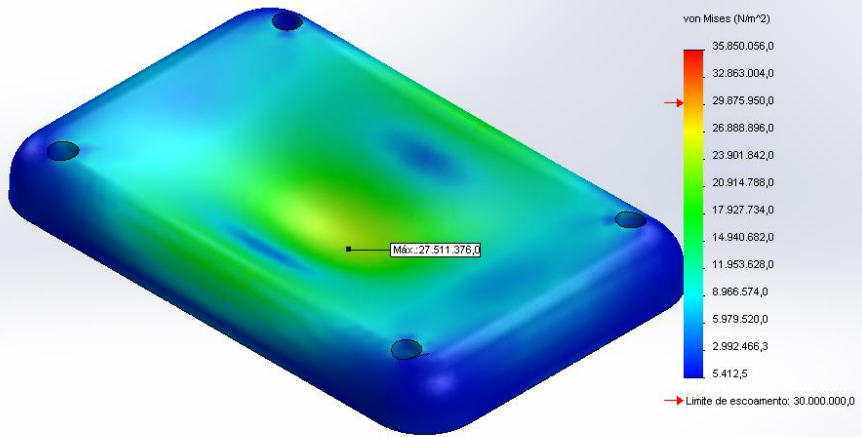
Momentos de reação

Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N·m	0	0	0	0

Resultados do estudo

Nome	Tipo	Mín	Máx.
Tensão1	VON: tensão de von Mises	2771.09 N/m ² Nó: 1650	2.75114e+007 N/m ² Nó: 1013

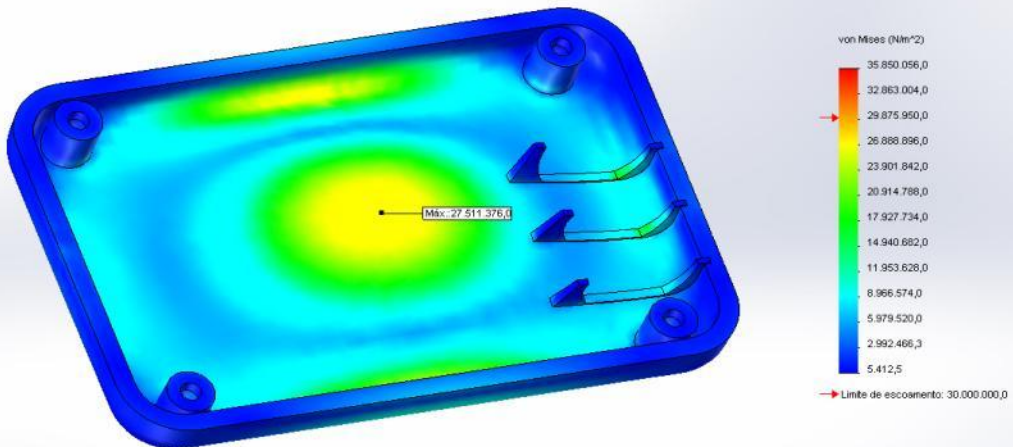
Nome do modelo: Peça 2 P3 - simulação haletas
 Nome do estudo: Estudo 1
 Tipo de plotagem: análise estática tensão nodal Tensão1
 Escala de distorção: 3.72449



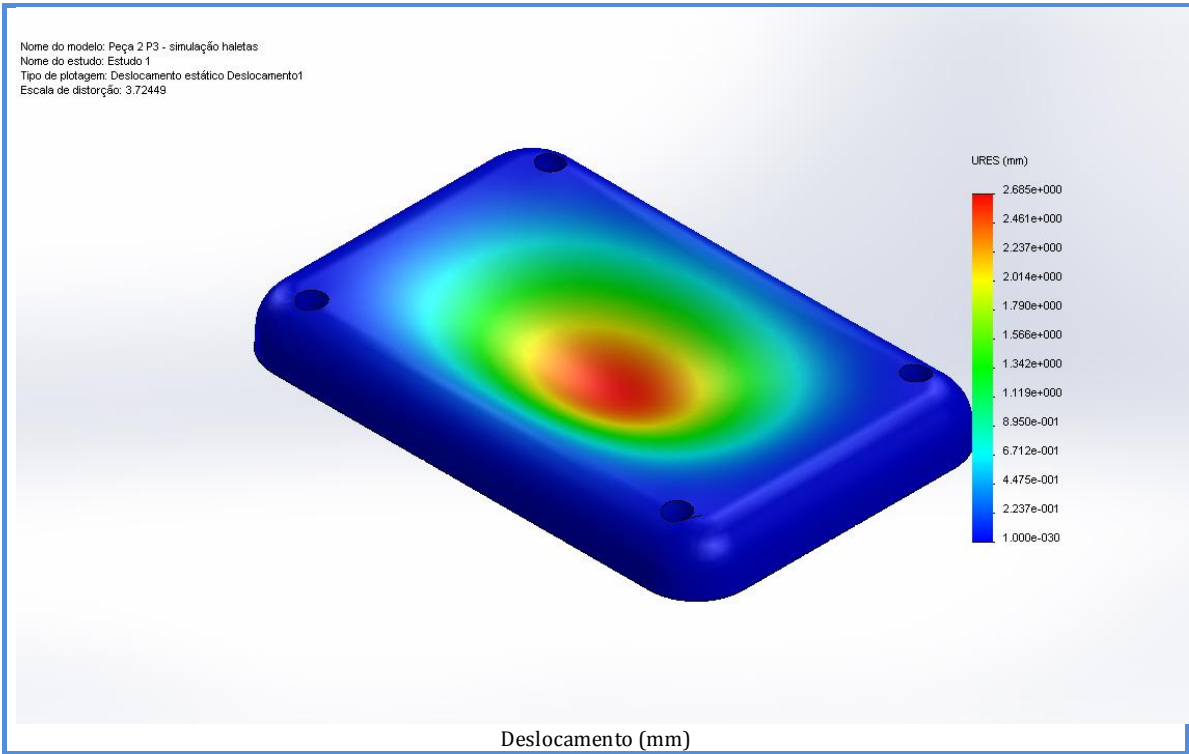
Tensão de von Mises

Nome	Tipo	Mín	Máx.
Deslocamento1	URES: Deslocamento resultante	0 mm Nó: 143	2.68493 mm Nó: 13630

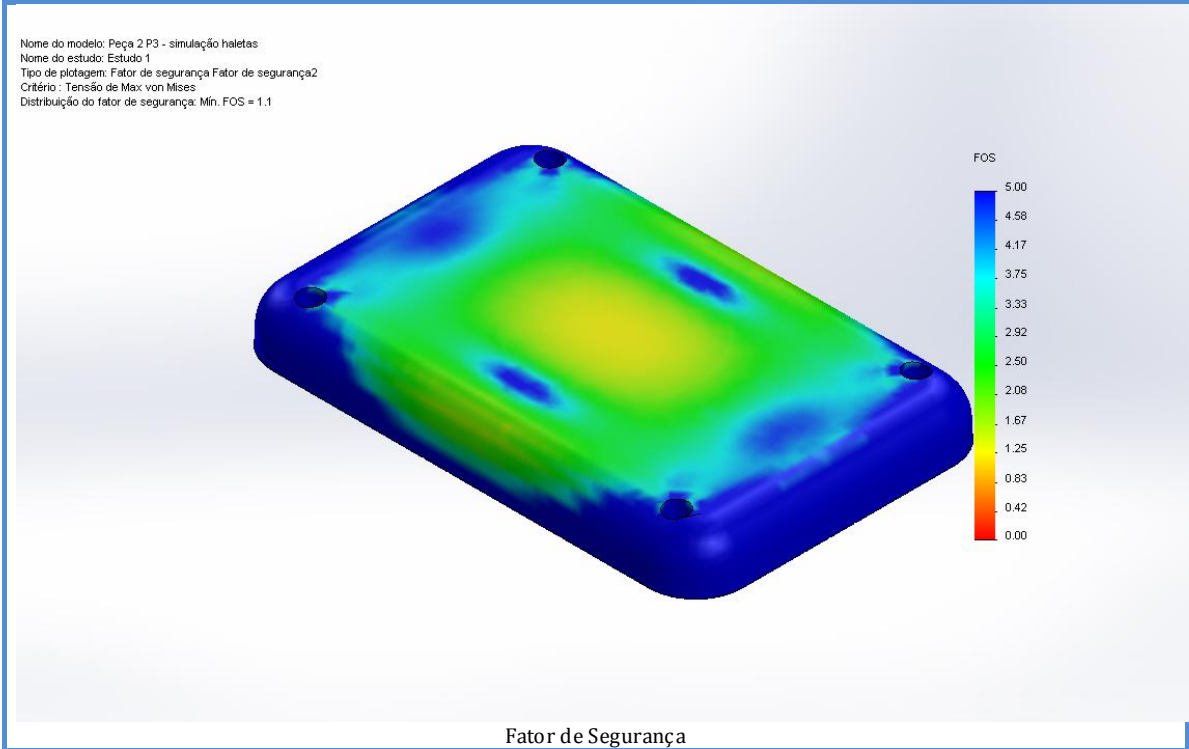
Nome do modelo: Peça 2 P3 - simulação haletas
 Nome do estudo: Estudo 1
 Tipo de plotagem: análise estática tensão nodal Tensão1
 Escala de distorção: 3.72449



Tensão de von Mises na face interna



Nome	Tipo	Mín	Máx.
Deformação1	ESTRN : Deformação equivalente	3.56179e-006 Elemento: 4615	0.0182884 Elemento: 4432



APÊNDICE E – RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DA PEÇA INFERIOR



Descrição

Sem dados

Relatório de Simulação da Carcaça Inferior

Data: domingo, 27 de abril de 2014

Projetista: Ariel e Felipe

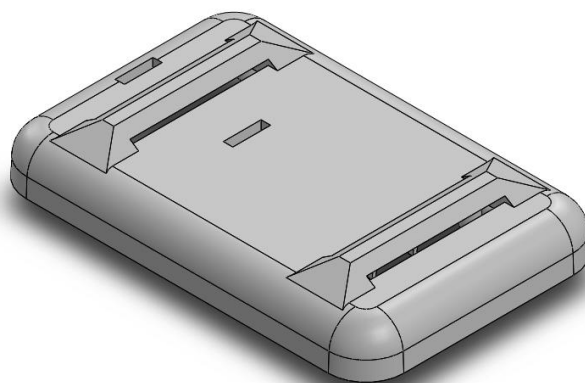
Nome do estudo: Estudo 1

Tipo de análise: análise estática

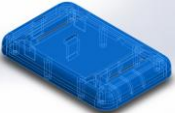
Table of Contents

Descrição.....	1
Pressuposições.....	2
Informações do modelo.....	2
Propriedades do estudo.....	3
Unidades.....	3
Propriedades do material.....	4
Acessórios de fixação e Cargas.....	5
Definições de conector.....	5
Informações de contato.....	6
Informações de malha.....	7
Detalhes do sensor.....	8
Forças resultantes.....	8
Vigas.....	9
Resultados do estudo.....	10
Conclusão.....	13

Informações do modelo



Nome do modelo: Peça 1 P5 - Haletas A
Configuração atual: Valor predeterminado

Corpos sólidos			
Nome e referência do documento	Tratado como	Propriedades volumétricas	Caminho/Data do documento modificado
Inclinação 47 	Corpo sólido	Massa:0.0233773 kg Volume:2.59748e-005 m ³ Densidade:900 kg/m ³ Peso:0.229097 N	C:\Users\Microsoft\Desktop\Solidworks TCC\Peça 1 P5 - Haletas A.SLDPRT Apr 27 15:07:29 2014


Propriedades do estudo

Nome do estudo	Estudo 1
Tipo de análise	análise estática
Tipo de malha	Malha sólida
Efeito térmico:	Ativada
Opção térmica	Incluir cargas de temperatura
Temperatura de deformação zero	298 Kelvin
Inclui efeitos da pressão de fluidos do SolidWorks SimulationXpress	Desativada
Tipo de Solver	FFEPlus
Efeito no plano:	Desativada
Mola suave:	Desativada
Atenuação inercial:	Desativada
Opções de união incompatíveis	Automática
Grande deslocamento	Ativada
Calcular forças de corpo livre	Ativada
Atrito	Desativada
Usar método adaptável:	Desativada
Pasta de resultados	Documento do SolidWorks (C:\Users\Microsoft\Desktop\Solidworks TCC)

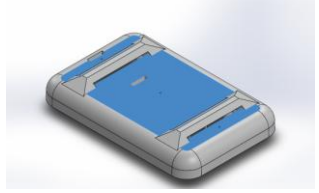
Unidades


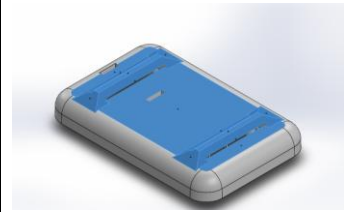
Sistema de unidades:	SI (MKS)
Comprimento/Deslocamento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidade angular	Rad/s
Pressão/Tensão	N/m ²

Propriedades do material

Referência do modelo	Propriedades	Componentes
	<p>Nome: PP Copolímero (1) Tipo de modelo: Isotrópico linear elástico Critério de falha predeterminado: Desconhecido Limite de escoamento: 3e+007 N/m² Resistência à tração: 3e+007 N/m² Módulo elástico: 1.1e+009 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.45 Massa específica: 900 kg/m³ Módulo de cisalhamento: 3.158e+008 N/m²</p>	<p>Corpo sólido 1(Inclinação047)(Peça 1 P5 - Haletas A)</p>
Dados da curva:N/A		

Acessórios de fixação e Cargas

Nome do acessório de fixação	Imagem de acessório de fixação	Detalhes de acessório de fixação		
Fixo-1		<p>Entidade: 3 face(s) Tipo: Geometria fixa</p>		
Forças resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Força de reação(N)	-0.00312734	-14.0324	-0.00436175	14.0324
Momento de reação(N-m)	0	0	0	0

Nome da carga	Carregar imagem	Detalhes de carga
Força-1		<p>Entidade: 5 face(s) Tipo: Aplicar força normal Valor: 430 N</p>
Força-2		<p>Entidade: 13 face(s) Tipo: Aplicar força normal Valor: 430 N</p>

Informações de malha

Tipo de malha	Malha sólida
Gerador de malhas usado:	Malha padrão
Transição automática:	Desativada
Incluir loops de malha automáticos:	Desativada
Pontos Jacobianos	16 Pontos
Tamanho do elemento	2.88787 mm
Tolerância	0.144393 mm
Qualidade da malha	Alta

Informações de malha - Detalhes

Total de nós	25000
Total de elementos	13531
Proporção máxima	14.221
% de elementos com Proporção < 3	90.4
% de elementos com Proporção < 10	0.214
% de elementos distorcidos(Jacobiana)	0
Tempo para conclusão da malha (hh:mm:ss):	00:00:04
Nome do computador:	BRUNO-PC

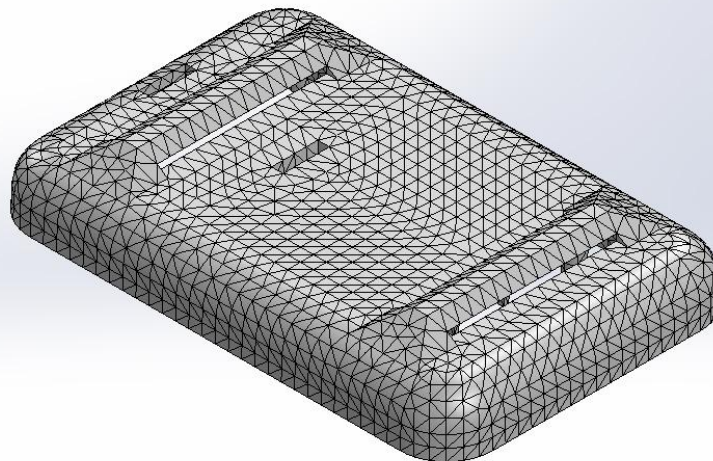
Informações de malha

Tipo de malha	Malha sólida
Gerador de malhas usado:	Malha padrão
Transição automática:	Desativada
Incluir loops de malha automáticos:	Desativada
Pontos Jacobianos	16 Pontos
Tamanho do elemento	2.88787 mm
Tolerância	0.144393 mm
Qualidade da malha	Alta

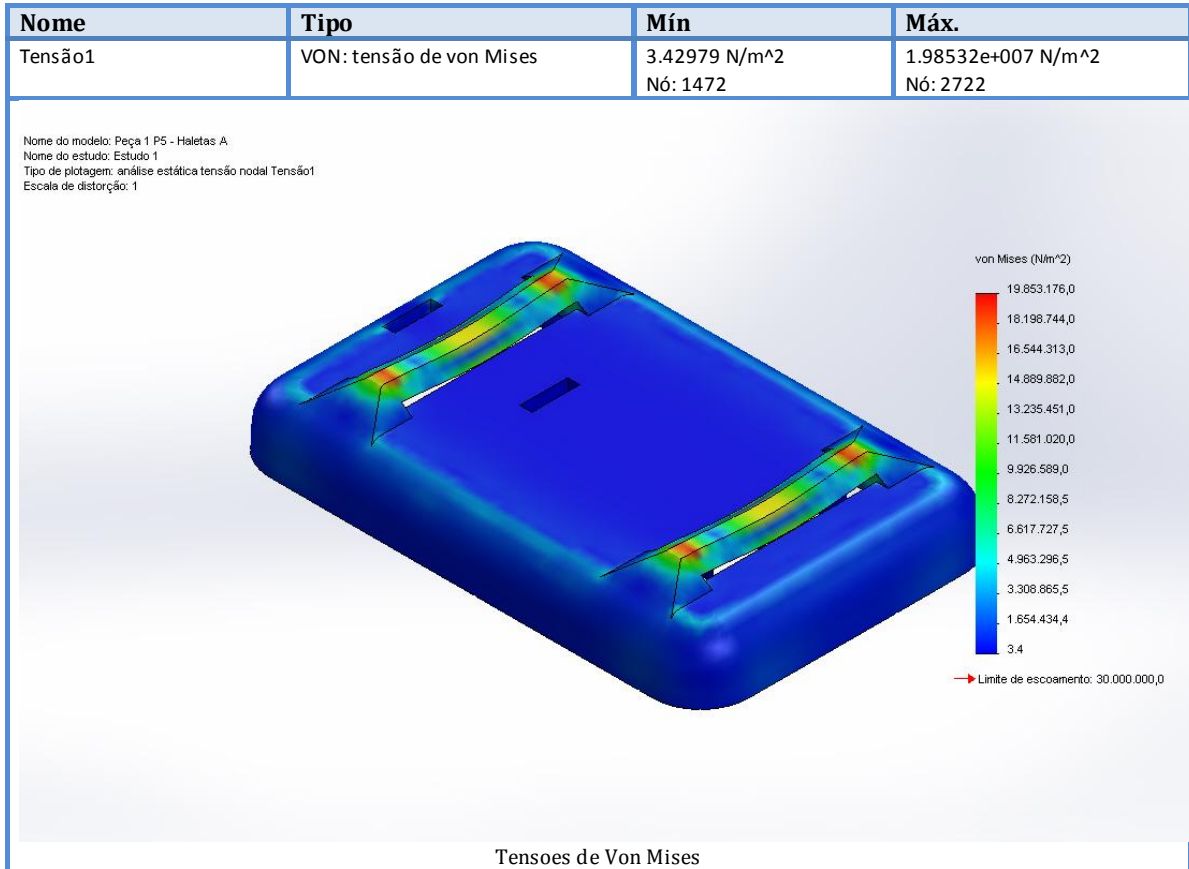
Informações de malha - Detalhes

Total de nós	25000
Total de elementos	13531
Proporção máxima	14.221
% de elementos com Proporção < 3	90.4
% de elementos com Proporção < 10	0.214
% de elementos distorcidos(Jacobiana)	0
Tempo para conclusão da malha (hh:mm:ss):	00:00:04
Nome do computador:	BRUNO-PC

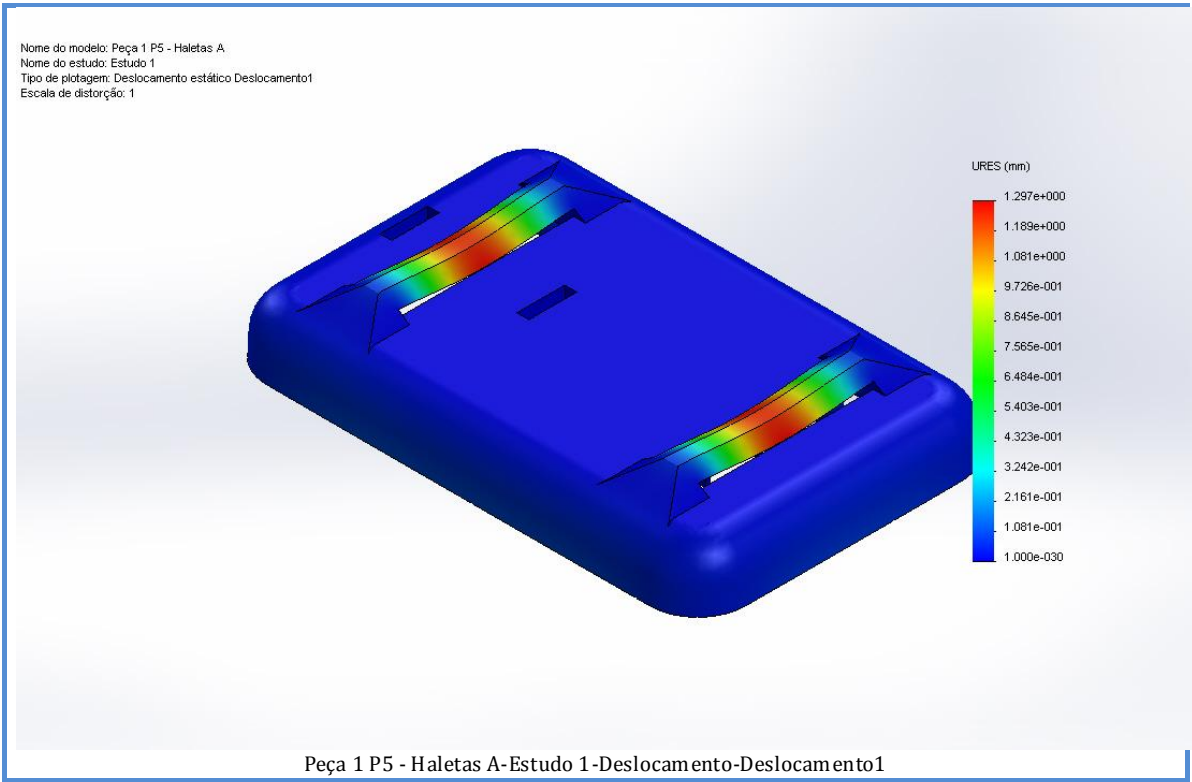
Nome do modelo: Peça 1 P5 - Haletas A
 Nome do estudo: Estudo 1
 Tipo de malha: Malha sólida



Resultados do estudo

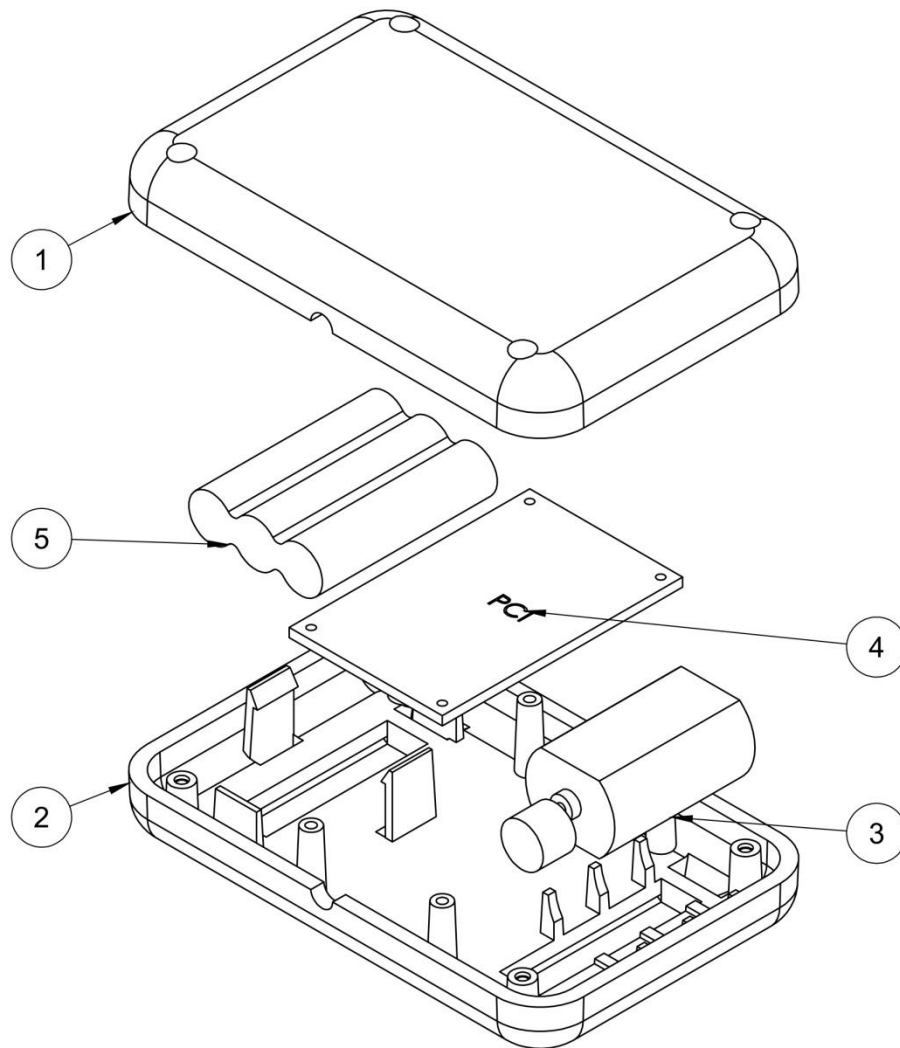


Nome	Tipo	Mín	Máx.
Deslocamento1	URES: Deslocamento resultante	0 mm Nó: 5	1.29682 mm Nó: 7017





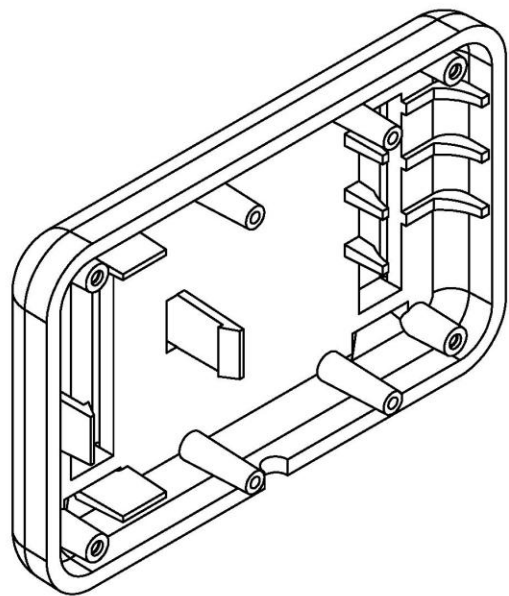
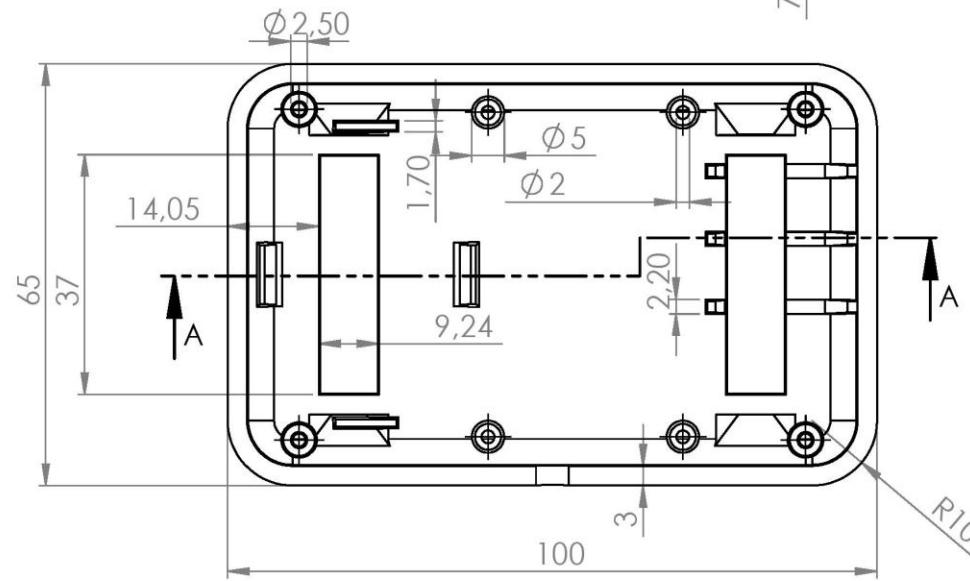
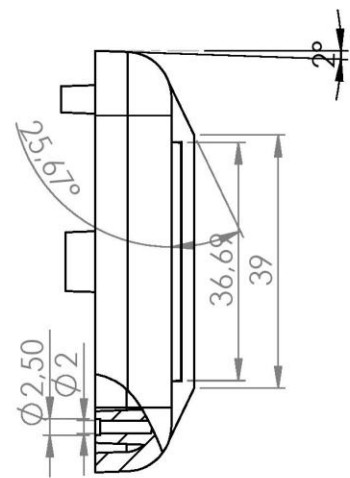
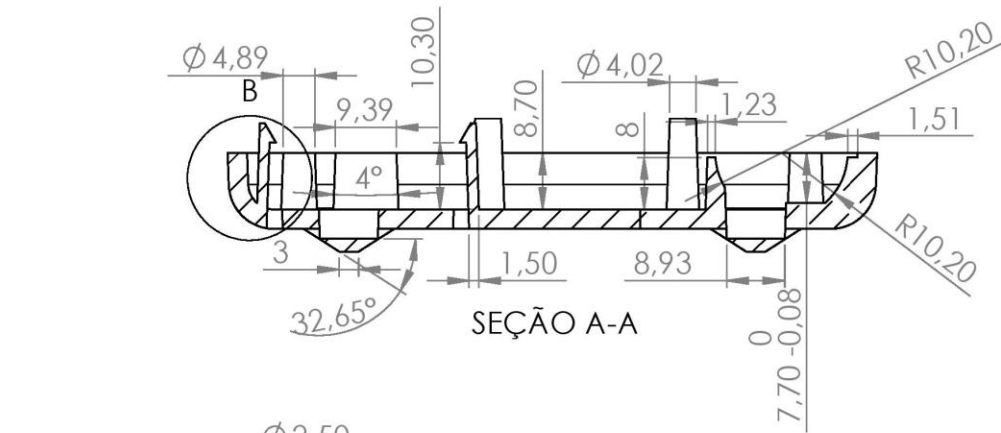
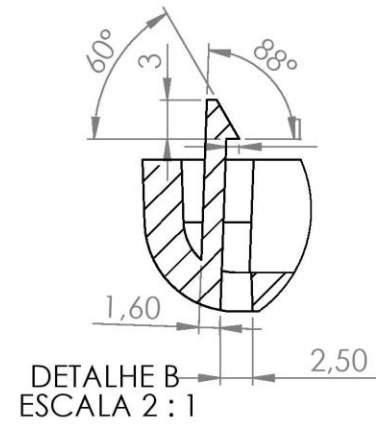
Nome	Tipo
Deslocamento1{1}	Forma deformada

APÊNDICE F – PROJETO DETALHADO

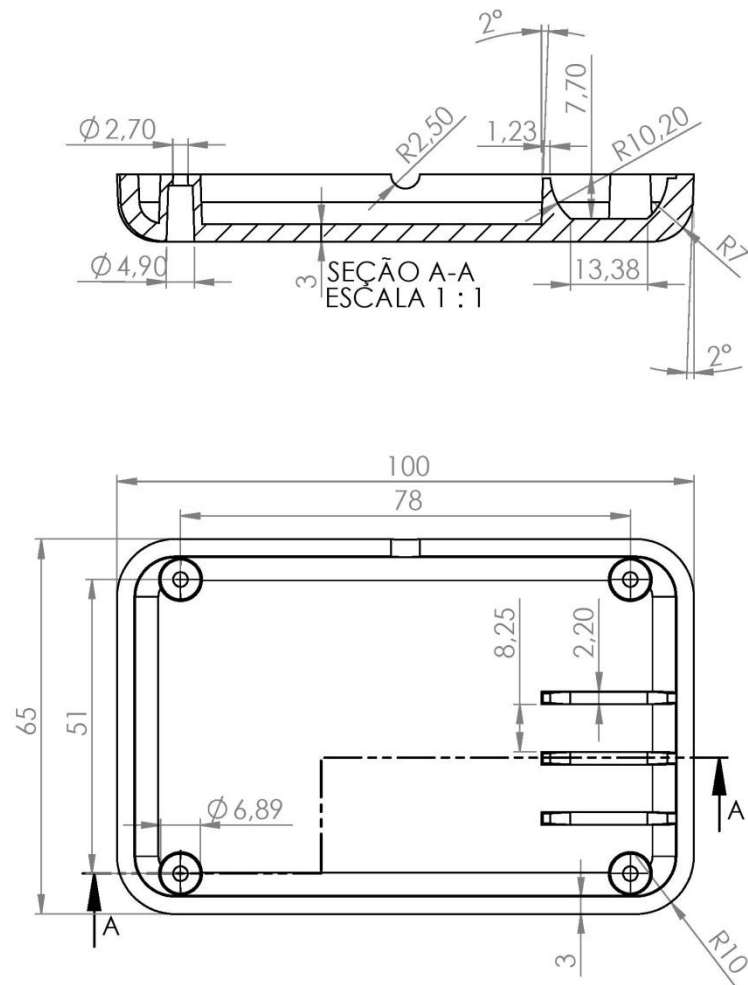


Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
1	MV-01a	Carcaça Superior	1
2	MV-01b	Carcaça Inferior	1
3	MV-02	Motor Vibrador	1
4	MV-04	Conjunto Placa de Circuito Impresso	1
5	MV-03	Pack de 3 baterias Nim«MH AAA 1000 mAh	1

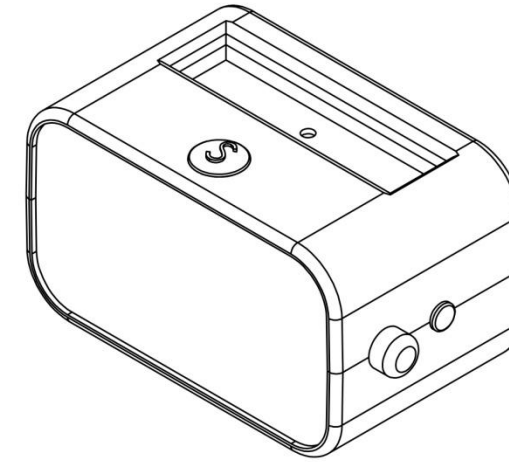
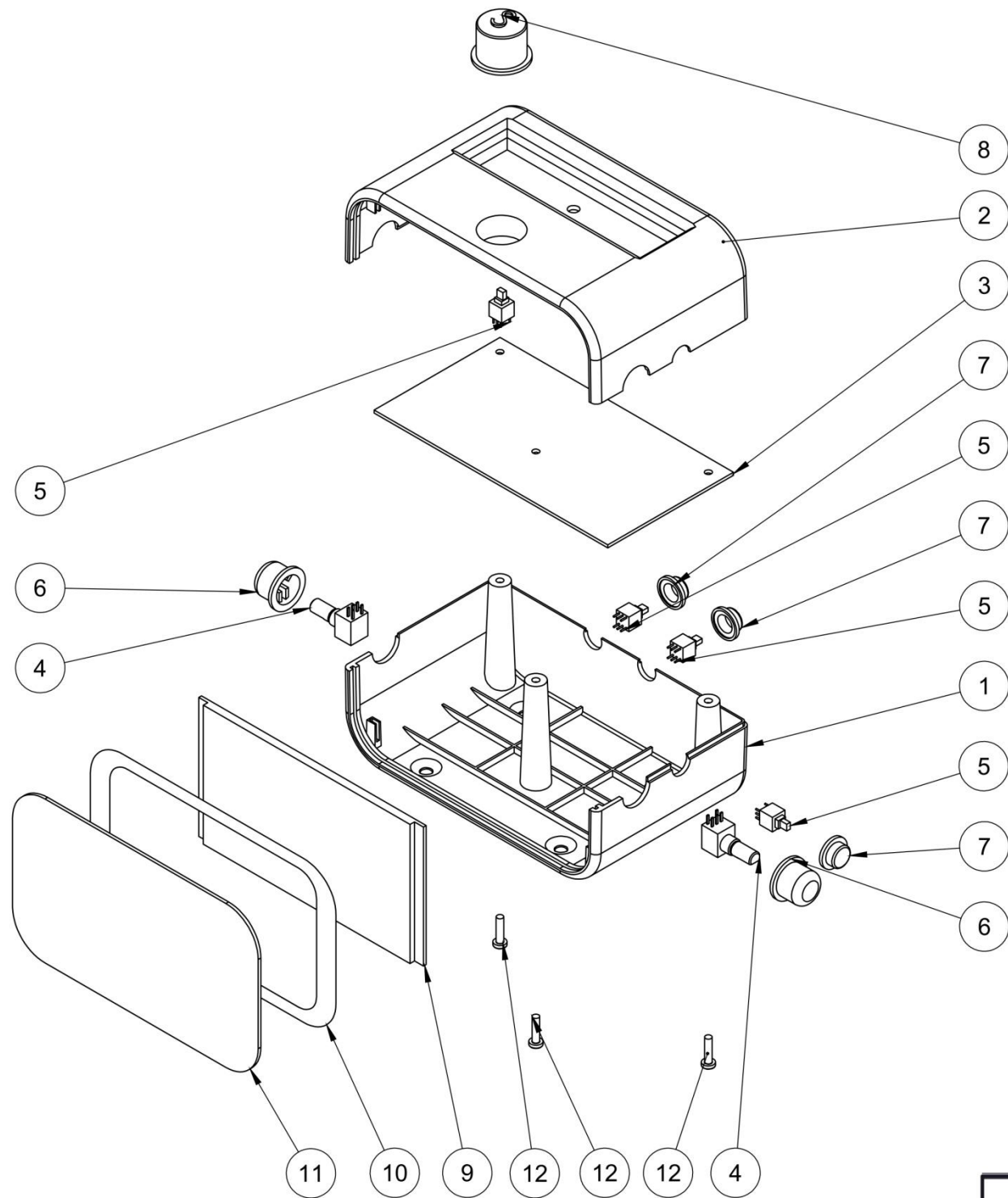
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		OBJ. Nº	DES. Nº	1	
		UNIDADE	mm	DATA	04/2014
	PRODUTO	DESPERTADOR PARA PESSOAS SURDAS		EQUIPE	ARIEL FELIPE
	DENOMIN.	MONTAGEM DO MODULO VIBRADOR			
		FOLHA	1/		
		ESCALA	1:1		





UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		OBJ. N°	DES. N°	2
		UNIDADE	DATA	04/2014
PRODUTO		FOLHA	EQUIPE	ARIEL FELIPE
DESPERTADOR PARA PESSOAS SURDAS		ESCALA	1:1	
DENOMIN.		CARCAÇA INFERIOR		

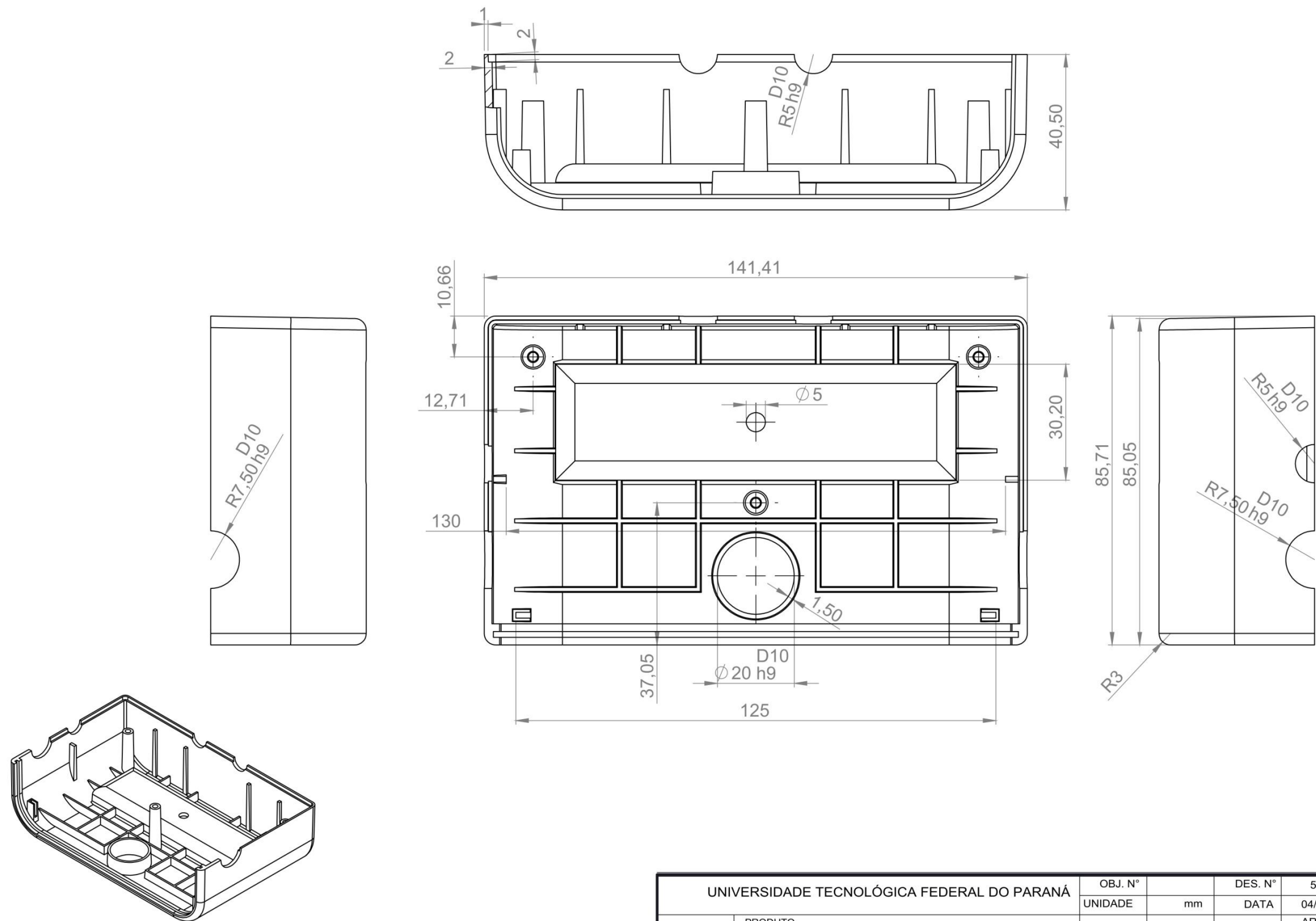


UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		OBJ. N°	DES. N°	3
		UNIDADE	DATA	04/2014
PRODUTO	DESPERTADOR PARA PESSOAS SURDAS	FOLHA	EQUIPE	ARIEL FELIPE
DENOMIN.	PROJETO DOS SEGMENTOS DO ECRÃ	ESCALA	1:1	

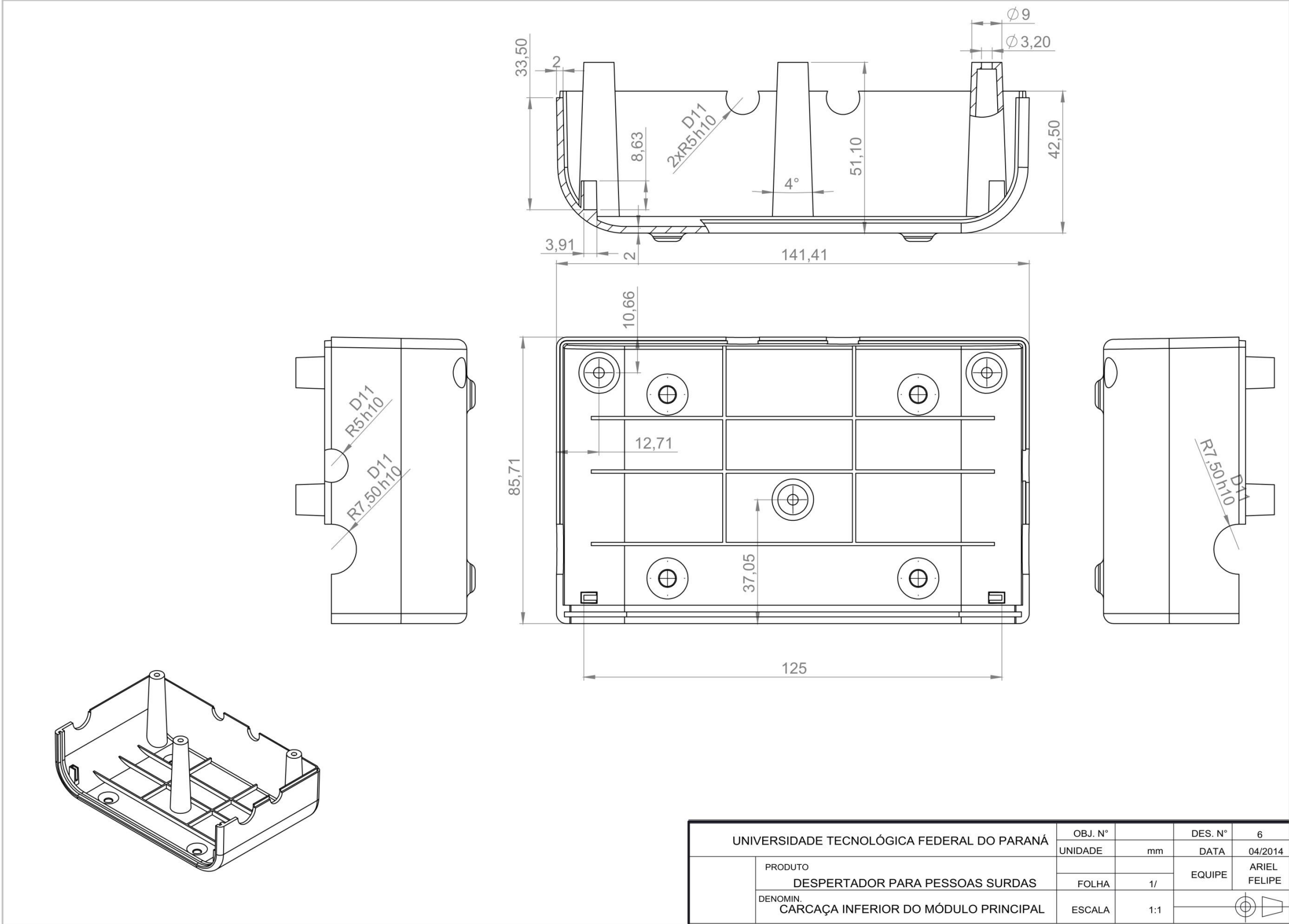


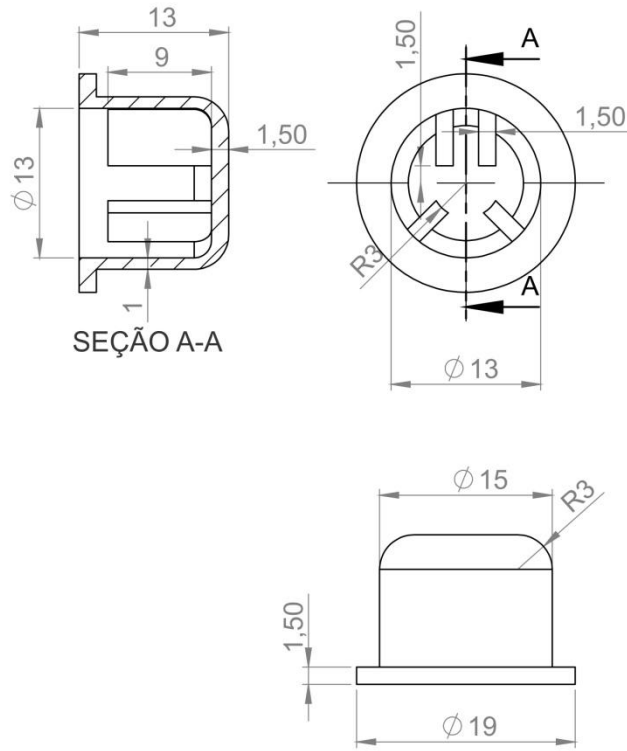
Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
1	MP-01a	Carcaça Superior	1
2	MP-01b	Carcaça inferior	1
3	MP03	Conjunto placa de circuito impresso	1
4	MP-04	Encoder rotatório com botão de pressão integrado	2
5	MP-05	Botão de pressão	4
6	MP-09	Manípulo do encoder rotatório	2
7	MP-10	Manípulo dos botões de pressão	3
8	MP-11	Manípulo do botão Soneca	1
9	MP-06	Ecrã LCD montado em PCI 125x67	1
10	MP-12	Máscara adesiva	1
11	MP-02	Protetor para o ecrã	1
12	MP-13	Parafuso DIN 7500 - AE - M3X12	3

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		OBJ. Nº	DES. Nº	4
 PRODUTO DESPERTADOR PARA PESSOAS SURDAS DENOMIN. MONTAGEM MÓDULO PRINCIPAL	UNIDADE	mm	DATA	04/2014
	FOLHA	1/	EQUIPE	ARIEL FELIPE
	ESCALA	1:2		

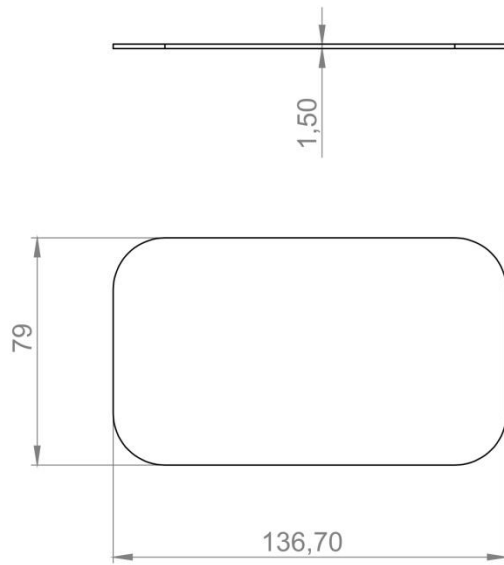


UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		OBJ. N°	DES. N°	5
PRODUTO		UNIDADE	DATA	04/2014
DESPERTADOR PARA PESSOAS SURDAS		FOLHA	EQUIPE	ARIEL FELIPE
DENOMIN.		ESCALA	1:1	
CARÇAÇA SUPERIOR DO MÓDULO PRINCIPAL				

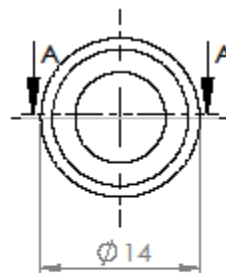
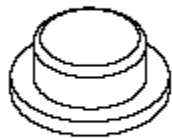
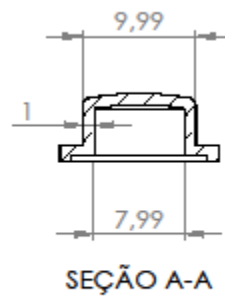




UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		OBJ. N°	DES. N°	7
		UNIDADE	DATA	04/2014
PRODUTO		EQUIPE		ARIEL
DESPERTADOR PARA PESSOAS SURDAS		FOLHA	FELIPE	
DENOMIN.		ESCALA		
MANÍPULO DO ENCODER ROTATÓRIO		2:1		



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		OBJ. N°	DES. N°	8
PRODUTO		UNIDADE	DATA	04/2014
DESPERTADOR PARA PESSOAS SURDAS		FOLHA	EQUIPE	ARIEL FELIPE
DENOMIN:		ESCALA		
PROTETOR DE ECRÃ		1:2		



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		OBJ. N°	DES. N°	9
PRODUTO		UNIDADE	DATA	04/2014
DESPERTADOR PARA PESSOAS SURDAS		FOLHA	EQUIPE	ARIEL FELIPE
DENOMIN.		ESCALA		
MANIPULO DO BOTÃO DE PRESSÃO		2:1		

APÊNDICE G – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Título da pesquisa: Desenvolvimento de Projeto e Protótipo de Dispositivo para Despertar Surdos
Pesquisadores, com endereços e telefones:

Ariel Gandelman

Felipe H. Mendes

Orientador responsável: Prof. David Kretschek; M. Eng

Local de realização da pesquisa: Residência do voluntário

A) INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE

1. Apresentação da pesquisa.

Esta pesquisa está sendo realizada por alunos do Curso de Engenharia Industrial Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

2. Objetivos da pesquisa.

A pesquisa visa obter informações que permitam projetar e desenvolver um protótipo de um dispositivo para despertar pessoas surdas.

3. Participação na pesquisa.

A participação do voluntário nesta pesquisa irá consistir no uso do protótipo como dispositivo despertador por uma noite. O voluntário deverá no dia seguinte ao uso relatar sua experiência nos quesitos de usabilidade, conforto, aspecto e eficiência. Em caso de dificuldades com o uso do dispositivo, poderá contatar a equipe de projeto para sanar suas dúvidas ou desistir do teste a qualquer momento.

4. Confidencialidade.

Os voluntários participantes do teste com protótipos terão sua identidade protegida e os dados serão confidenciais garantido pela equipe de desenvolvimento do projeto.

5. Desconfortos, Riscos e Benefícios.

Desconfortos: O sono do voluntário poderá ser prejudicado por desconforto causado pelo dispositivo posicionado embaixo do travesseiro.

Riscos: Choques elétricos de baixa intensidade

Benefícios: O produto a ser desenvolvido pretende aumentar a qualidade de vida das pessoas surdas

6. Critérios de inclusão e exclusão.

6a) Inclusão: Para fazer parte da amostra o voluntário deve ser uma pessoa surda

6b) Exclusão: Não ser uma pessoa surda ou possuir sono muito leve

7. Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo.

A qualquer momento o voluntário poderá deixar a pesquisa sem alguma penalização. Também é dever da equipe do projeto prestar quaisquer esclarecimentos sobre as etapas da pesquisa.

8. Ressarcimento ou indenização.

Qualquer dano causado pelo equipamento durante a realização do teste será ressarcido ou indenizado pela equipe do projeto.

B) CONSENTIMENTO

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação direta na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos e benefícios deste estudo.

Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, livre e voluntariamente, participar deste estudo. Estou consciente que posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Nome completo: _____

RG: _____ Data de Nascimento: __/__/____ Telefone: _____

Endereço: _____

CEP: _____ Cidade: _____ Estado: _____

Assinatura: _____ Data: __/__/____

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Assinatura pesquisador: _____ Data: _____
(ou seu representante)

Nome completo: Ariel Gandelman

Assinatura pesquisador: _____ Data: _____
(ou seu representante)

Nome completo: Felipe Hecke Mendes

Para todas as questões relativas ao estudo ou para se retirar do mesmo, poderão se comunicar com David Kretschek, via e-mail: davidk@utfpr.edu.br ou telefone: 3310-4774.

Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa para recurso ou reclamações do sujeito pesquisado

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR)

REITORIA: Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, telefone: 3310-4943, e-mail: coep@utfpr.edu.br

OBS: este documento deve conter duas vias iguais, sendo uma pertencente ao pesquisador e outra ao sujeito de pesquisa.

ANEXO A – AS 10 HEURÍSTICAS DE NIELSEN

1 Visibility of system status

The system should always keep users informed about what is going on, through appropriate feedback within reasonable time.

2 Match between system and the real world

The system should speak the users' language, with words, phrases and concepts familiar to the user, rather than system-oriented terms. Follow real-world conventions, making information appear in a natural and logical order.

3 User control and freedom

Users often choose system functions by mistake and will need a clearly marked "emergency exit" to leave the unwanted state without having to go through an extended dialogue. Support undo and redo.

4 Consistency and standards

Users should not have to wonder whether different words, situations, or actions mean the same thing. Follow platform conventions.

5 Error prevention

Even better than good error messages is a careful design which prevents a problem from occurring in the first place. Either eliminate error-prone conditions or check for them and present users with a confirmation option before they commit to the action.

6 Recognition rather than recall

Minimize the user's memory load by making objects, actions, and options visible. The user should not have to remember information from one part of the dialogue to another. Instructions for use of the system should be visible or easily retrievable whenever appropriate.

7 Flexibility and efficiency of use

Accelerators -- unseen by the novice user -- may often speed up the interaction for the expert user such that the system can cater to both inexperienced and experienced users. Allow users to tailor frequent actions.

8 Aesthetic and minimalist design

Dialogues should not contain information which is irrelevant or rarely needed. Every extra unit of information in a dialogue competes with the relevant units of information and diminishes their relative visibility.

9 Help users recognize, diagnose, and recover from errors

Error messages should be expressed in plain language (no codes), precisely indicate the problem, and constructively suggest a solution.

10 Help and documentation

Even though it is better if the system can be used without documentation, it may be necessary to provide help and documentation. Any such information should be easy to search, focused on the user's task, list concrete steps to be carried out, and not be too large.

Fonte: Nielsen (1994)

ANEXO B – DATASHEET DO MOTOR VIBRADOR

320-102



20mm Vibration Motor - 32mm Type
Shown on 6mm Isometric Grid



Product Data Sheet Uni Vibe™ 20mm Vibration Motor - 32mm Type

Model: 320-102

Ordering Information

The model number 320-102 fully defines the model, variant and additional features of the product. Please quote this number when ordering.
For stocked types, testing and evaluation samples can be ordered directly through our online store.

Datasheet Versions

It is our intention to provide our customers with the best information available to ensure the successful integration between our products and your application. Therefore, our publications will be updated and enhanced as improvements to the data and product updates are introduced.

To obtain the most up-to-date version of this datasheet, please visit our website at: www.precisionmicrodrives.com

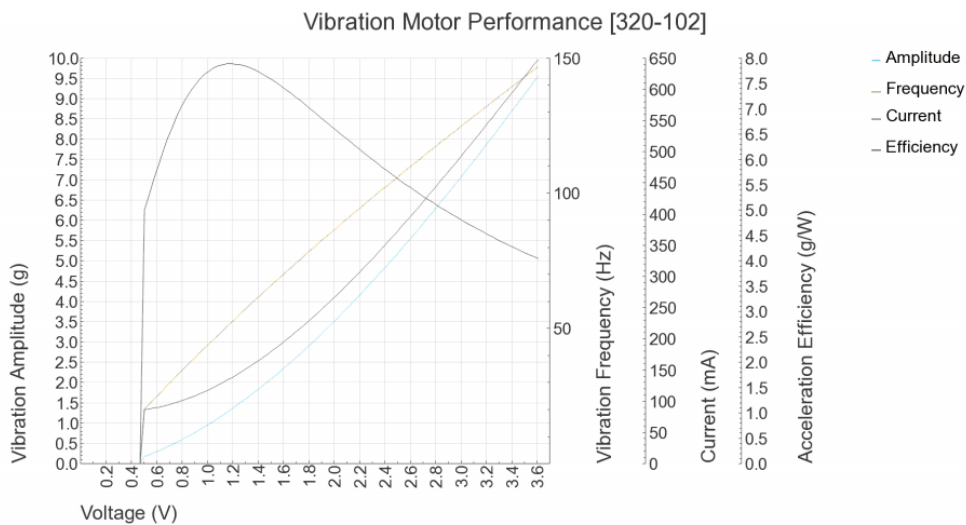
The version number of this datasheet can be found on the bottom left hand corner of any page of the datasheet and is referenced with an ascending R-number (e.g. R002 is newer than R001). Please contact us if you require a copy of the engineering change notice between revisions.

If you have any questions, suggestions or comments regarding this publication or need technical assistance, please contact us via email at: enquiries@precisionmicrodrives.com or call us on +44 (0) 1932 252 482

Key Features

Body Diameter:	20.4 mm [+/- 0.2]
Body Length:	32.1 mm [+/- 0.2]
Counterweight Radius:	5 mm [+/- 0.2]
Counterweight Length:	7.5 mm [+/- 0.2]
Shaft Orientation:	Inline
Rated Operating Voltage:	3 V
Rated Vibration Speed:	7,300 rpm [+/- 1,000]
Typical Rated Operating Current:	470 mA
Typical Normalised Amplitude:	17 G

Typical Vibration Motor Performance Characteristics



320-102

Physical Specification

PARAMETER	CONDITIONS	SPECIFICATION
Body Diameter	Max body diameter or max face dimension where non-circular	20.4 mm [+/- 0.2]
Body Length	Excl. shafts, leads and terminals	32.1 mm [+/- 0.2]
Unit Weight		36.7 g
No. of Output Shafts		1
Counterweight Radius	Radius from shaft for non-cylindrical weights	5 mm [+/- 0.2]
Counterweight Length		7.5 mm [+/- 0.2]
Shaft Orientation		Inline

Construction Specification

PARAMETER	CONDITIONS	SPECIFICATION
Motor Construction		Iron Core
Commutation		Precious Metal Brush
No. of Poles		3

Operational Specification

PARAMETER	CONDITIONS	SPECIFICATION
Rated Operating Voltage		3 V
Rated Vibration Speed	At rated voltage using the inertial test load	7,300 rpm [+/- 1,000]
Max. Rated Operating Current	At rated voltage using the inertial test load	560 mA
Rated Inertial Test Load	Mass of standard test sled	250 g
Min. Vibration Amplitude	Peak-to-peak value at rated voltage using the inertial test load	5.5 G
Max. Start Voltage	With the inertial test load	1 V
Max. Operating Voltage		3.6 V
Max. Start Current	At rated voltage	3,300 mA
Min. Insulation Resistance	At 50V DC between motor terminal and case	1 MOhm

320-102

Important: The characteristics of the motor is the typical operating parameters of the product. The data herein offers design guidance information only and supplied batches are validated for conformity against the specifications on the previous page.

Typical Performance Characteristics

PARAMETER	CONDITIONS	SPECIFICATION
Typical Rated Power Consumption	At rated voltage and load	1,410 mW
Typical Rated Operating Current	At rated voltage using the inertial test load	470 mA
Typical Vibration Amplitude	Peak-to-peak value at rated voltage using the inertial test load	6.8 G
Typical Start Current	At rated voltage	2,900 mA
Typical Vibration Efficiency	At rated voltage using the inertial test load	4.8 G/W
Typical Normalised Amplitude	Peak-to-peak vibration amplitude normalised by the inertial test load at rated voltage	17 G
Typical Start Voltage	With the inertial test load	0.5 V
Typical Terminal Resistance		1 Ohm
Typical Terminal Inductance		350 uH

Typical Haptic Characteristics

PARAMETER	CONDITIONS	SPECIFICATION
Typical Lag Time	At rated voltage using the inertial test load	8 ms
Typical Rise Time	At rated voltage using the inertial test load	40 ms
Typical Stop Time	At rated voltage using the inertial test load	85 ms
Typical Active Brake Time	Time taken from steady-state to 0.04 G under inverse polarity at max. voltage	33 ms

Typical Durability Characteristics

PARAMETER	CONDITIONS	SPECIFICATION
Typical Min. Counterweight Pullout		9.8 N

Environmental Characteristics

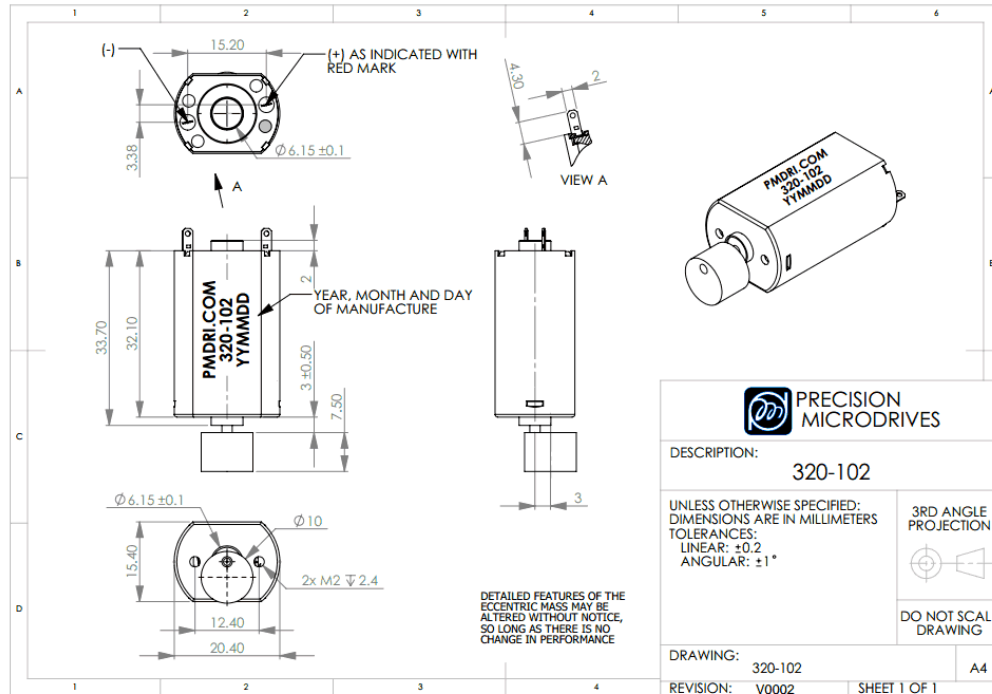
PARAMETER	CONDITIONS	SPECIFICATION
Min. Operating Temp.		-20 Deg.C
Max. Operating Temp.		70 Deg.C
Min. Storage Temp.		-30 Deg.C
Max. Storage Temp.		80 Deg.C

Typical Packing Conditions

PARAMETER	CONDITIONS	SPECIFICATION
Carton Type		Boxed Trays

320-102

Product Dimensional Specification



Life Support Policy

PRECISION MICRODRIVES PRODUCTS ARE NOT AUTHORISED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF PRECISION MICRODRIVES LIMITED.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



Precision Microdrives Limited
 Canterbury Court, 1-3 Brixton Road
 London
 SW9 6DE
 United Kingdom

Tel: +44 (0) 1932 252482
 Fax: +44 (0) 1932 325353
 Email: enquiries@precisionmicrodrives.com
 Web: www.precisionmicrodrives.com

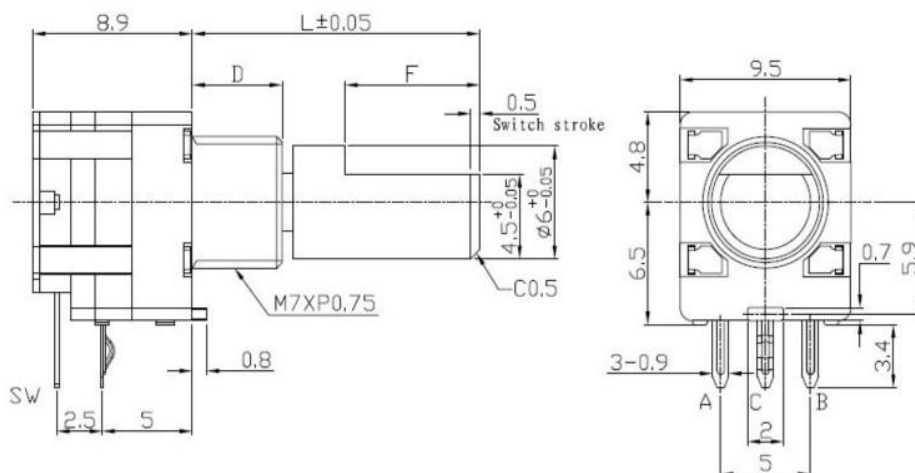
Registered in England and Wales No. 5114621
 VAT registration. GB 900 1238 84

ANEXO C – 9 MM ROTARY ENCODER WITH PSUH ON SWITCH

Specification of the model RE09 Series Encoder, detailed information as below:

1. Mechanical Characteristic:
1.1 Rotational stopper strength: 3kgf.cm Min.
1.2 Total Rotational angle: 300degree
1.3 Rotational torque: 10-200gf.cm
1.4 Push-pull strength: 8kgf.cm Min.
1.5 Shaft wobble: $0.6 \cdot L / 20\text{mm}$ p-p Max.
1.6 Loop and number of pole: single pole and single throw(push on)
2. Electrical Characteristic:
2.1 Rated power: Linear taper B: 0.05W, other taper: 0.025W
2.2 Max. operating voltage: AC 50V, DC 10V
2.3 Insulation resistance: more than 100m ohm at 250V DC
2.4 Voltage proof: 1minute at AC 300V
2.5 Initial contact resistance: less than 100m ohm
3. Endurable Characteristic:
3.1 Operating temp. range: -30°C to 60°C
3.2 Rotational life: 30,000cycles

Drawing, in mm:

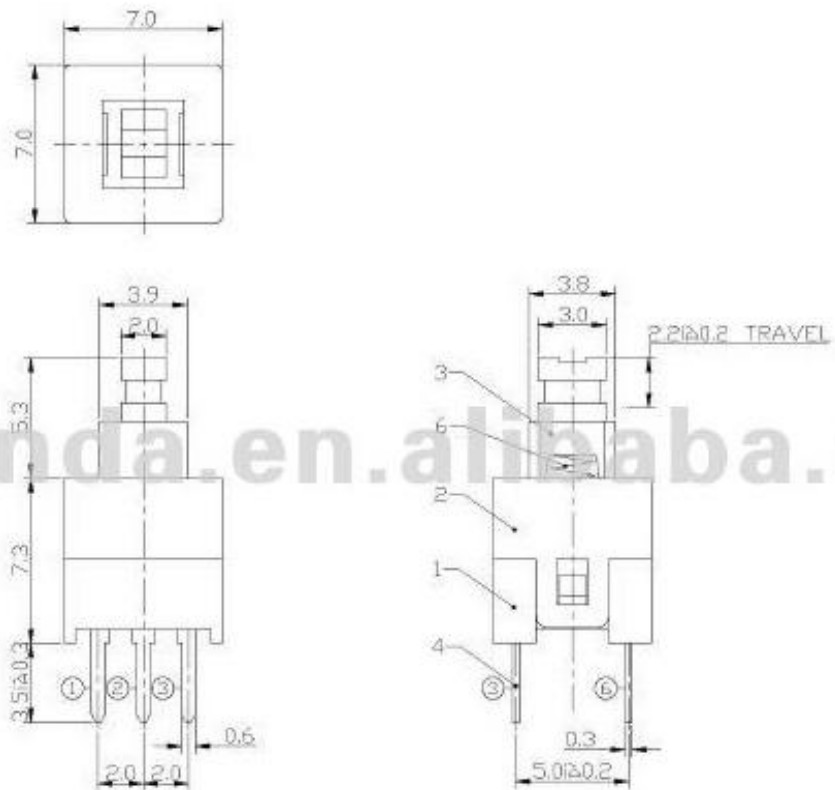


(ALIBABA, 2014a)

ANEXO D – BOTAO DE PRESSAO PB55E07

1. Rating: 0.1A 30V DC
2. Lifespan: 100,000 Cycles
3. Function: 2P2T
4. RoHS, UL, VDE

Vertical Push Switch	Specification
Rating	0.1A 30V DC
Contact resistance	70mΩ max
Insulation resistance	100MΩ min at 500V DC
Dielectric strength	500V AC for 1min
Lifespan	100,000 Cycles
Practical temperature range	-16 to 60 degrees Celsius
RoHS	Yes



(ALIBABA, 2014b)

ANEXO E – FOLHA DE DADOS DO POLIPROPILENO CP 180R



Folha de Dados

Revisão 0 (Abril/2013)

Polipropileno CP 180R

Subfamília:

Copolímero Heterofásico

Descrição:

O CP 180R é um copolímero heterofásico desenvolvido para o processo de injeção, com excelente balanço entre processabilidade, rigidez e resistência ao impacto.

Aplicações:

Injeção.

Processo:

Moldagem por Injeção.

Propriedades de Controle:

	Método ASTM	Unidades	Valores
Índice de Fluidez (230°C/2,16 kg)	D 1238	g/10 min	80

Propriedades Típicas^a:

	Método ASTM	Unidades	Valores
Densidade	D 792	g/cm ³	0,900
Módulo de Flexão Secante a 1%	D 790	MPa	1600
Resistência à Tração na Ruptura	D 638	MPa	30
Resistência à Tração no Escoamento	D 638	MPa	30
Resistência ao Impacto Izod a 23°C	D 256	J/m	40
Resistência ao Impacto Izod a -20°C	D 256	J/m	20
Resistência ao Impacto Charpy a 23°C	D 6110	J/m	45
Resistência ao Impacto Charpy a -20°C	D 6110	J/m	25
Dureza Rockwell	D 785	-	90
Temperatura de Deflexão Térmica 0,455 MPa	D648	°C	125
Temperatura de Amolecimento Vicat 10N	D1525	°C	150

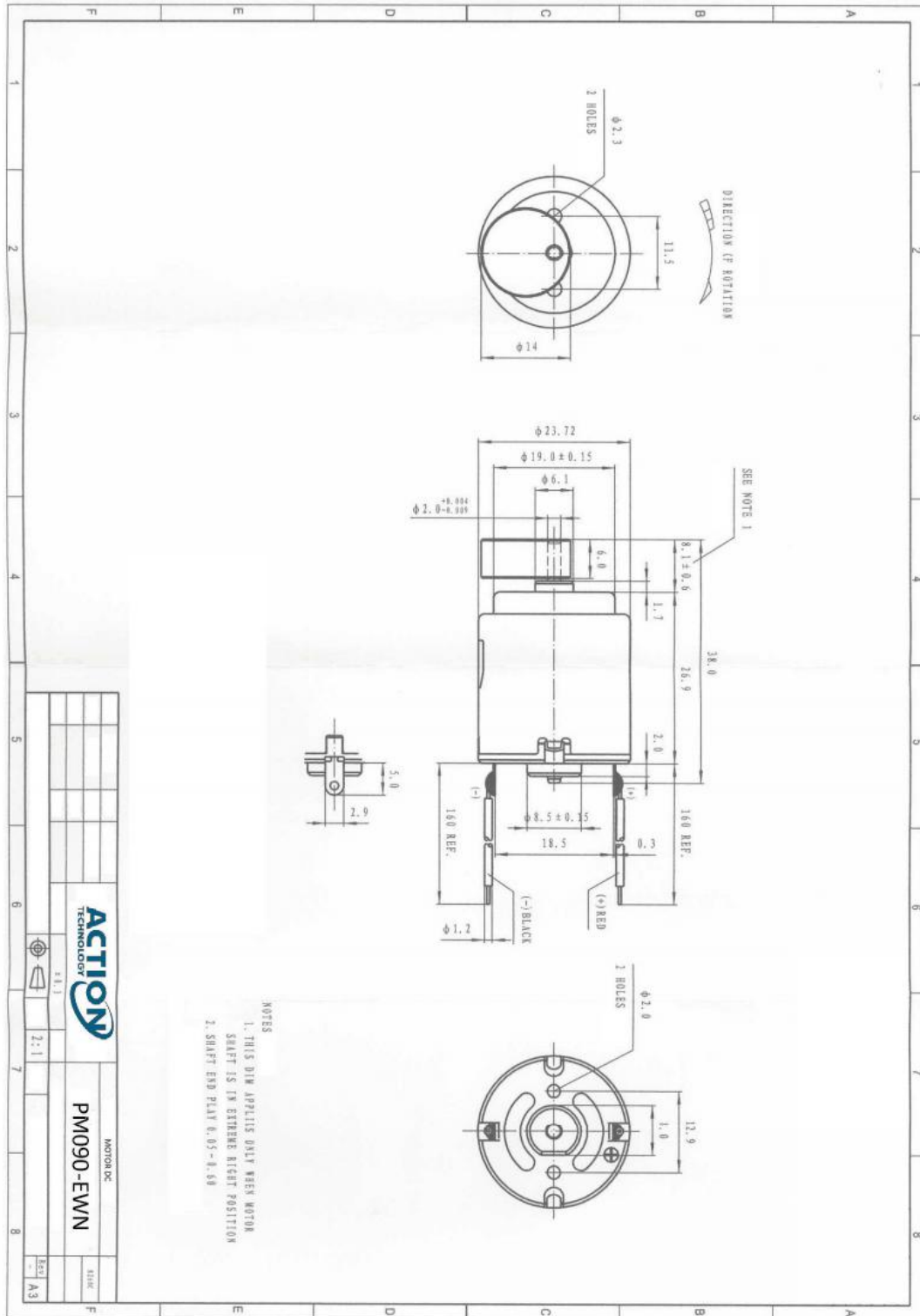
a) Ensaios em corpo de prova moldado por injeção conforme ASTM D 4101

Observações Finais:

1. Esta resina atende à regulamentação FDA (*Food and Drug Administration*) para polímeros olefínicos do CFR 21 seção 177.1520, vigente na data de publicação desta especificação. Os aditivos presentes são sancionados por regulamentação apropriada do FDA.
2. As informações aqui contidas são dadas de boa fé, indicando valores típicos obtidos em nossos laboratórios, não devendo ser consideradas como absolutas ou como garantia. Apenas as propriedades e os valores que constam do certificado de qualidade devem ser considerados como garantia do produto.
3. Em algumas aplicações a Braskem tem desenvolvido resinas *tailor-made* para alcançar características específicas.
4. Em caso de dúvida na utilização ou para discutir outras aplicações, entre em contato com a Área de Serviços Técnicos.
5. Para informações de segurança, manuseio, proteção individual, primeiros socorros e disposição de resíduos, consultar a FISPQ – Folha de Informações de Segurança de Produtos Químicos. Número de registro no CAS: 9010-79-1.
6. Os valores constantes nesse documento poderão sofrer alterações sem comunicação prévia da Braskem.
7. A Braskem não recomenda o uso desse produto para fabricação de embalagens, peças ou qualquer outro tipo de produto, que será utilizado para o armazenamento ou contato com soluções parenterais ou que terá qualquer tipo de contato interno com o corpo humano.
8. Esta resina não contém a substância Bisfenol A (BPA, CAS#80-05-7) em sua composição.

(BRASKEM, 2014)

ANEXO F - MOTOR VIBRADOR PM090A-EWN

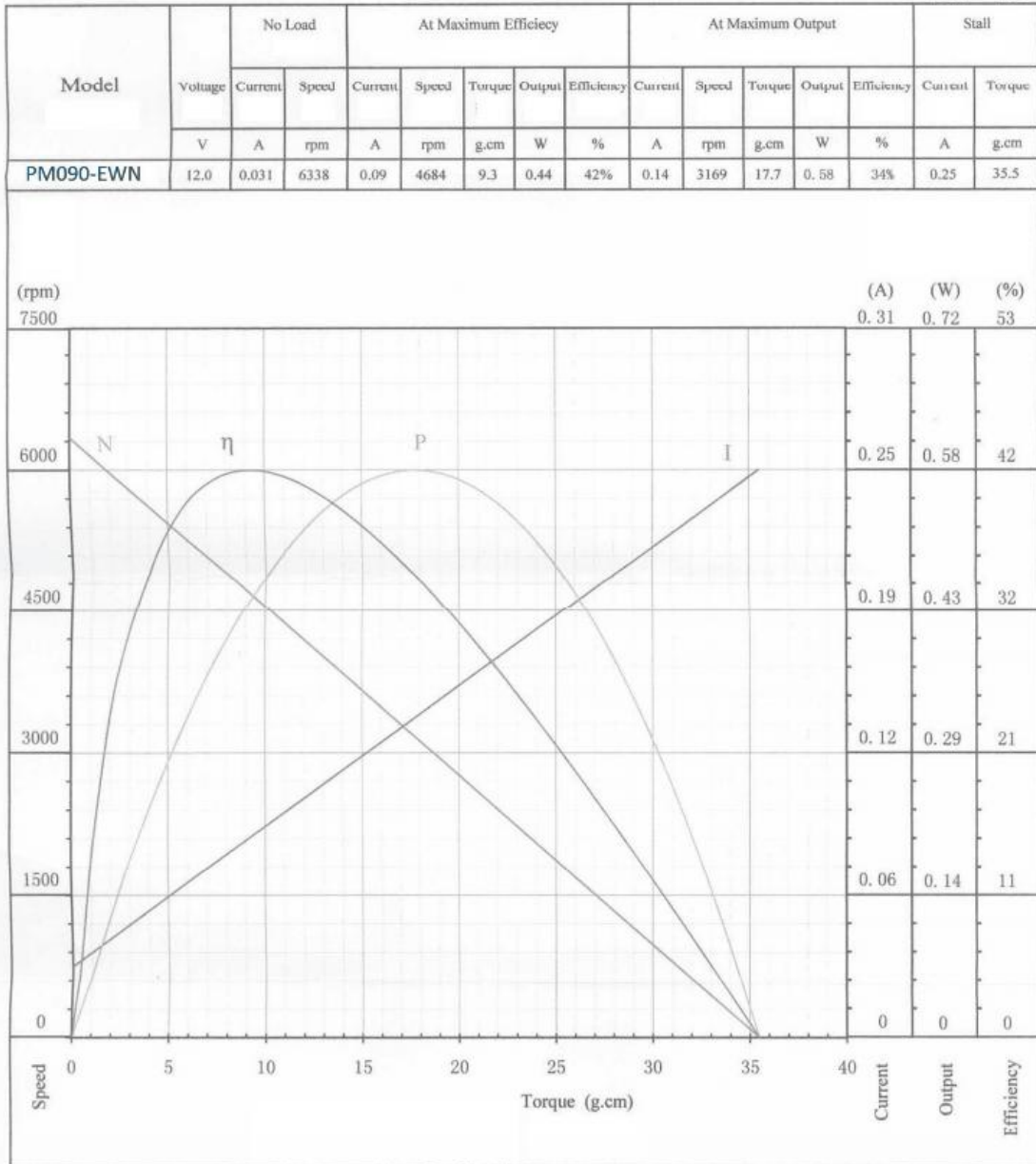




Valued customer:		Customer Product Name/No. :			
MODEL No. :	PM090-EWN	Swatch No:		Date	2011-3-25
				Rev. Date	00
Our Code No. :					D/V ROHS
1.Conditions of Standard Operation					
1-1)Driving Voltage	:	<u>12V</u>	DC Constant between motor terminals.		
1-2)Direction of Rotation	:	<u>CW</u>	vicwing from metal housing.		
1-3)Position of Motor	:	To be placed horizontally when measuring.			
1-4)Operating Temperature	:	-10℃	to	60℃	
1-5)Operating Humidity	:	30%RH	to	95%RH	
2.Conditions of Standard Test					
2-1)Testing Temperature	:	10℃	to	30℃	
2-2)Testing Humidity	:	30%RH	to	95%RH	
3.Initial Eletrical Characteristics					
3-1)No Load Speed	:	6350 ± 950	rpm		
3-2)No Load Current	:	<u>40</u>	mA max.		
3-3)Load Speed (Vibrator)	:	4000	Ref		
3-4)Load Current (Vibrator)	:	<u>130</u>	mA Ref		
3-5)Reference Performance Curve	:	As per attached Sheet			
3-6)Dimensions	:	As per Drawing attached			
3-7)End play of Shaft	:	0.05 ~ 0.6	mm		
For & on behalf of Customer			For & on behalf of Smart Electric Motor Co.Ltd.		
<p>As a reminder, the spccification should be <u>signed and returned</u> within two weeks, or it will be considered as acceptable by the customer.</p>					



Rev: 00



2011-3-25