

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia
FEUP

***Concepção e Desenvolvimento de um Protótipo de um
Otoscópio Óptico-Electrónico***

José Manuel de Jesus Soeira

Novembro – 2007

Concepção e Desenvolvimento de um Protótipo de um Otoscópio Óptico-Electrónico

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre
em *Design* Industrial pela Universidade do Porto

José Manuel de Jesus Soeira

Bacharelato em Engenharia de Manutenção Industrial
Instituto Superior de Engenharia do Porto (2000)

Licenciatura em Engenharia Mecânica – Ramo Qualidade e Ambiente
Instituto Superior de Engenharia do Porto (2002)

Orientador

João Manuel Ribeiro da Silva Tavares

Prof. Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Co-Orientadores

Joaquim Gabriel Magalhães Mendes

Prof. Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Georgeta Maria Costa Alves de Oliveira

Assistente Hospitalar de Pediatria do Hospital Pedro Hispano

Agradecimentos

Ao orientador Prof. Doutor João Manuel Ribeiro da Silva Tavares e aos Co-orientadores Prof. Doutor Joaquim Gabriel Magalhães Mendes e Dr.^a Georgeta Maria Costa Alves de Oliveira, pela orientação, disponibilidade e apoio na realização deste trabalho.

Ao Eng. Jorge Reis por todo o apoio no desenvolvimento dos trabalhos.

À Dr.^a Fernanda Gentil, pela participação nos inquéritos realizados para a identificação das necessidades do profissional de saúde relativamente ao dispositivo otoscópio.

Ao Conselho Administrativo do Hospital Pedro Hispano, pela autorização para a realização de ensaios clínicos.

Ao Dr. Rodrigues e Rodrigues, Director do serviço de Otorrinolaringologia (ORL) do Hospital Pedro Hispano, pela disponibilidade e parecer aquando da demonstração do protótipo desenvolvido, pelo acompanhamento do processo de autorização para a realização dos ensaios clínicos, na consulta externa de ORL, com o protótipo do otoscópio óptico-electrónico, pela sensibilização dos profissionais de saúde sobre os ensaios a realizar e pela sua abertura a inovações tecnológicas.

A todos os profissionais de saúde, da consulta externa de ORL do Hospital Pedro Hispano e em particular aos: Dr. Gustavo Lopes, Dr. Joaquim Vieira, Dr.^a Marta Neves, Dr. Cunha Moura, Dr. Miguel Viana, Dr.^a Joana Pires, Dr. Nuno Oliveira e Dr. Abílio Leonardo, pelo interesse, parecer e ensaios clínicos realizados com o protótipo do otoscópio óptico-electrónico desenvolvido.

A todos os doentes, da consulta externa de ORL do Hospital Pedro Hispano, que colaboraram na realização dos ensaios clínicos.

À direcção do Mestrado em *Design* Industrial pelo apoio prestado.

A todos os que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a concretização deste trabalho.

Sumário

A presente Dissertação descreve, o desenvolvimento e concepção de um novo protótipo de um otoscópio óptico-electrónico.

Após avaliação da importância do otoscópio no diagnóstico das patologias do ouvido médio, principalmente usado pelo profissional de saúde em clínica geral e em pediatria, e das dificuldades associadas à interpretação do diagnóstico pelos profissionais, identificadas em inquéritos realizados, procurou-se desenvolver um otoscópio que auxilie os profissionais de saúde no diagnóstico das patologias do ouvido médio, de forma a que o seu tratamento seja o mais adequado, sem recurso ao uso abusivo de antibióticos.

Esta Dissertação é constituída por oito capítulos, que fazem o encadeamento das diferentes fases da concepção e desenvolvimento do protótipo.

No Capítulo 1, é apresentada uma introdução ao tema, objectivos, abordagem seguida, estrutura organizativa, sendo descritos, de forma resumida, cada um dos restantes capítulos e contribuições inovadoras alcançadas; no Capítulo 2, é descrito o estudo realizado sobre o desenvolvimento e concepção de um produto, fase que encerra elementos teóricos fundamentais para a orientação das fases posteriores de concepção e desenvolvimento do protótipo de otoscópio óptico-electrónico; no Capítulo 3, descreve-se a anatomia e fisiologia do ouvido humano, fase que encerra elementos teóricos e referências fundamentais, para que o *designer* possa consolidar a anatomia e fisiologia do ouvido humano com a tecnologia e concentrar esforços no levantamento das necessidades dos consumidores do otoscópio a desenvolver; no Capítulo 4, são identificadas as necessidades do consumidor através de inquéritos e tratamento dos dados obtidos, fase que sustenta o objectivo inicial desta Dissertação e permite a percepção das necessidades-chave associadas para que o *designer* trace objectivos direccionados à satisfação das necessidades do consumidor e à viabilização do desenvolvimento e concepção do produto; no Capítulo 5, são descritas as fases de concepção e desenvolvimento do protótipo de otoscópio óptico-electrónico, fase que valida a importância da parceria entre as orientações teóricas e realidades práticas, assim como a interdisciplinaridade a que este projecto está associado; no Capítulo 6, são descritas as fases dos ensaios ao protótipo desenvolvido e apresentada uma análise estatística dos registos que permite avaliar as potencialidades e expectativas do mesmo; no Capítulo 7, é apresentado o *redesign* e personalização do protótipo, através de três modelos diferentes, baseados no mesmo princípio, tecnologia óptica, considerando-se o tipo de consumidor e a viabilidade tecnológica; no Capítulo 8, são apresentadas algumas conclusões finais e perspectivas de trabalho futuro, onde pode-se constatar que o otoscópio óptico-electrónico, materializado no protótipo e projectado no *redesign*, é um dispositivo inovador que melhora o diagnóstico das patologias do ouvido humano. As melhorias apresentadas pelo dispositivo reflectir-se-ão numa maior satisfação por parte do utilizador e do doente, numa redução de custos associados a tratamentos incorrectos, e pelas potencialidades demonstradas poderá estimular desenvolvimentos futuros e ainda promover diferentes projectos baseados no princípio tecnológico aplicado; por último, é ainda apresentado um anexo constituído por oito secções onde são disponibilizados dados relativos aos inquéritos realizados para identificação das necessidades do consumidor; fichas técnicas dos principais componentes; esquemas electrónicos; desenhos dos principais componentes aplicados no protótipo; planificação da caixa do protótipo; relação dos materiais aplicados no protótipo; registos dos ensaios laboratoriais para a definição dos parâmetros (“ajuste”) do protótipo; registos dos ensaios realizados no Hospital Pedro Hispano com o protótipo concebido; toda a informação necessária para a produção do otoscópio óptico-electrónico desenvolvido.

Summary

The present dissertation describes the design and the development of a new opto-electronic otoscope.

After evaluating the importance of the otoscope in the diagnosis of middle ear pathologies, mainly by general clinic professionals and pediatrics, and the difficulties associates to the interpretation of the diagnosis, identified by carried out inquiries, it was decided to develop a otoscope that may assist the professionals in the diagnosis of the ear diseases making easier to find the right treatment without using abusively antibiotics.

This dissertation has eight chapters that describe the different phases of the conception and development of the prototype.

In Chapter 1, it is presented an introduction to the subject, the objectives of the project and the dissertation structure, being described in short each one of the remaining chapters and the innovative contributions; Chapter 2 describes the study carried out on the development and conception of a product that is the theoretical basis for the following conception and development of the prototype of opto-electronic otoscope; Chapter 3 describes the anatomy and physiology of the human ear to support the theoretical elements and basic references, so that the designer can concentrate on the needs of the consumers of the otoscope to be developed; in Chapter 4, the needs of the consumers are identified through the analysis of inquiries and the perception of the key needs associated in order to allow the designer to define the objectives; in Chapter 5 it is described the conception and development of the prototype of opto-electronic otoscope, that enhanced the importance of the partnership between the theoretical guides and practical realities, as well as, the interdisciplinary; in Chapter 6 it is described the test of the prototype and presented a statistic analysis of the acquired data, to evaluate the potentialities and expectations of the same; in Chapter 7 it is presented the redesign of the prototype and presented three different models, based on the same principle - optic technology -, taking in mind the type of consumer and the technological viability; Chapter 8 presents the final conclusions and future work about the prototype, its redesign, the innovative aspects and the advantages for the human ear diagnosis. The improvements presented will conduct to a higher satisfaction of the user and in a reduction of associated costs, decrease of misdiagnosis and treatments, and the demonstration of the potentialities will be able to stimulate future developments and still to promote different projects based on the applied technological principle; finally, it is present an appendix consisting of eight sections: inquiries data, components datasheets; electronic circuits; drawings of the main mechanical components; planning of the box of the prototype; list of the materials/components used in the prototype; log of the laboratory essays for the adjustment of the parameters; log of the essays carried at Hospital Pedro Hispano; all the necessary information for the production of the developed opto-electronic otoscope.

Capítulo 1	<i>Introdução à Dissertação e à sua Estrutura</i>	1
1.1	Introdução	3
1.2	Objectivo e abordagem seguida	5
1.3	Estrutura organizativa	6
1.4	Contribuições Principais	8
Capítulo 2	<i>Desenvolvimento e Concepção de um Produto</i>	11
2.1	Introdução	13
2.2	Processo de desenvolvimento e concepção de um produto	13
2.2.1	Exemplos de processos	13
2.2.2	Processo genérico	15
2.3	Considerações para o sucesso do desenvolvimento e concepção de um produto	24
2.3.1	Produto atractivo	25
2.3.2	Oportunidade de mercado	25
2.3.3	Desafio	25
2.3.4	Equipa	26
2.3.5	Organização	28
2.4	Sumário	30
Capítulo 3	<i>Anatomia e Fisiologia do Ouvido Humano</i>	31
3.1	Introdução	33
3.2	Ouvido	33
3.2.1	Constituição do ouvido	34
3.3	Patologias do ouvido médio	42
3.3.1	Diagnóstico	43
3.3.2	Tratamento	47
3.3.3	Causas	49
3.3.4	Prevenção	49
3.4	Sumário	50
Capítulo 4	<i>Identificação das Necessidades do Consumidor</i>	51
4.1	Introdução	53
4.2	Inquérito desenvolvido	53
4.2.1	Grupo analisado	53
4.2.2	Tratamento e ponderação dos dados	54
4.3	Seleção das necessidades-chave para o desenvolvimento e concepção do produto	59
4.3.1	Agrupamento das necessidades identificadas	59
4.4	Sumário	60
Capítulo 5	<i>Concepção e Desenvolvimento do Protótipo</i>	63
5.1	Introdução	65
5.2	Objectivos	65
5.3	Dispositivos existentes	66
5.4	Conceito	70
5.5	Teste de conceito	71
5.6	Idealização do protótipo	75

5.7	Concepção do protótipo.....	76
5.7.1	Encomenda de componentes	76
5.7.2	Concepção de componentes.....	78
5.7.3	Montagem de componentes.....	88
5.8	Análise de custos	107
5.9	Legislação	107
5.9.1	Fabrico.....	107
5.9.2	Colocação do protótipo no mercado	108
5.10	Sumário.....	110
Capítulo 6	<i>Ensaio Experimentais.....</i>	111
6.1	Introdução	113
6.2	Definição de parâmetros.....	113
6.2.1	Canais de cor (R,G,B).....	114
6.2.2	Cor.....	115
6.2.3	Lentes	116
6.2.4	Influência da luz ambiente no sensor.....	117
6.2.5	Distância das fibras à imagem	118
6.2.6	Influência da luz ambiente na imagem a testar	119
6.2.7	Distância da fibra à lente do <i>led</i>	120
6.2.8	Distância da fibra ao sensor.....	120
6.2.9	Fibra óptica acoplada à fibra de vidro do otoscópio	121
6.2.10	Pontas das fibras descarnadas.....	121
6.2.11	Cone convergente da luz do <i>led</i> em metal e em não metal.....	122
6.2.12	Diferentes tipos e diâmetros da fibra óptica	122
6.2.13	Uso da iluminação do <i>led</i> (R,G,B), do otoscópio e de ambos.....	123
6.3	Ensaio laboratoriais	124
6.3.1	Análise estatística	124
6.4	Ensaio clínico.....	127
6.4.1	Análise estatística	127
6.4.2	Associação da componente pneumática à tecnologia óptica	136
6.5	Sumário e conclusões	137
Capítulo 7	<i>Redesign.....</i>	139
7.1	Introdução	141
7.2	Redesign do otoscópio óptico-electrónico	141
7.2.1	<i>Modelo_1</i>	146
7.2.2	<i>Modelo_2</i>	162
7.2.3	<i>Modelo_3</i>	163
7.3	Dimensões	164
7.4	Logótipo	164
7.5	Sumário.....	165
Capítulo 8	<i>Conclusões Finais e Perspectivas de Desenvolvimento Futuro</i>	167
8.1	Conclusões Finais	169
8.2	Perspectivas de Trabalho Futuro	171
Bibliografia.....		173
Anexo		1
A1 – Inquéritos (Capítulo 4)		3

A2 – Ficha técnica dos componentes principais (<i>Capítulo 5</i>)	3
A3 – Placa electrónica aplicada no protótipo (<i>Capítulo 5</i>)	3
A4 – Desenhos dos principais componentes produzidos (<i>Capítulo 5</i>).....	4
A5 – Planificação da caixa do protótipo (<i>Capítulo 5</i>).....	4
A6 – Relação de materiais aplicados no protótipo (<i>Capítulo 5</i>)	4
A7 – Ensaios laboratoriais para “ajuste” do protótipo (<i>Capítulo 6</i>).....	5
A8 – Ensaios em ambiente clínico (<i>Capítulo 6</i>).....	5

Capítulo 1

Introdução à Dissertação e à sua Estrutura

1.1 Introdução

O ouvido humano é o órgão dos sentidos responsável por duas funções principais: a audição e o equilíbrio.

No que diz respeito à audição, o som, resultante de ondas de pressão que se propagam no ar, é canalizado pelo pavilhão auricular, orelha, ao canal auditivo e por sua vez ao tímpano. Quando as ondas de pressão chegam ao tímpano provocam a vibração deste, desencadeando o mecanismo dos ossículos: martelo, bigorna e estribo. Este conjunto de ossículos atinge o tamanho adulto durante a fase de gestação, ao contrário dos restantes ossos do corpo humano que se vão desenvolvendo durante as diferentes fases de crescimento. Os ossículos estão situados na zona média do ouvido, e são os responsáveis pela amplificação das ondas de pressão na ordem de 1,3 vezes, de forma a que, numa fase final, na zona do ouvido interno, as ondas de pressão sejam transformadas em impulsos eléctricos e conduzidas às diferentes zonas do cérebro onde serão “descodificadas” naquilo a que chamamos o som.

No que diz respeito à função equilíbrio, o ouvido incorpora na sua estrutura interna, independentemente da componente auditiva, pequenos tubos circulares (três tubos em forma de semicírculo) que contêm um líquido (semelhante a água) e que estão colocados em três planos perpendiculares (um horizontal e dois verticais) no labirinto posterior, de cada lado da cabeça. O movimento do fluído existente nos canais, excita as células sensoriais que cobrem a sua superfície interna e enviam impulsos nervosos ao cérebro “informando-o” da posição do corpo. O cérebro por sua vez promove a compensação do movimento do corpo e da cabeça garantindo o equilíbrio, evitando ainda que a visão se torne turva.

Estudos realizados têm vindo a alertar a comunidade científica para as diversas patologias que afectam o ouvido humano e que põem em causa as suas capacidades, gerando no ser humano restrições, quer a nível físico quer a nível psicológico, e que em elevada percentagem são irreversíveis.

As patologias que surgem com mais frequência neste órgão são as do ouvido médio; como, por exemplo, otites, nomeadamente a otite média aguda. Estas patologias surgem com mais frequência na infância, afectando crianças, principalmente até aos sete anos de idade, devido a doenças infecciosas da infância, inadequada posição na amamentação, etc.; contudo, pode afectar pessoas de qualquer faixa etária, potencializadas por episódios de gripe, pelo contacto com um doente afectado, através de complicações associadas à tuba auditiva. Nos EUA a otite média é uma das doenças mais diagnosticadas. Mais de 30 milhões de americanos são afectados pela otite média durante o ano, [Johnson, 2003], e as patologias têm vindo a

aumentar devido à degradação das condições ambientais, como por exemplo, o aumento do ruído, da poluição e consequentes alergias, do stress, traduzindo-se em custos elevados para a sociedade.

A par da realidade evidente do crescimento das patologias do ouvido, verifica-se uma crescente preocupação relativa ao incorrecto diagnóstico feito pelos profissionais de saúde, principalmente com reduzida experiência, ou que perante factores externos que deturpam o diagnóstico e geram dúvidas, ministram um tratamento inadequado, como o recurso ao uso abusivo do antibiótico, gerando assim possíveis complicações associadas à resistência a bactérias [Antibióticos, 2006].

Perante estas considerações, surgiu a motivação para o desenvolvimento de um dispositivo que melhor auxiliasse o correcto diagnóstico das patologias do ouvido médio, independentemente do observador, relativamente aos dispositivos frequentemente usados em clínica geral e em pediatria onde, como já foi referido, a patologia tem uma maior incidência.

Este trabalho apresenta uma possível solução, materializada no protótipo de otoscópio óptico-electrónico desenvolvido e projectada no *redesign* disponibilizado.

O protótipo desenvolvido apresenta características inovadoras, principalmente pela introdução de tecnologia óptica no dispositivo, tecnologia que se tem afirmado em diversos campos de aplicação e que continua a ser objecto de investigação pelas potencialidades que oferece.

Para além das suas características inovadoras, o protótipo óptico-electrónico melhora significativamente a iluminação do tímpano, comparativamente à iluminação por lâmpada de halogéneo tradicional, permite associar e rentabilizar a função pneumática, fundamental para avaliar a mobilidade da membrana timpânica, factor importante no diagnóstico das patologias do ouvido médio. Oferece ainda o parâmetro cor que poderá ser explorado noutras aplicações, como por exemplo: em oftalmologia, no diagnóstico de úlceras provocadas pelo herpes na córnea, através da análise da resposta ao azul e no tratamento através da cor (cromoterapia).

Espera-se que o otoscópio óptico-electrónico proposto satisfaça as necessidades do consumidor e desperte desenvolvimentos futuros, baseados na tecnologia implementada.

A presente Dissertação apresenta nos capítulos que se seguem de forma detalhada cada uma das fases que deram origem ao otoscópio óptico-electrónico.

1.2 Objectivo e abordagem seguida

O objectivo principal desta Dissertação foi a concepção e o desenvolvimento de um novo protótipo de otoscópio óptico-electrónico capaz de traduzir num sinal eléctrico o estado da membrana timpânica, auxiliando assim o diagnóstico clínico, para que o tratamento ministrado ao doente seja o mais adequado possível independentemente do utilizador em causa e das patologias do ouvido médio.

A abordagem seguida, resumidamente, foi a seguinte:

Numa primeira etapa, foi feito o estudo e análise de diferentes metodologias de desenvolvimento e concepção de um produto, tendo-se seleccionado a metodologia “processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto”, [Ulrich, 2003], que assenta essencialmente na interactividade dinâmica dos processos envolvidos, traçando linhas orientadoras aos trabalhos a realizar.

Numa segunda etapa, foi feito o estudo da anatomia e da fisiologia do ouvido humano, abordando-se a constituição das suas diferentes zonas: externo, médio e interno; dando-se ênfase às duas primeiras, que são as que mais se enquadram no objectivo do trabalho. Ainda relativamente ao ouvido médio, foram estudadas as suas patologias usuais, as diferentes situações que as causam, os tratamentos ministrados, os conselhos de prevenção e ainda a metodologia de diagnóstico mais comum.

Após a compreensão das realidades inerentes ao ouvido humano, necessidade e utilidade do projecto a desenvolver, foram trocadas impressões com vários profissionais de saúde sobre o seu interesse. Para confirmar a necessidade apresentada e ainda explorar ao máximo outras necessidades importantes a satisfazer de forma a que o projecto fosse o mais abrangente possível e elemento de inovação e eleição por parte dos possíveis consumidores, foram realizados inquéritos direccionados aos profissionais de saúde, doentes e seus acompanhantes. Posteriormente, ponderaram-se os resultados obtidos e foram definidas as necessidades-chave a implementar no protótipo.

Depois de definidas estas necessidades, foi feita uma análise aos dispositivos actualmente existentes no mercado destinados ao mesmo fim. Após uma análise aos pontos fortes e menos fortes dos dispositivos existentes, surgiu a ideia inovadora de medir a reflexão da luz emitida para a visualização da membrana do tímpano em termos de intensidade de cor nas componentes *R (Red)*, *G (Green)* e *B (Blue)*.

Após testar o conceito e verificar a sua potencialidade, idealizou-se o protótipo óptico-electrónico. O protótipo óptico-electrónico foi materializado, depois do aconselhamento e da

tomada de consciência sobre questões tecnológicas e legislativas a considerar na concepção e desenvolvimento deste tipo de dispositivo. Foram ainda avaliados os custos inerentes à concepção e desenvolvimento do protótipo, e ao factor custo/benefício comparativamente com os dispositivos existentes no mercado.

Na fase seguinte, fizeram-se ensaios ao protótipo desenvolvido, de forma a avaliar as suas potencialidades e confirmar as expectativas. Os ensaios foram realizados em ambiente laboratorial e em ambiente real clínico (em vivo) no Hospital Pedro Hispano em Matosinhos.

Durante os ensaios laboratoriais, foram testados e definidos diversos parâmetros, para “ajuste” do protótipo, de forma a garantir a exactidão dos resultados monitorizados e ainda estimar aspectos tecnológicos e construtivos a considerar no *redesign* a propor e em possíveis desenvolvimentos futuros.

Foi feita uma análise estatística aos resultados obtidos nos ensaios avaliando-se assim a capacidade do protótipo para auxiliar o profissional de saúde no diagnóstico das patologias do ouvido médio.

Completada a fase de ensaios, procedeu-se ao *redesign* do protótipo do otoscópio óptico-electrónico, apresentando-se três modelos distintos, de forma a satisfazer as necessidades previamente estabelecidas, procurando-se assim um equilíbrio entre a usabilidade e a viabilidade tecnológica.

1.3 Estrutura organizativa

Esta Dissertação descreve a concepção e o desenvolvimento de um novo dispositivo otoscópio óptico-electrónico capaz de aferir o estado da membrana timpânica segundo a sua coloração e respectivo estado morfológico, pela reflexão da luz que é quantificada por um sistema de medição de cor.

A estrutura organizativa seguida pretendeu maximizar a autonomia e independência entre os seus capítulos. Assim, esta Dissertação é constituída por oito capítulos e um anexo, constituído por oito secções, sendo descrita a seguir, de forma resumida, a estrutura de cada um dos restantes capítulos e do referido anexo.

Capítulo 2 – Desenvolvimento e Concepção de um Produto

Neste capítulo, são apresentadas diferentes abordagens ao processo de desenvolvimento e concepção de um produto, evidenciando-se a metodologia proposta em [Ulrich, 2003] como

orientadora para as fases a concretizar, relativamente ao desenvolvimento e concepção do novo otoscópio óptico-electrónico.

Seguidamente, esta metodologia é apresentada de uma forma estruturada, sintetizando-se os pontos principais de actuação, para uma rápida apreensão e aplicação, por parte do *designer*, a um determinado projecto. São ainda apresentadas as vantagens da aplicação da metodologia e considerações gerais para que a mesma seja implementada de forma correcta.

Capítulo 3 – Anatomia e Fisiologia do Ouvido Humano

Neste capítulo, é apresentado um estudo da anatomia e fisiologia do ouvido humano, das suas patologias usuais, nomeadamente do ouvido médio, suas definições comuns, formas de diagnóstico, prevenção e tratamentos mais usuais.

Capítulo 4 – Identificação das Necessidades do Consumidor

Neste capítulo, é apresentada a metodologia seguida para a identificação e sustentabilidade das necessidades do consumidor, principalmente do profissional de saúde. A metodologia escolhida assenta essencialmente em inquéritos realizados, do tratamento dos dados recolhidos, na avaliação e selecção das necessidades-chave a responder pelo protótipo a desenvolver.

Capítulo 5 – Concepção e Desenvolvimento do Protótipo

Este capítulo, descreve as fases de concepção e desenvolvimento do novo protótipo.

Apresenta os objectivos a atingir; a análise aos dispositivos existentes no mercado para o mesmo fim e a sua aplicabilidade face às necessidades identificadas; define o conceito e avalia a sua aplicabilidade; apresenta o projecto do protótipo; descreve em pormenor todas as fases da concepção, desenvolvimento e refinamento do protótipo e apresenta ainda uma avaliação global dos custos e as orientações legais.

Capítulo 6 – Ensaios Experimentais

Este capítulo, descreve os ensaios realizados com o protótipo desenvolvido, define os parâmetros para a sua adequada utilização e apresenta uma análise estatística dos resultados obtidos nos ensaios realizados em ambiente laboratorial e em ambiente real clínico.

Capítulo 7 – Redesign

Este capítulo, descreve os parâmetros principais implementados no *redesign* do protótipo.

Assim, apresenta três propostas de *redesign*, segundo o consumidor alvo e a viabilidade tecnológica considerada.

Capítulo 8 – Conclusões Finais e Perspectivas de Desenvolvimento Futuro

Neste último capítulo, são apresentadas algumas conclusões finais e sugeridas propostas para melhorar o desempenho do sistema óptico-electrónico desenvolvido, e principalmente para rentabilizar o princípio tecnológico aplicado.

Anexo

No final da Dissertação, incluiu-se um anexo, constituído por oito secções no qual se podem encontrar: a compilação dos dados recolhidos nos inquéritos para avaliação das necessidades do consumidor alvo, relativamente ao otoscópio a desenvolver; as fichas técnicas dos principais componentes; esquemas electrónicos; os desenhos dos principais componentes concebidos; a planificação da caixa do protótipo; a relação dos materiais e custos associados, aplicados no protótipo; a compilação dos dados registados durante os ensaios laboratoriais para “ajuste” do protótipo; a compilação dos dados registados durante os ensaios clínicos realizados no Hospital Pedro Hispano; em resumo, informação essencial à produção do sistema óptico-electrónico desenvolvido.

1.4 Contribuições Principais

Como principais contribuições do trabalho realizado nesta Dissertação, podem ser referidas as seguintes:

- Apresentação do processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto [Ulrich, 2003], de forma detalhada e sintetizada, segundo as suas fases fundamentais, para que o *designer* rapidamente absorva a metodologia e a possa aplicar a um determinado caso real;
- Base teórica descrita sobre a anatomia e fisiologia do ouvido humano, patologias, métodos de diagnóstico, sendo apresentados elementos fundamentais para o desenvolvimento de dispositivos neste domínio;
- Exemplo prático, orientador de identificação das necessidades do consumidor, através da elaboração de inquéritos;
- Utilização de tecnologia óptica existente no diagnóstico de patologias do ouvido médio;
- Protótipo funcional que permite testar a tecnologia óptica em diversas aplicações;
- Registo experimental realizado através de ensaios realizados com o protótipo de otoscópio óptico-electrónico, em ambiente laboratorial e real clínico, e respectiva análise estatística; isto é, um conjunto de dados fidedignos que garantem a funcionalidade do sistema desenvolvido segundo os objectivos definidos, que certamente servirão de base para futuros desenvolvimentos de dispositivos baseados na mesma tecnologia;
- Incentivo ao alargamento do princípio tecnológico a outras áreas de diagnóstico ou tratamento por cor;
- Proposta do *design* de três modelos de dispositivos, otoscópios ópticos-electrónicos, para a sua produção, desenhados e dimensionados de forma a garantir a sua exequibilidade;
- Disponibilização de um logótipo de identificação do otoscópio óptico-electrónico;
- Análise económica orientadora, que permite estimar a viabilidade do dispositivo inovador desenvolvido face a outros dispositivos equiparáveis existentes no mercado;
- Selecção dos principais materiais a usar na produção do otoscópio óptico-electrónico proposto no *redesign*;
- Disponibilização das características técnicas dos componentes, esquemas electrónicos e desenhos técnicos, para a eventual produção, quer do protótipo quer dos modelos propostos no *redesign*;
- O sistema desenvolvido poderá ser um auxílio relevante ao profissional de saúde no diagnóstico de patologias do ouvido e no tratamento a prescrever, diminuindo os custos directos ou indirectos associados a tratamentos inadequados e efeitos secundários a que o doente fica sujeito.

Capítulo 2

Desenvolvimento e Concepção de um Produto

2.1 Introdução

Neste capítulo, são apresentados alguns dos fundamentos teóricos, orientadores para o desenvolvimento e concepção de um produto.

Este capítulo, está dividido em quatro secções: a secção seguinte, dá ênfase ao processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto [Ulrich, 2003], fazendo referência aos pontos-chave para o sucesso e justificando a vantagem da aplicação do método. O processo genérico é apresentado de forma detalhada e de forma sintetizada, segundo as suas fases fundamentais, para que o *designer* rapidamente absorva a metodologia envolvida e a possa aplicar a um determinado caso real. A terceira secção, apresenta algumas considerações organizacionais, sensibilizadoras, para que a empresa e a equipa de desenvolvimento e concepção optimize os recursos técnicos e humanos alcançando assim sucesso nos seus projectos; na quarta, e última secção deste capítulo, é apresentado um sumário.

2.2 Processo de desenvolvimento e concepção de um produto

O processo de desenvolvimento e concepção de um produto é um percurso orientador de boas práticas para a obtenção de um fim predefinido. Usualmente, forma-se através do estudo de casos, modelos e experiências, e ganha forma em estrutura de processo, conjunto de recursos e de actividades inter-relacionados que transformam elementos de entrada em elementos de saída [Qualidade, 1997].

Ao nível do processo, verifica-se actualmente uma tendência comum para a interdisciplinaridade, co-responsabilidade e uso de processos estruturados, baseados em etapas bem definidas e controladas quanto a entradas e saídas [Rozenfeld, 2006].

Os processos estruturados permitem que o passo seguinte possa ser realizado e no final haja sucesso, justificando assim o esforço empreendido [Ulrich, 2003].

2.2.1 Exemplos de processos

A título de exemplo de processos de desenvolvimento e concepção de um produto serão, descritos, a seguir, os seguintes:

a) Processo unificado

Adequado, principalmente, às empresas produtoras de bens de consumo duráveis e de capital [Rozenfeld, 2006], *Figura 2.1*.

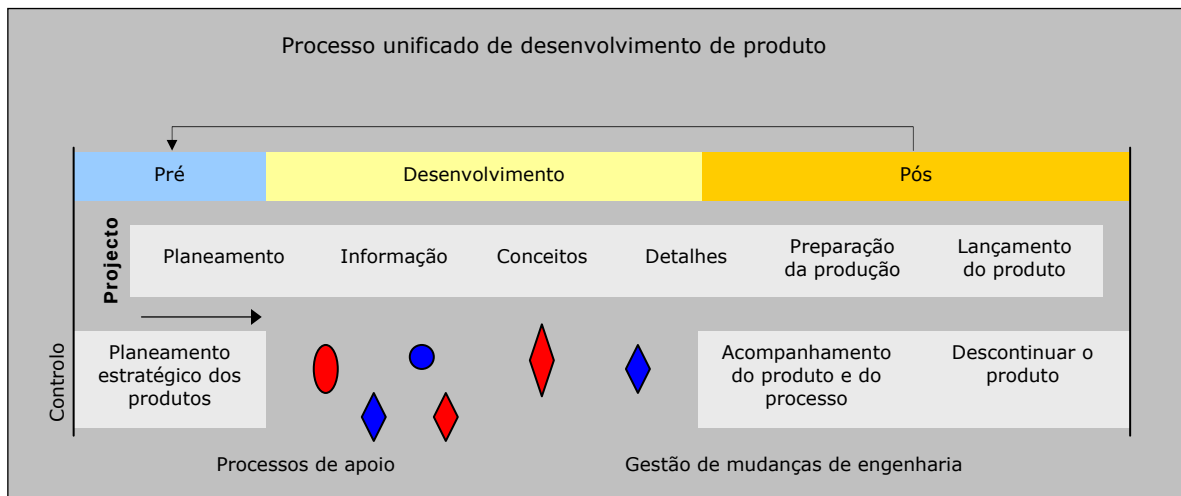


Figura 2.1: Processo Unificado de Desenvolvimento de Produto (adaptado de [Rozenfeld, 2006]).

b) Processo estratégico

Este modelo propõe o desenvolvimento do produto integrado com fases simultâneas, [Marxt, 2005], *Figura 2.2*.

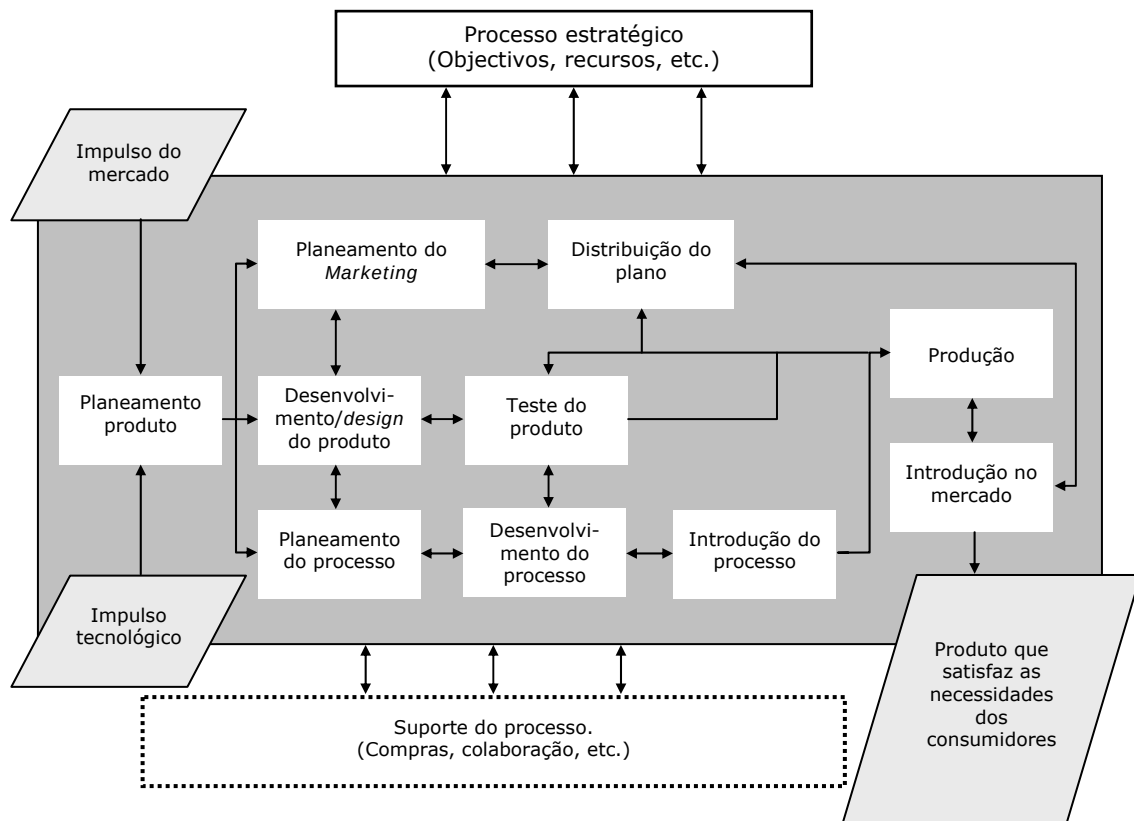


Figura 2.2: Processo estratégico de desenvolvimento de produto (adaptado de [Rozenfeld, 2006]).

c) Processo genérico

Baseado em “seis fases” que transformam um conjunto de entradas (*inputs*) num conjunto de saídas (*outputs*), que se inter-relacionam, desde a concepção de uma ideia até que a mesma seja transformada num produto final para comercialização. Trata-se de um processo interactivo e dinâmico [Ulrich, 2003], *Figura 2.3*.

O processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto, apresentado na *Figura 2.3*, será desenvolvido na secção seguinte 2.2.2 uma vez que será o processo orientador para as fases a concretizar relativamente ao desenvolvimento e concepção do otoscópio óptico-electrónico considerado neste trabalho.

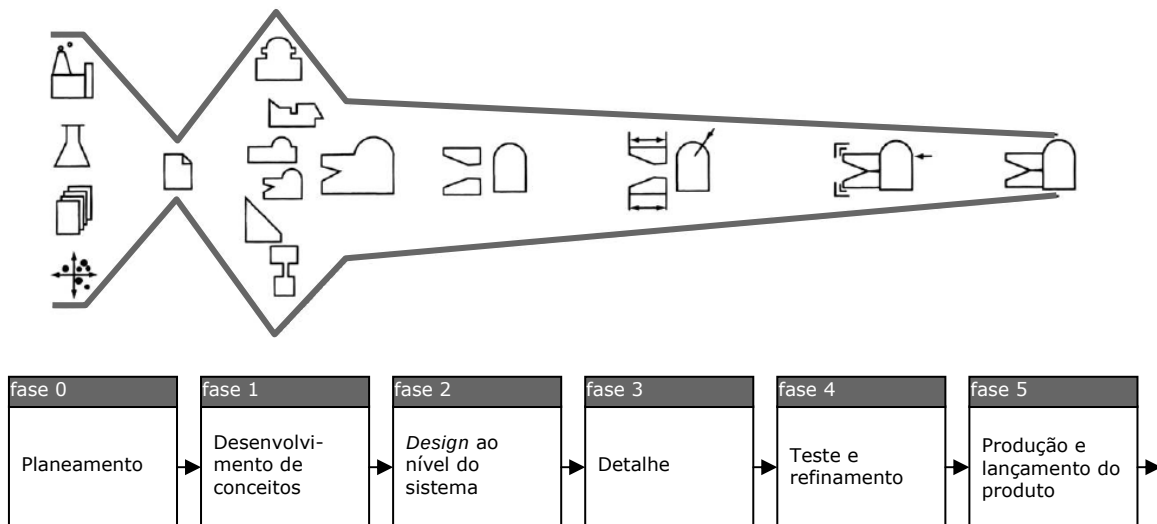


Figura 2.3: Processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto (adaptado de [Ulrich, 2003]).

2.2.2 Processo genérico

O processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto, apresentado na *Figura 2.3*, é um processo interactivo e dinâmico que gera uma componente muito forte a nível intelectual e organizacional independentemente da componente física que:

- Integra e procura, passo a passo, facilitar todo o processo, conjugando as diversas capacidades da empresa empreendedora e da equipa orientadora do projecto;
- Foca os pontos vitais (*Check List*) e assegura que nada de importante é indevidamente desprezado;
- Pela sua estrutura permite à equipa perceber em que fase está o desenvolvimento, gerando assim decisões consistentes;

- Apela a uma equipa coerente, dinâmica, com carácter duradouro e capaz de um relacionamento saudável que conjuga adequadamente saberes e capacidades;
- Este processo é largamente utilizado na indústria e em todo o tipo de projectos [Ulrich, 2003].

O processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto deverá assim ser visto sempre como uma orientação para a melhoria contínua do produto, cabendo à entidade empreendedora e à equipa orientadora do desenvolvimento e concepção, adaptar o processo de desenvolvimento às suas realidades concretas. O processo fica concluído quando a informação necessária para suportar a produção e vendas está definida e pronta para ser comunicada aos vários sectores envolvidos.

a) Fases do processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto

As fases do processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto, *Figura 2.3*, são apresentadas a seguir de forma sucinta, dando-se ênfase, ao tipo de questões que cada uma das fases trata e ao tipo de resultados, isto é, saídas que disponibiliza.

a.1) Fase 0 – Planeamento

O planeamento, *Figura 2.4*, é muitas vezes referido como a fase 0 que precede à aprovação de um projecto e do seu lançamento.

A fase 0, planeamento, trata de questões do tipo: estratégias da empresa; quais os produtos a serem desenvolvidos; avaliação da tecnologia; mercado disponível; momento adequado para introdução do produto do mercado.

Os resultados desta fase, saídas, geram a declaração de objectivos que especifica: o mercado alvo do produto; objectivos do negócio; pretensões e restrições fundamentais.

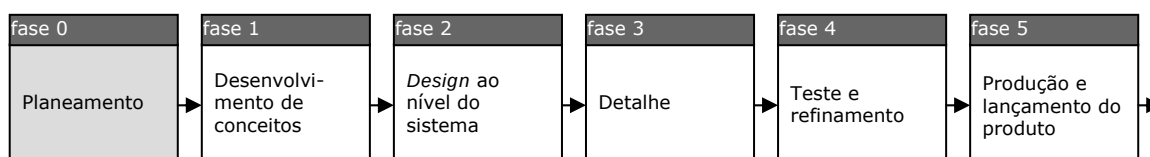


Figura 2.4: Processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto (adaptado de [Ulrich, 2003]).

Nesta fase, a entidade empreendedora e a equipa orientadora do desenvolvimento e concepção do produto devem, em conjunto, elaborar um plano de trabalho adequado, segundo os objectivos estabelecidos e definir claramente qual o tipo de produto a desenvolver.

O plano de trabalho pode ser realizado em cinco passos: 1) Identificar oportunidades; 2) Avaliar e dar prioridade aos projectos; 3) Gerir recursos e tempos; 4) Planear o pre-projecto; 5) Reflectir sobre os resultados e os processos.

Os tipos de produtos a desenvolver, são normalmente agrupados em quatro classes:

- 1) Novas plataformas – Plataformas criadas de raiz que servem de base para a incrementação de produtos similares;
- 2) Derivados – Produtos que são suportados pela plataforma já implementada no mercado;
- 3) Melhoria – Melhoria de produtos já existentes no mercado, de forma a torná-los mais atraentes e competitivos;
- 4) Fundamentalmente novo – Produtos ou tecnologias de produção radicalmente diferentes, que são por vezes lançados em mercados novos e pouco conhecidos. Envolvem maiores riscos para a empresa, mas o sucesso pode ser garantido a longo prazo, dependendo do impacto no mercado e consequente satisfação das necessidades do consumidor.

a.2) Fase 1 – Desenvolvimento de conceitos

A fase 1, desenvolvimento de conceitos, *Figura 2.5*, trata questões do tipo: especificações; análise competitiva do produto e justificação económica do projecto.

Os resultados desta fase, saídas, são: identificação das necessidades do mercado alvo; avaliação e geração de conceitos alternativos; selecção de conceitos para futuro desenvolvimento e teste.

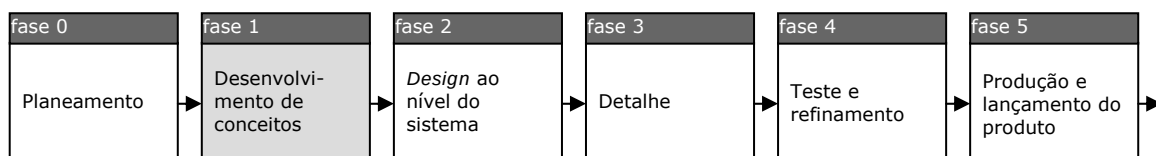


Figura 2.5: Processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto (adaptado de [Ulrich, 2003]).

A fase de desenvolvimento de conceitos é a fase que necessita de maior coordenação, pois gera várias etapas que se relacionam; as suas etapas estão esquematizadas na *Figura 2.6*.

Raramente o processo de desenvolvimento e concepção de um produto termina numa etapa e começa outra. Normalmente, na prática, verificam-se sobreposições e interações entre as etapas que geram retrocessos e avanços, quando necessário. A equipa ao analisar as inter-relações das etapas, de forma esquematizada, recebe informação do que precisa rever e corrigir para poder avançar.

Às inter-relações das etapas esquematizadas da fase de desenvolvimento de conceitos dá-se o nome de processo *Front-end*.

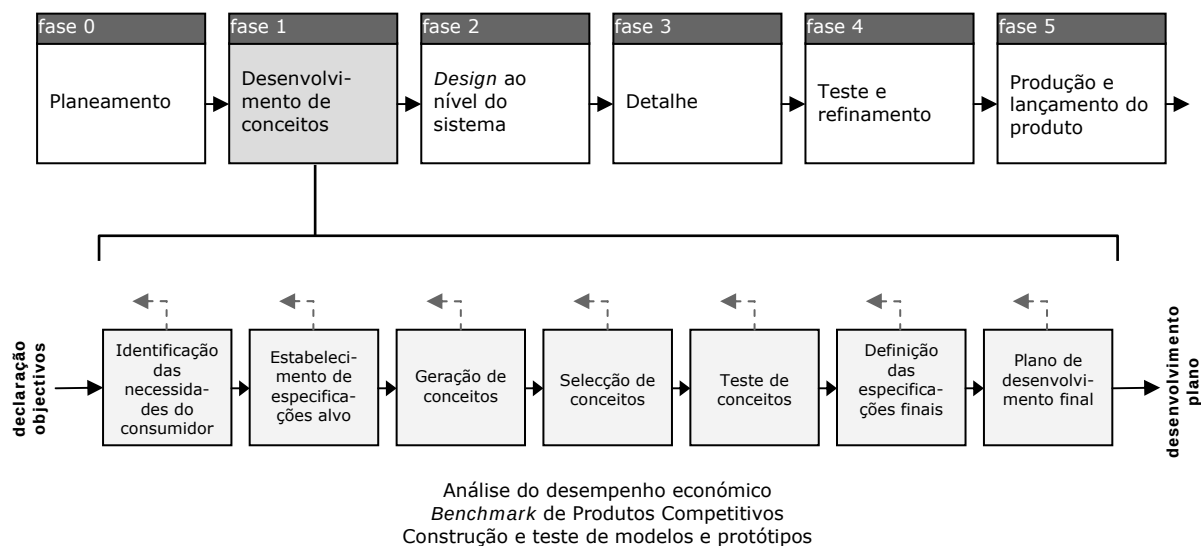


Figura 2.6: Inter-relações da fase de desenvolvimento de conceitos *Front-end* (adaptado de [Ulrich, 2003]).

As etapas da fase 1, podem ser sintetizadas da seguinte forma:

- Identificação das necessidades do consumidor: identificação das necessidades dos consumidores e respectiva comunicação de forma efectiva à equipa; organização das necessidades por ordem de importância;
- Estabelecimento de especificações alvo: realização de uma descrição precisa do que é esperado que o produto faça; definição de metas de início, que são fundamentais, para a orientação e sucesso da equipa; refinação das especificações de forma a garantir consistência do projecto, devido a possíveis restrições impostas pelo conceito escolhido;

- Geração de conceitos: exploração minuciosa do conjunto de conceitos que podem satisfazer as necessidades dos consumidores; realização da procura externa; incentivo à criatividade na resolução de problemas, sistematização e exploração das soluções fragmentadas apresentadas pela equipa; geração, entre 10 a 20 conceitos, representados tipicamente por esboços (esquícios) e uma breve descrição escrita;
- Selecção de conceitos: análise sequencial dos conceitos, de forma a eliminar o que não interessa até chegar ao promissor, aquele que será desenvolvido. O processo normalmente requer uma série de interações e pode originar adição ou refinamento do conceito;
- Teste dos conceitos: teste de um ou mais conceitos para garantir que as necessidades dos consumidores são satisfeitas e a correcção de defeitos ocorre antes de avançar com o desenvolvimento;
- Definição das especificações finais: definição das especificações finais e respectivas métricas; análise das restrições inerentes ao conceito (limitações identificadas, técnicas modelagem, intercâmbios entre custos e desempenho, etc.), de forma a refinar os parâmetros do projecto;
- Planeamento do desenvolvimento final: elaboração de um plano detalhado de desenvolvimento dos conceitos; definição do tempo necessário para o desenvolvimento dos conceitos; definição da estratégia para rentabilizar o tempo de desenvolvimento e os recursos necessários; elaboração do chamado *livro contracto* em forma de acordo documentado entre a equipa e a administração responsável, que contem: a declaração de objectivos, o que o cliente deseja, detalhes do conceito seleccionado, especificações do produto, análise económica, tempo desenvolvimento, gestão de recursos humanos e orçamento;
- Análise económica: elaboração de um modelo económico para o novo produto que permita avaliar cada etapa de desenvolvimento, de forma a justificar a continuação global do projecto;
- Produtos competitivos de referência (*benchmarking*): pesquisa de mercado, relativamente ao produto, evitando riscos de sobreposição de ideias e processos de *design*; este processo é realizado em várias fases do processo;
- Modelos e protótipos: definição da metodologia a adoptar para a realização dos modelos e protótipos, como por exemplo: método de prova de conceito – o conceito é colocado à disposição do consumidor para que no seu uso real sejam

testados e confirmados parâmetros demonstradores de fiabilidade; método de forma – o consumidor é confrontado apenas com a forma do produto para avaliar questões ergonómicas e de estilo; método de folha de cálculo – análise de intercâmbios; modelos de testes experimentais – realização de testes experimentais, segundo determinadas metodologias, para agrupar parâmetros de robustez quanto ao desempenho.

a.3) Fase 2 – Design ao nível do sistema

A fase 2, *design* ao nível do sistema, *Figura 2.7*, trata questões do tipo: definição da arquitectura do produto; decomposição do produto em subsistemas e componentes.

Os resultados desta fase, saídas, são: definições geométricas; composição do produto em subsistemas; especificações funcionais de cada subsistema do produto; diagrama de fluxo de processo preliminar para o plano de montagem.

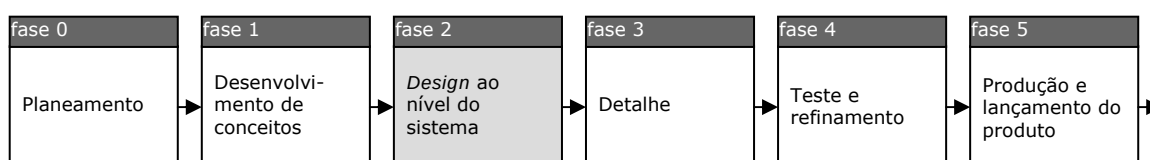


Figura 2.7: Processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto (adaptado de [Ulrich, 2003]).

a.4) Fase 3 – Detalhe design

A fase 3, detalhe *design*, *Figura 2.8*, trata questões do tipo: especificações geométricas; materiais; identificação de todas as peças *standard* a serem compradas a fornecedores; estabelece o plano de fabrico e das ferramentas necessárias.

Os resultados desta fase, saídas, são: documentação referente ao produto, onde consta, por exemplo: desenhos de definição de todas as partes constituintes do produto, especificações dos componentes a comprar e os planos de fabrico e de montagem do produto.

A esta fase estão associados dois problemas: o custo de produção e a robustez do desempenho.

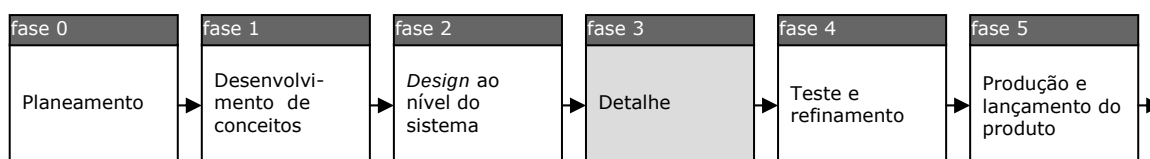


Figura 2.8: Processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto (adaptado de [Ulrich, 2003]).

a.5) Fase 4 – Teste e refinamento

A fase 4, teste e refinamento, *Figura 2.9*, trata questões do tipo: construção e avaliação das múltiplas versões de pré-produção do produto; construção de protótipos com a mesma forma geométrica, propriedades e materiais, contudo, fabricados por vezes de forma diferente do processo final de fabrico pretendido; teste dos protótipos para determinar até que ponto o produto funcionará de acordo com o pretendido e satisfaz as necessidades chave do consumidor alvo; construção posterior de protótipos com partes fornecidas pelo processo final de fabrico definido que podem, ou não, ser montados de acordo com o processo final de produção; avaliação extensiva dos protótipos internamente e por vezes também testados e avaliados por consumidores no seu ambiente de uso real.

Os resultados desta fase, saídas, são: registos e conclusões dos ensaios dos protótipos que normalmente respondem às questões relacionadas com o desempenho e confiança do produto, possibilitando a identificação de melhorias a introduzir no produto final.

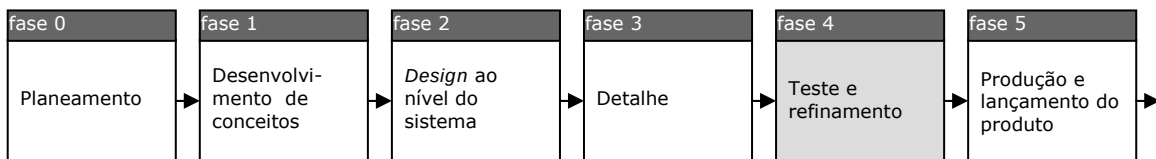


Figura 2.9: Processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto (adaptado de [Ulrich, 2003]).

a.6) Fase 5 – Produção e lançamento do produto

A fase 5, produção e lançamento do produto, *Figura 2.10*, trata questões do tipo: garantir o planeamento ao nível da produção; avaliar a capacidade produtiva; eliminar possíveis problemas do processo de produção; fornecer produtos, as chamadas amostras, a consumidores que cuidadosamente avaliam e identificam falhas possíveis (não detectadas pela equipa de desenvolvimento).

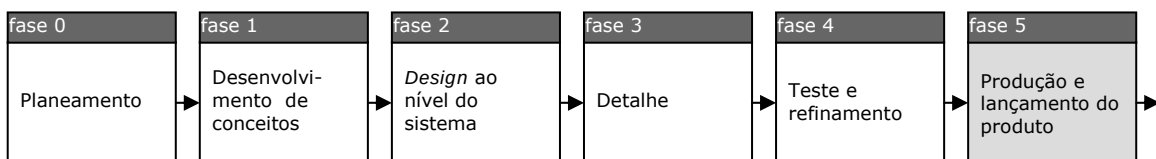


Figura 2.10: Processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto (adaptado de [Ulrich, 2003]).

Os resultados, saídas, desta fase são: produção do produto, colocando-o disponível para a distribuição; lançamento do produto.

b) Aplicações

O processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto aplica-se normalmente a produtos impulsionados pelo mercado, em que a equipa começa por perceber a oportunidade do mercado e selecciona a tecnologia apropriada de encontro às necessidades dos consumidores, porém o processo também pode ser aplicado a outro tipo de produtos, sendo para tal adaptado segundo a realidade da empresa e do produto em causa. A seguir, são indicados dois exemplos, *Figuras 2.11 e 2.12*.

• Produtos de rápida execução, *Figuras 2.11*.

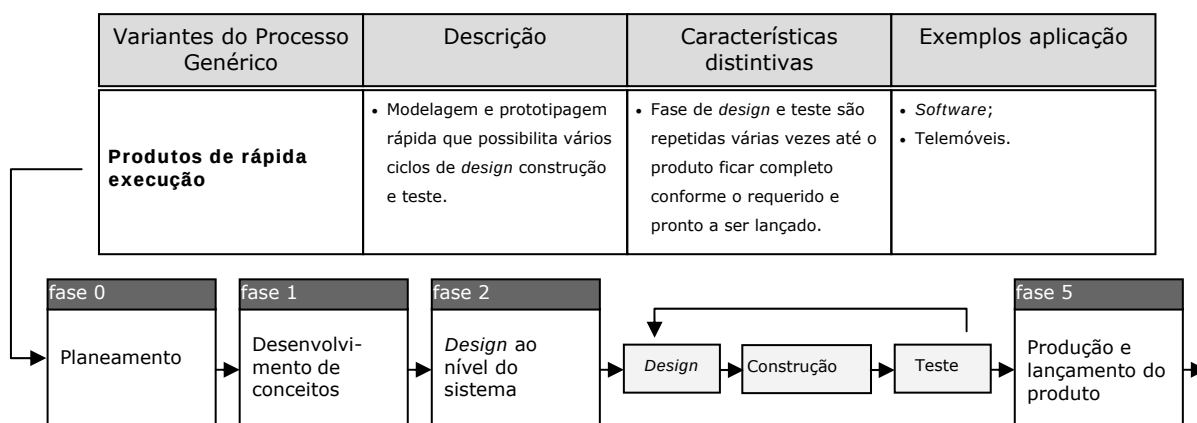


Figura 2.11: Processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto (adaptado de [Ulrich, 2003]).

• Produtos que geram sistemas complexos, *Figuras 2.12*.

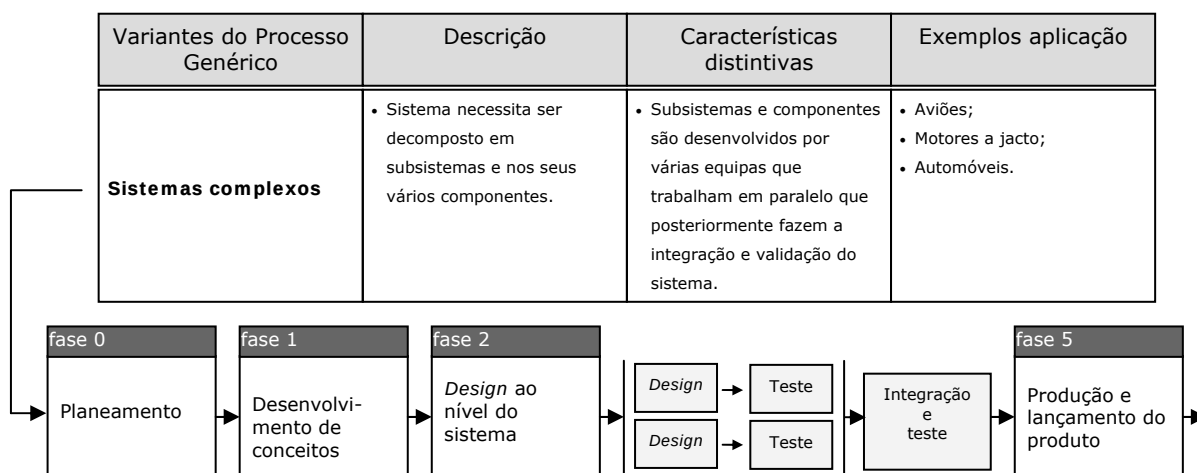


Figura 2.12: Adaptação do processo genérico a produtos que geram sistemas complexos (adaptado de [Ulrich, 2003]).

c) Sintetização do Processo

Pretende-se nesta fase apresentar o processo na sua estrutura resumida e global, *Tabela 2.1*, para facilitar a rápida consulta e posterior aplicação, segundo a realidade da empresa e da equipa orientadora do desenvolvimento e concepção de um produto.

Tabela 2.1: Resumo global do processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto (adaptado de [Ulrich, 2003]).

	fase 0	fase 1	fase 2	fase 3	fase 4	fase 5
	Planeamento	Desenvolvimento conceitos	Design ao nível do sistema	Detalhe	Teste e refinamento	Produção e lançamento do produto
Marketing	• Detecta claramente as oportunidades do mercado; • Define segmentos de mercado.	• Identifica as necessidades dos consumidores; • Identifica as tendências do consumidor; • Identifica quais os produtos competitivos.	• Desenvolve um plano para o produto seleccionado e estende-o a famílias de produtos; • Define preço de venda.	• Desenvolve o plano de marketing.	• Promove e escolhe materiais para o lançamento; • Facilita o processo de testes.	• Produz primeiramente para os consumidores chave.
Design	• Considera plataforma de produto e arquitectura; • Avalia novas tecnologias.	• Investiga a viabilidade dos conceitos gerados para os produtos; • Desenvolve os conceitos a nível de design industrial; • Constrói protótipos e faz testes experimentais.	• Gera conceitos alternativos para o produto; • Define subsistemas principais e interfaces (pontos de inter-relação); • Refina o design industrial.	• Define geometria das partes do produto; • Selecciona materiais; • Atribui tolerâncias; • Cria um dossier completo de documentação de controlo para o projecto.	• Realiza testes que garantam confiança; • Faz testes de vida do produto; • Faz testes de desempenho; • Obtém registos credíveis; • Implementa mudanças necessárias ao design.	• Avalia e estima inicialmente a capacidade de resposta da produção.
Produção	• Identifica os pontos críticos de produção; • Estabelece estratégia para a cadeia de provisões.	• Faz a estimativa do custo industrial; • Analisa a viabilidade da produção.	• Identifica fornecedores para componentes principais; • Realiza análise de compras; • Define elementos finais do projecto; • Estabelece e agrupa custos.	• Define o processo em fases; • Define os processos produtivos; • Define processos de garantia da qualidade; • Identifica e adquire ferramentas adequadas ao processo.	• Garante os fornecimentos com o aumento da cadência produtiva; • Refina o fabrico e interacção do processo; • Define recursos humanos; • Refina os processos de garantia da qualidade.	• Inicia a produção em ritmo industrial.
Outras funções	• Investigação: Faz o estudo demonstrativo da viabilidade tecnológica; • Finanças: Procura garantir e adequar o financiamento; • Administração: Garante os recursos necessários ao projecto.	• Finanças: Trata e facilita a análise económica; • Legal: Trata das questões ligadas à patente tecnológica.	• Finanças: Facilita e analisa o processo de compras; • Assistência: Trata de identificar assuntos de assistência.		• Vendas: Faz o planeamento das vendas.	

d) Vantagens

O processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto bem definido é útil a vários níveis:

- Garantia da qualidade – Definição de pontos de controlo, ao longo do processo, que contribuirão para garantir a qualidade do produto final;
- Ambiente – São consideradas, desde a fase inicial, questões ambientais que gerarão ao longo do processo soluções adequadas e orientadas ao nível da sustentabilidade que serão visíveis no projecto final;
- Coordenação – Clarifica e facilita a articulação de todo o projecto e funciona como um plano mestre que define o papel que cada elemento deve desempenhar, como e quando, fornecendo a todos os membros envolvidos a informação e o material necessário;
- Planeamento – Definição de objectivos a atingir em cada fase e respectivos tempos de concretização de forma a controlar e garantir que o projecto seja concluído no prazo definido;
- Administração – Co-responsabilidade na identificação de possíveis problemas em determinadas áreas, desbloqueando o processo para que os objectivos sejam atingidos;
- Melhoria – Geração de formas e registos organizados de documentação para identificar oportunidades de melhorias e de acumulação de conhecimentos para futuros projectos;
- Gestão de custos – Análise dos custos e esforços racionais de forma a financiar adequadamente a equipa;
- Gestão de todos os recursos da empresa – Aproveitamento e valorização dos pontos fortes da empresa e reforço dos pontos menos fortes;
- Satisfação – A satisfação de um processo bem definido leva a que o esforço desenvolvido seja perceptível por todos, desde os vários sectores da empresa à própria sociedade em que é produzido e/ou colocado à disposição o produto final.

2.3 Considerações para o sucesso do desenvolvimento e concepção de um produto

Do ponto de vista dos empreendedores, o sucesso do processo de desenvolvimento e concepção de um produto passa pelo factor ganho; contudo, para o conseguir a empresa precisa valorizar, para além dos factores económicos [Ulrich, 2003], outros aspectos importantes, como os indicados a seguir.

2.3.1 Produto atractivo

A empresa precisa de desenvolver produtos que se esgotem pela sua rentabilidade o mais rápido possível.

Para que um produto se esgote o mais rápido possível, o consumidor precisa sentir necessidade e/ou ser atraído pelo produto. Um produto atractivo, para o cliente, normalmente é aquele que satisfaz as suas necessidades individuais e colectivas, onde conceito e forma geram criatividade harmoniosa, adequação ao uso e qualidade associada, [Ulrich, 2003].

2.3.2 Oportunidade de mercado

A duração do desenvolvimento de um projecto varia dependendo do produto em causa. Um projecto pode demorar a desenvolver entre um a dez anos. São poucos os projectos que demoram menos de um ano, o que gera normalmente alguma admiração exterior. Perante estes dados, a empresa precisa avaliar, por exemplo: a necessidade efectiva do mercado; os custos/benefícios a curto, médio e a longo prazo; qual o poder da concorrência; quais os recursos humanos necessários, a sua capacidade tecnológica e económica para responder face à necessidade do mercado em tempo óptimo de encomenda, [Ulrich, 2003].

2.3.3 Desafio

O desenvolvimento e concepção de um projecto, nem sempre é sinónimo de sucesso; contudo, são vários os factores que podem tornar o desenvolvimento do produto um desafio aliciante:

- Compromisso – Capacidade no cumprimento dos prazos de entrega;
- Dinamismo – Acompanhamento das tecnologias, da concorrência, das preferências dos consumidores, adaptações ao projecto, etc.;
- Pormenores – Capacidade para encontrar o pormenor diferenciador e para tomar decisões associadas que podem fazer a diferença no custo global;
- Pressão/tempo – Capacidade para gerir pressões e tempos, associados à rapidez de tomada de decisão e por vezes sem informação completa. A falta destas capacidades podem levar à precipitação e empobrecimento do projecto;
- Economia – Rentabilização contínua de todo o processo;
- Encontrar uma boa solução de compromisso – Encontrar um produto que satisfaça as expectativas do consumidor.

2.3.4 Equipa

O desenvolvimento e concepção de um produto geram várias actividades interdisciplinares, conjugando assim esforços de várias áreas do saber.

No *design* industrial são poucos os produtos que são desenvolvidos por um único indivíduo. Normalmente, toda a actividade é desenvolvida em equipa, *Figura 2.13*, e o esforço individual é encarado como um complemento.

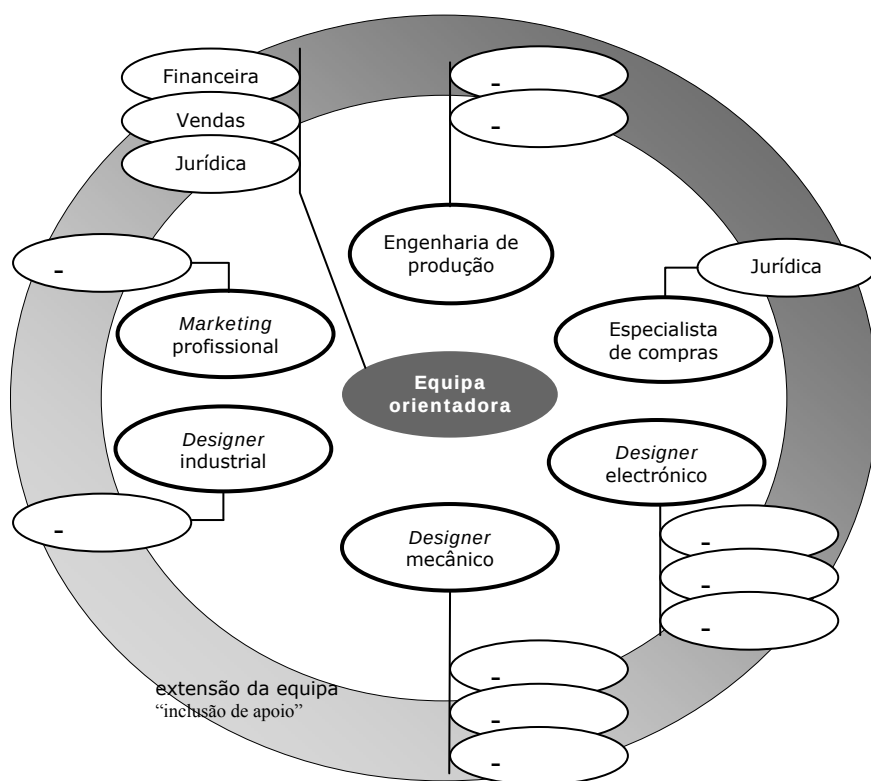


Figura 2.13: Equipa orientadora (adaptado de [Ulrich, 2003]).

A equipa orientadora tem normalmente um líder. O líder pode ou não fazer parte da organização da empresa de desenvolvimento.

A equipa, pode ser pensada e modelada, principalmente, de duas formas: equipa com núcleo consistente; equipa de política mais alargada. Uma equipa com núcleo consistente é formada por um pequeno grupo. Na maioria dos casos, os elementos desse grupo fazem parte da própria empresa. A equipa de política mais alargada é formada por um grupo considerável de membros. Os membros tanto podem fazer parte da empresa como serem externos, provenientes de parcerias ao nível do projecto, como por exemplo, consultores, universidades, agências governamentais e organizações não lucrativas.

Tanto num caso como no outro, o número de elementos constituintes depende do projecto e o nome “equipa” poderá ficar desajustado, mas mantém-se a denominação devido ao carácter de união e objectivo comum.

Apesar da interdisciplinaridade da equipa, três funções são centrais para o desenvolvimento e concepção de um produto:

- *Marketing* (comercialização) – função mediadora entre a empresa e os consumidores, que procura identificar as oportunidades de mercado, define o público-alvo, estratégias de lançamento e promoção do produto;
- *Design* (concepção) – função irter-relacional que visa a concretização de uma ideia em forma de projecto ou modelo [Löbach, 2001].

A função *design* assenta em três pilares [Jorge, 2004]: Utilidade – funcionalidade; Consciência – solidez e durabilidade; Beleza – estética, não perdendo de vista a usabilidade pela eficácia (atingir o objectivo), eficiência (atingir o objectivo com o menor esforço possível) e satisfação (nível de conforto que o consumidor sente quando está a usar um produto e a percepção que fica do esforço requerido para o objectivo pretendido) [Loyens, 2004], e a inovação que pode passar pela inspiração e implementação, produzindo melhoria, criando harmonia entre o produto, processo ou negócio, que se verifica no valor acrescentado, salvaguardando questões ecológicas e de sustentabilidade.

Quando a concretização de uma ideia em forma de projecto ou modelo é feita com base em desenhos concebidos e estudados para a produção em série (repetibilidade - iteração) estamos perante o chamado *design* industrial [Jorge, 2004].

O responsável pelo *design* é o *designer*, aquele que planeia ou concebe um produto, conjugando a utilidade prática e estética, [Editora, 2005]. O *designer*, no seu desígnio, torna-se responsável pelo bom e mau *design*, [Cunha, 2004];

- *Fabrico* – função que agrupa o processo produtivo: compras, distribuição de instalações, gestão de recursos humanos e tecnológicos, etc..

Cada uma destas funções requer especialização adequada, e o grau de interligação destas categorias de funções depende do tipo de produto e das suas características.

2.3.5 Organização

Independente de um processo de desenvolvimento e concepção de um produto bem adaptado à realidade de determinada empresa, este deve ter um suporte organizacional bem definido para que o sucesso seja efectivo, [Ulrich, 2003].

A organização de desenvolvimento e concepção de um produto é a forma como são rentabilizados os recursos, nomeadamente os recursos humanos (os *designers*), através da convergência das capacidades individuais ao colectivo.

Quanto às organizações, *Tabela 2.2*, existem vários modelos que serão objecto de filosofia a adequar à empresa e ao produto em causa: organizações funcionais e de projecto – intercâmbio clássico que se evidencia pela forte componente funcional e a coordenação eficiente; organização matriz – forma híbrida entre a organização funcional e por projecto.

a) Classificação dos indivíduos do desenvolvimento e concepção

Os indivíduos do desenvolvimento e concepção de um produto, dentro de uma determinada organização empresarial podem ser classificados de duas formas:

- 1) Por função: os indivíduos são agrupados por área de responsabilidade que envolve, normalmente, uma educação especializada, treino e/ou experiência;
- 2) Por projecto: independentemente da função, os indivíduos aplicam a sua especialidade a projectos específicos.

b) Relações entre os indivíduos do desenvolvimento e concepção

As relações entre os indivíduos do desenvolvimento e concepção de um produto, dentro de uma determinada organização empresarial podem ser formais ou informais e ainda relacionadas com os seguintes tipos:

- Relações de dependência: superior-subordinado (uma das mais comuns);
- Relações de acordos financeiros em que os indivíduos estão ligados por uma entidade financeira, como por exemplo: dependentes do mesmo orçamento; dependentes de uma declaração de lucro – prejuízo;
- Relações físicas: os indivíduos pertencem ao mesmo escritório ou departamento.

Tabela 2.2: Vários tipos de organizações (adaptado de [Ulrich, 2003]).

	Organização matriz			
	Organização funcional	Produtos simples	Produtos complexos	Organização por projectos
Força	Desenvolvimento assente em profunda especialização e competências.	Um único gestor de projecto tem as tarefas de: Coordenar, administrar e fazer a manutenção das especificações do desenvolvimento e competências.	- O gestor de projectos não tem autoridade real e controlo na organização do projecto, mas sim tarefas tipo: Coordenar e administrar, gerando integração e rápidos benefícios; - Algumas especificações da organização funcional são retidas.	- Recursos podem ser alocados de forma otimizada dentro da própria equipa; - Avaliação rápida do compromisso entre mercados e tecnologias.
Fraqueza	Coordenação entre diferentes grupos funcionais pode tornar-se lenta e burocrática.	Requer maior número de gestores e administradores do que em organizações não matriz.	Requer maior número de gestores e administradores do que em organizações não matriz.	Individualidades podem ter dificuldade em manter a capacidade funcional.
Exemplos típicos	Empresas que desenvolvem por encomenda à medida e cujo desenvolvimento envolve pequenas variações standard a nível de <i>design</i>, por exemplo: Motores; portes; empacotamento...	Automóveis, produtos electrónicos e companhias de aviação.	Recentemente, têm tido sucesso em projectos de automóveis, produtos electrónicos e nas companhias de aviação.	- Companhias inexperientes; - Empresas que competem em mercados extremamente dinâmicos.
Principais problemas	- Integrar as diferentes funções: <i>marketing</i> e <i>design</i>; - Encontrar uma meta comum.	- Conjugar funções e projectos; - Avaliar simultaneamente o projecto e desempenho funcional.		- Manter perícias funcionais com o passar do tempo; - Compartilhar aprendizagem técnica de um projecto para outro.

c) Factores que contribuem para o sucesso organizacional

São vários os factores a considerar para que haja sucesso organizacional a nível do desenvolvimento e concepção de um produto, como por exemplo:

- Liberdade, responsabilidade e confiança na equipa de desenvolvimento e concepção;
- Envolvimento adequado da parte gestora;
- Incentivo e orientação por parte dos representantes do *marketing* ou da produção para o sucesso global do desenvolvimento e concepção;

- Gestão adequada dos recursos, técnicos e humanos;
- Apoios financeiros adequados;
- Representação funcional da equipa;
- Motivação e harmonia laboral entre os elementos da equipa de desenvolvimento e concepção;
- Intenções clarificadas e correctamente definidas;
- Objectivos claros e adequados.

O grau destas questões depende da organização em causa. O importante é enfatizar os pontos fortes que a empresa e equipa possuem, de forma a tornar eficaz o processo genérico de desenvolvimento e concepção de um produto.

2.4 Sumário

Este capítulo traçou as bases fundamentais para o desenvolvimento e concepção de um produto.

Numa primeira fase, apresentaram-se exemplos de processos de desenvolvimento e concepção de um produto, desenvolvendo o processo genérico baseado no proposto em [Ulrich, 2003]. A metodologia foi apresentada de forma estruturada, sintetizando os pontos principais de actuação, para uma rápida apreensão e aplicação, por parte do *designer*, a um determinado projecto.

Na segunda fase, foram apresentadas considerações gerais para o sucesso da implementação do processo genérico, focando aspectos da responsabilidade da empresa e do *designer*, procurando sensibilizar a integração de liberdade e criatividade com metodologias organizacionais.

As duas etapas consideradas neste capítulo, fornecem ao *designer* e à empresa empreendedora um conjunto de boas práticas estruturadas de forma a orientar esforços, com vista ao sucesso, fomentando e rentabilizando a liberdade e a criatividade.

Este capítulo encerrou elementos teóricos básicos fundamentais para a orientação das fases posteriores de desenvolvimento e concepção do otoscópio óptico-electrónico seguidas neste trabalho.

Capítulo 3

Anatomia e Fisiologia do Ouvido Humano

3.1 Introdução

Neste capítulo, é apresentado um estudo sobre a anatomia e fisiologia do ouvido humano, orientado para o desenvolvimento e concepção do otoscópio óptico-electrónico.

Este capítulo está dividido em quatro secções: a secção seguinte, apresenta o ouvido, órgão dos sentidos fundamental para a audição e equilíbrio, e de uma forma resumida a constituição do ouvido, segundo as suas três zonas principais: ouvido externo, médio e interno, explicando o princípio de funcionamento e a finalidade de cada uma das suas estruturas; a terceira secção, apresenta a análise das patologias comuns e frequentes do ouvido médio (nomeadamente Otites), seu diagnóstico, tratamento e prevenção, para que se compreenda o mecanismo do ouvido humano e se possa otimizar a concepção e desenvolvimento do otoscópio; na quarta, e última secção deste capítulo, é apresentado um sumário.

3.2 Ouvido

O ouvido humano, *Figura 3.1*, é o órgão dos sentidos que cumpre duas funções: a audição e o equilíbrio. Permite perceber e interpretar ondas sonoras numa gama de frequências entre 16 e 20000 Hz, [Vilela, 2005], e em termos de níveis de intensidade, entre 0 e 120 dB. A exposição prolongada a níveis de intensidade superiores a 85 dB provoca perda gradativa da audição.



Figura 3.1: O ouvido, gama de frequência auditiva e níveis de pressão sonora (dB) (imagens adaptadas de [Editora, 2005], [Vilela, 2005] e [Ouvido, 2005]).

3.2.1 Constituição do ouvido

O ouvido humano está localizado [Editora, 2005], quase na sua totalidade, no osso temporal, e é dividido em três zonas distintas [Ouvido, 2005], sendo cada zona composta por diferentes estruturas, *Figura 3.2*:

- Ouvido externo: composto pelo pavilhão auricular (orelha), canal auditivo externo ou chamado meato auditivo e Tímpano;
- Ouvido médio: composto pela cavidade, conhecida como caixa do tímpano; cadeia ossicular constituída por três ossículos: martelo, bigorna e estribo, e pela trompa de eustáquio (tuba auditiva);
- Ouvido interno: composto pela cóclea ou caracol, canais semicirculares e nervo coclear.

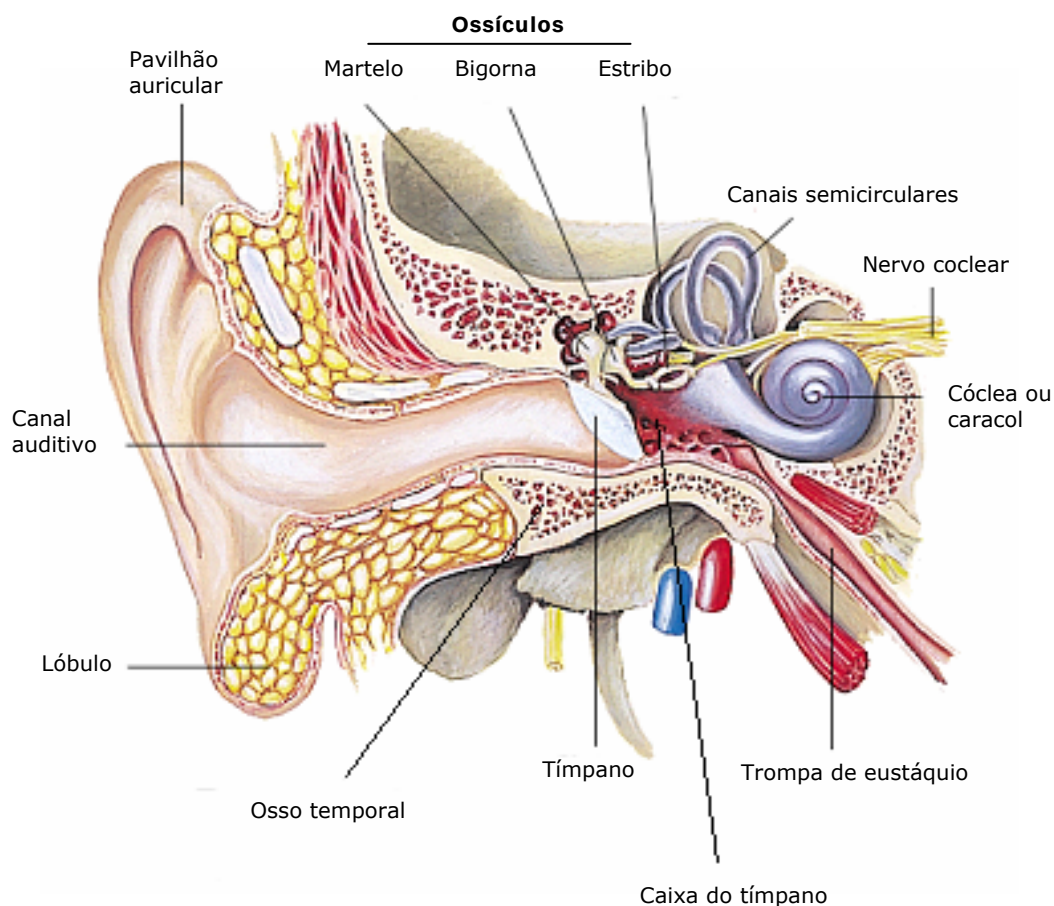


Figura 3.2: Constituição do ouvido (imagem adaptada de [Editora, 2005]).

a) Ouvido externo

O ouvido externo é responsável pelo direccionamento das ondas sonoras para as regiões mais internas do ouvido.

Assim, o pavilhão auricular, *Figura 3.3*, recebe ondas sonoras de origem mecânica (ondas de pressão), que se propagam no ar, canalizando-as para o canal auditivo. Todo o pavilhão auricular excepto o lobo ou lóbulo é constituído por tecido cartilaginoso recoberto por pele.

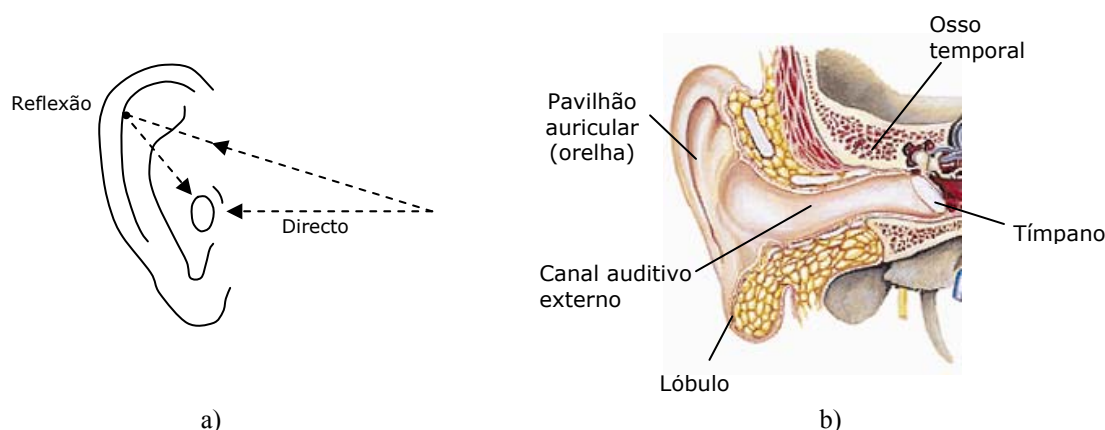


Figura 3.3: Ouvido externo: a) orelha, captação sonora no espaço; b) constituição ouvido externo (imagens adaptadas de: a) [Acústica, 2005] e b) [Editora, 2005]).

O canal auditivo, *Figura 3.3b*, conduz as ondas sonoras até atingirem o tímpano e provocarem a sua vibração. Tem aproximadamente 25 mm de comprimento, as suas paredes são sinuosas e rígidas e está coberto com cerca de 4000 glândulas que produzem cerúmen, de forma a proteger o ouvido interno, mantendo-o húmido e limpo de poeiras, microrganismos, insectos e introdução de objectos estranhos.

O tímpano é a membrana que separa o ouvido externo do interno.

A membrana timpânica, [Gentil, 2005], é translúcida e tem uma área de aproximadamente 85 mm², *Figura 3.4a*. A área com mobilidade, de forma a ocorrer a vibração provocada pelas ondas sonoras, corresponde apenas a 55 mm², uma vez que a periferia da membrana é rígida. O máximo do deslocamento da membrana timpânica é menor que 1 µm, obtido quando lhe é aplicada uma pressão sonora de 121 dB (máximo tolerável pelo ouvido humano).

Através do seu movimento vibratório, *Figura 3.4b*, a membrana timpânica é responsável pela introdução de energia mecânica na cadeia ossicular do ouvido médio e

também pelo sistema de auto-limpeza (migração epitelial), deslocação lateral da pele do tímpano em direcção ao começo do canal auditivo, [Ouvindo, 2005].

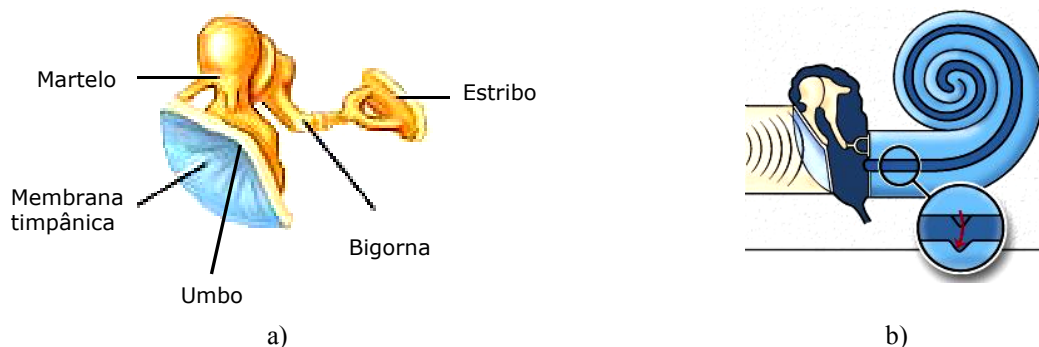


Figura 3.4: Ouvido externo: a) tímpano e ossículos; b) vibração do tímpano (imagens adaptadas de: a) [Gentil, 2005] e b) [Acústica, 2005]).

A membrana timpânica é uma estrutura auto-regenerativa, capaz de corrigir um orifício na sua estrutura, formada por três camadas de tecido e por duas regiões, [Gentil, 2005]:

a.1) Camadas de tecido

- Externa (fina e cutânea) – camada que está ligada à camada que reveste o canal auditivo externo;
- Intermédia (fibrosa) – camada principal, responsável pela deformação do tímpano;
- Interna (mucosa) – camada que faz continuação com o revestimento do ouvido médio.

a.2) Regiões

- *Pars flácida* (localizada na parte superior) – Composta por um número reduzido de fibras, apenas com camadas cutânea e mucosa e rica em nervos sensitivos;
- *Pars tensa* (localizada na parte inferior) – Composta pelas três camadas de tecido, possui poucos nervos sensitivos e forma a zona central onde fica o vértice do cone do tímpano, que liga à parte final do cabo do martelo e que se chama umbo, *Figura 3.4a*. É na parte central da *pars tensa* que se localiza a parte vibrante activa.

b) Ouvido médio

O ouvido médio é responsável pela amplificação das ondas sonoras e pelo equilíbrio da pressão entre os dois lados do tímpano de forma a proteger o ouvido interno de elevadas intensidades sonoras.

O ouvido médio, *Figura 3.5a*, por vezes designado caixa do tímpano, mede 2 a 4 mm de largura e aproximadamente 15 mm de altura.

A vibração do tímpano, provocada pelas ondas sonoras, comunica-se ao martelo e é transmitida e intensificada ao longo da cadeia de ossículos: martelo, bigorna e estribo (são os ossos mais pequenos que podemos encontrar no ser humano, tendo cada um o tamanho aproximado de um grão de arroz, [Wikipedia, 2007]). Estes três ossículos são muito importantes e podem ser vistos como amplificadores, pois actuam como uma alavanca, aumentando a pressão das ondas sonoras cerca de 1,3 vezes.

O estribo, último dos ossículos, comunica com o ouvido interno através da platina do estribo que assenta na janela oval, *Figura 3.5b*, ampliando a energia mecânica e transformando-a em energia hidráulica (pressão). Como a área de contacto entre a platina do estribo e a janela oval termina em redução, afunilamento de áreas, dá-se um aumento da pressão. A ampliação é de aproximadamente 22 vezes, pois a área da membrana do tímpano é maior 22 vezes que a área da janela oval. A ampliação é necessária, porque o líquido coclear possui uma inércia muito maior que o ar.

A articulação da bigorna com o estribo faz com que a base do estribo, em contacto com a janela oval, empurre o líquido coclear todas as vezes que o cabo do martelo se move para dentro e, obviamente, puxe o líquido coclear todas as vezes que o martelo se mover para fora. O movimento referido gera assim a agitação (hidrodinâmica) necessária no interior da cóclea para que as células ciliadas do ouvido interno possam identificar as frequências que compõem um certo som e transmitir essa informação ao cérebro através do nervo auditivo, na forma de impulsos eléctricos.

O músculo do martelo é responsável pela contracção do tímpano e o músculo do estribo controla o afastamento da janela oval. Através desse mecanismo é possível a protecção do ouvido interno a sons com grande intensidade ou mudanças súbitas de pressão. Este ajustamento feito pelos músculos provoca uma diminuição de intensidade da onda sonora que pode alcançar os 15 a 30 dB e que depende da frequência. Esta função permite que possamos conversar em zonas com intensidades sonoras elevadas na zona das baixas

frequências. A protecção efectuada por estes músculos apresenta uma latência de 30 a 40 milisegundos, e a protecção total ocorre apenas após 150 milisegundos.

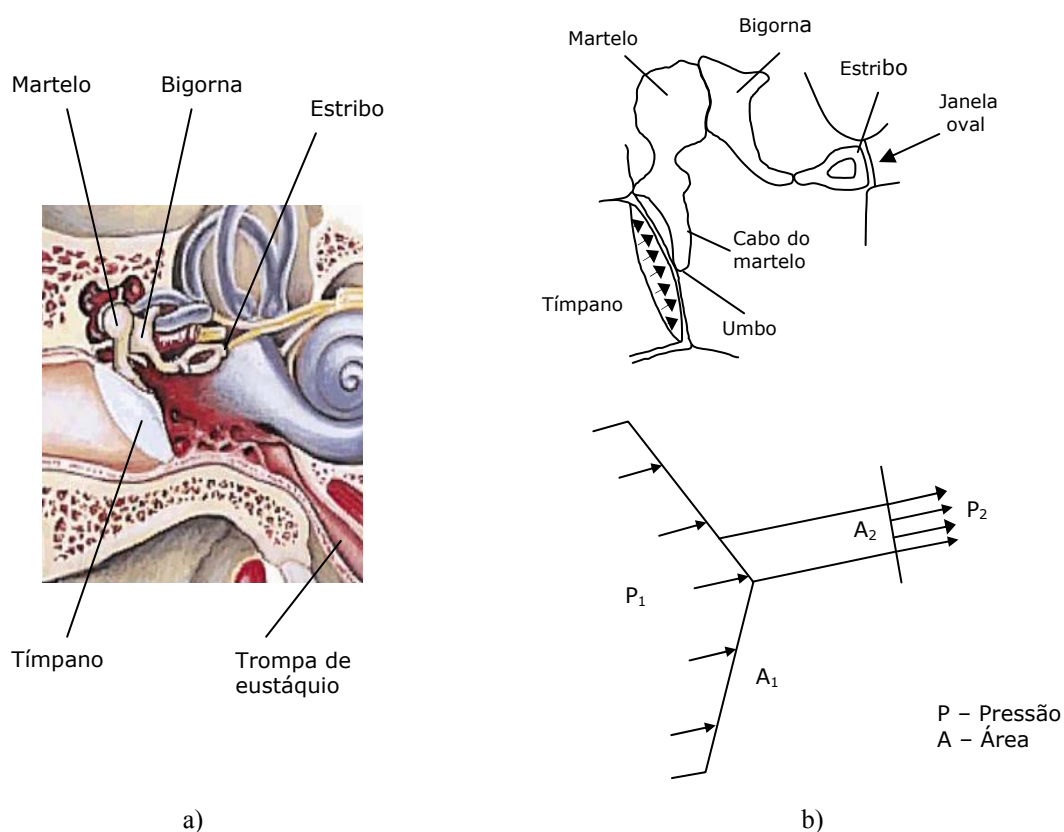


Figura 3.5: Ouvido médio: a) constituição do ouvido médio; b) ampliação das ondas sonoras (imagens adaptadas de: a) [Editora, 2005] e b) [Ouvido, 2005]).

Sons impulsivos, tipo disparo de uma pistola ou explosão, intensos (mais de 85 dB), não serão abafados por este sistema de protecção, e por esse motivo exposições frequentes deste tipo implicam perda de audição. A zona do ouvido médio está cheia de ar que permite equilibrar a pressão entre os dois lados do tímpano pois, a trompa de eustáquio, *Figura 3.5a*, comunica com a nasofaringe, *Figura 3.6*, na sua parede anterior e a parede posterior comunica com o ouvido médio, nomeadamente com as células da mastóide, [Editora, 2005].

A trompa de eustáquio, canal ósteo cartilágneo, abre e fecha periodicamente controlando a pressão e fornecendo também oxigénio ao ouvido médio. Se a trompa de eustáquio não abrir ou abrir lentamente, como acontece em casos de súbitas mudanças na pressão exterior (tipo mudanças de altitude), o mecanismo de transmissão das ondas sofre variações e haverá uma perda abaixo dos 1 kHz na ordem dos 20 dB, [Bevan, 1986; Merck, 2005].

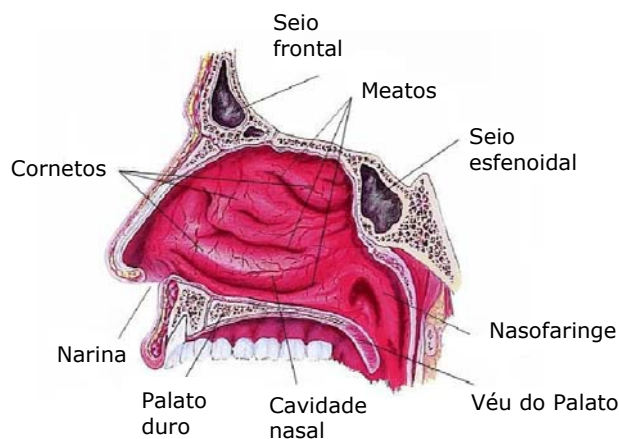


Figura 3.6: Nasofaringe (imagem adaptada de [Editora, 2005]).

c) Ouvido interno

O ouvido interno é responsável pelo equilíbrio (sentido de orientação espacial) e pela conversão das ondas sonoras em sinais eléctricos.

O estribo, *Figura 3.7*, pela actuação do tímpano e dos três ossículos, introduz as vibrações (energia mecânica) amplificada para o interior da cóclea pela janela oval.

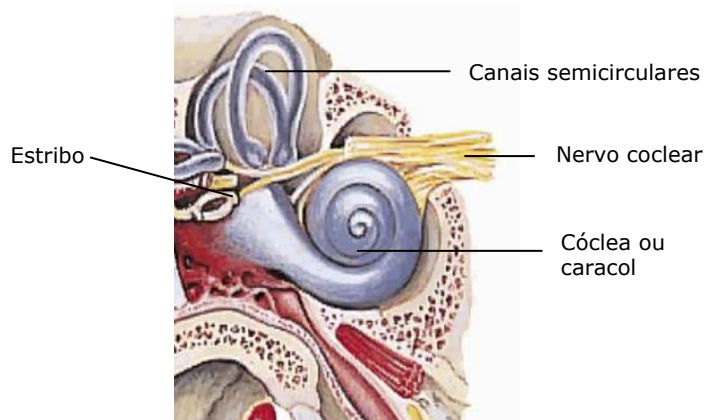


Figura 3.7: Ouvido interno (imagem adaptada de [Editora, 2005]).

A cóclea, [Vilela, 2005], assemelha-se a uma casca de um caracol ou a uma concha do mar, *Figura 3.8a*. É constituída por um tubo ósseo enrolado sobre si próprio, com as dimensões aproximadas de uma ervilha e pode esticar até 30 mm. A cóclea além de estar cheia de fluido, a sua superfície interna está alinhada com cerca de 20000 células nervosas responsáveis pelas funções mais críticas na nossa capacidade de ouvir.

A cóclea possui duas cavidades (escala vestibular e escala timpânica), unidas no extremo (helicotrema) e separadas pelo chamado ducto coclear, *Figura 3.9*.

A vibração passa para o interior da cóclea pela cavidade (escala vestibular) propagando-se pelo fluido que se encontra no seu interior (endolinfa), viajando até ao helicotrema, e retorna pela cavidade (escala timpânica) até à base, sendo depois absorvida pela janela redonda. A vibração, transmitida ao interior da cóclea, através da janela oval, provoca a oscilação da membrana basilar.

A membrana basilar, [Ciência, 2005], suporta o órgão de Corti, *Figura 3.8c*, que acompanha a estrutura em espiral da cóclea e que aloja células ciliadas (células que contêm cílios, minúsculos sensores, semelhantes a pêlos) que convertem a energia acústica/mecânica em energia electroquímica, *Figura 3.8d*.

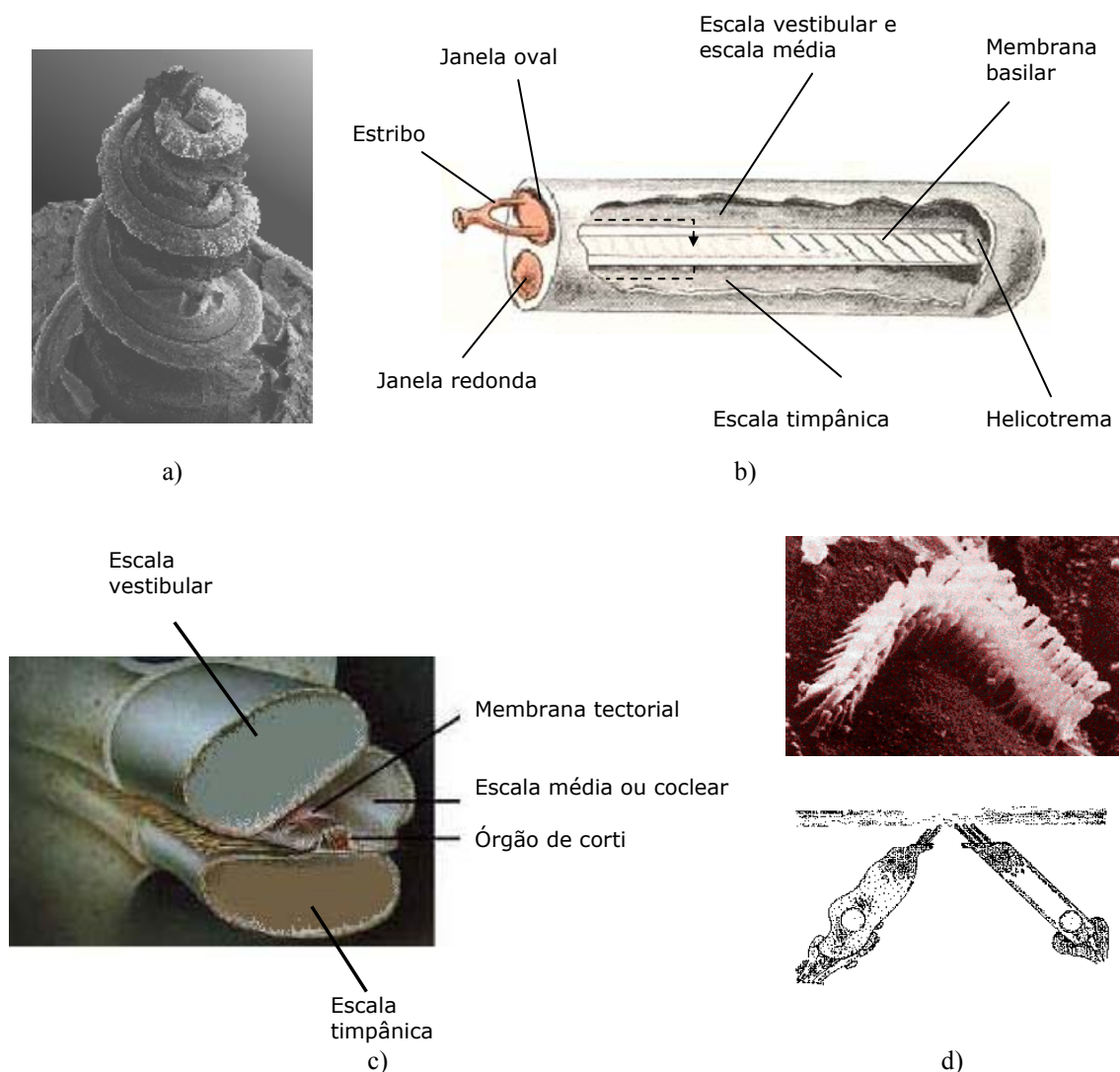


Figura 3.8: Ouvido interno: a) cóclea real; b) cóclea esticada; c) membrana basilar e órgão de corti; d) cílios (imagens adaptadas de: a), b) e c) [Vilela, 2005] e d) [Ciência, 2005]).

A oscilação da membrana basilar vai depender do tipo de som envolvido. Frequências abaixo dos 20 Hz e acima dos 20 kHz não provocam ressonância da

membrana basilar, inclinação dos cílios e respectivo envio dos impulsos nervosos para o cérebro, e por esse motivo não são audíveis, [Vilela, 2005].

As células ciliadas, [Ciência, 2005], estão ligadas, enervadas pela sua base, a fibras eferentes e aferentes do nervo coclear, que é formado por um conjunto de fibras nervosas, *Figura 3.9*, que se deslocam através da espinal medula e levam o sinal nervoso até diferentes partes do cérebro tais como: o cerebelo, mesencéfalo, o tálamo e o lóbulo temporal do córtex, fazendo chegar ao cérebro, em forma de impulsos eléctricos toda a informação sobre o som em causa (frequência, intensidade e timbre) que o cérebro utiliza para construir a imagem sonora correspondente.

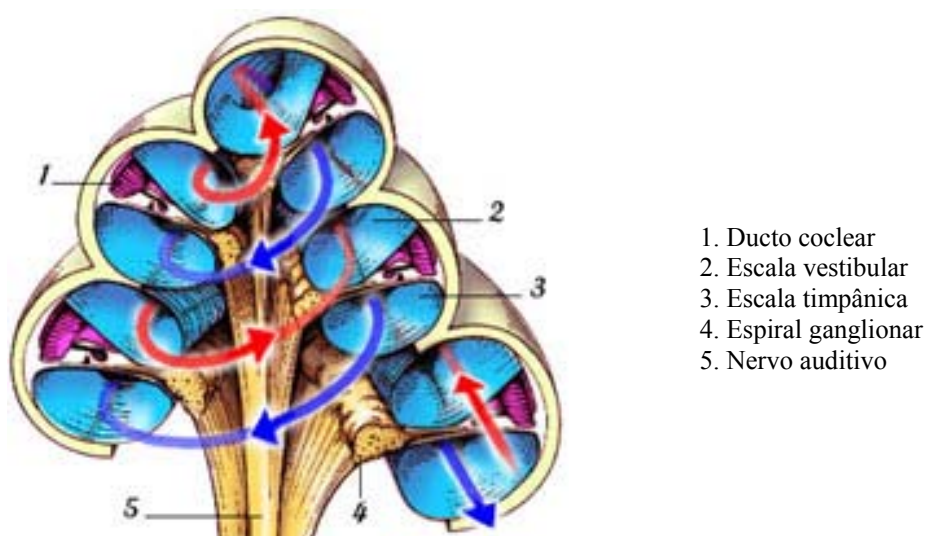


Figura 3.9: Ouvido interno: Conjunto de fibras nervosas (imagem de [Ciência, 2005]).

Os canais semicirculares, *Figura 3.10a*, não desempenham função directa na audição, contudo são responsáveis pelo equilíbrio do corpo e pela estabilização da visão, [Ciência, 2005]. São pequenos tubos circulares (três tubos em forma de semicírculo) que contêm líquido (semelhante à água) e estão colocados, respectivamente, em três planos espaciais (um horizontal e dois verticais) no labirinto posterior, em cada lado da cabeça. Os canais são perpendiculares entre si formando um sistema de eixos tridimensionais, *Figura 3.10b*.

Através do movimento do fluído existente nos canais, células sensoriais são excitadas e enviam impulsos nervosos informando o cérebro da posição do corpo. O cérebro por sua vez faz a compensação do movimento do corpo e da cabeça para que a visão não se torne turva.

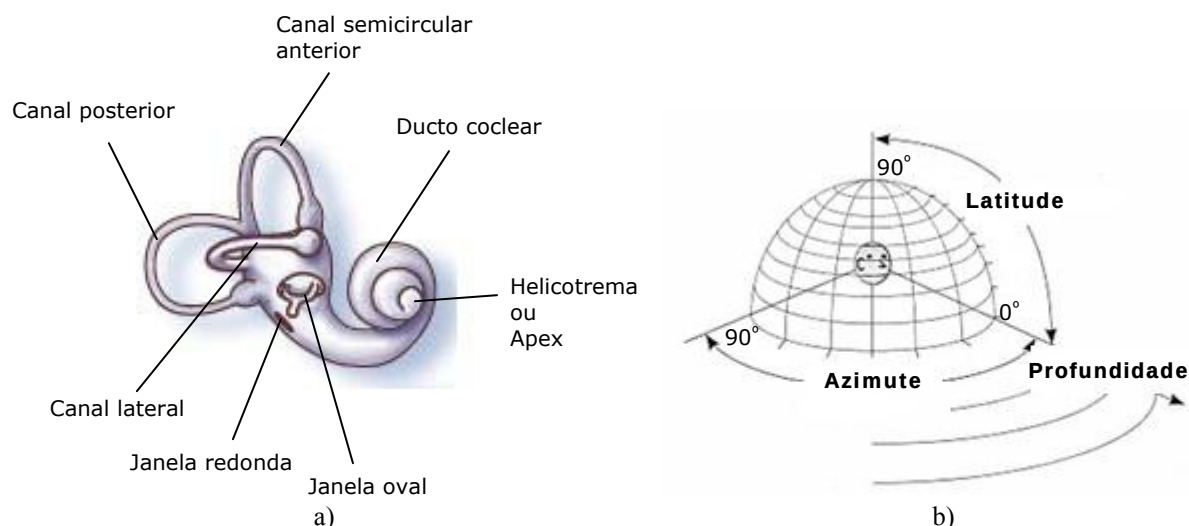


Figura 3.10: Ouvido interno: a) canais semicirculares; b) sistema de eixos (imagens adaptadas de: a) [Ciência, 2005 e b) Ouvido-Humano, 2005]).

3.3 *Patologias do ouvido médio*

As patologias inflamatórias do ouvido médio, [Bevan, 1986; Bluestone, 2005; Ciência, 2005; Saúde, 2005], são usualmente designadas por otites médias e podem ser classificadas da seguinte forma: otite média aguda (OMA) e otite média efusiva (OME).

As otites médias podem ocorrer em qualquer faixa etária, mas geralmente são mais comuns na infância, afectando crianças, principalmente, até aos 7 anos de idade.

Nos EUA, a otite média é uma das doenças mais diagnosticadas, mais de 30 milhões de americanos são afectados pela otite média durante o ano, [Johnson, 2003].

a) Otite média aguda (OMA)

Inflamação, de início súbito, no ouvido médio, provocada por um microrganismo (bactéria ou vírus). Alguns sinónimos comuns são: otite média aguda supurada ou otite média purulenta. A maior incidência de otite média aguda ocorre entre os 6 e 11 meses de idade. Estima-se que 85 a 90% das crianças terão um episódio de otite média aguda e 25% terão mais do que seis episódios. Quando um doente sofre três ou mais episódios de otite média aguda no espaço de 6 meses ou mais do que quatro episódios em 12 meses, com episódio recente diz-se que sofre de otite média aguda recorrente.

Os principais sinais/sintomas da otite média aguda são: dor (otalgia) que costuma ser severa e a diminuição de audição. Outros sinais/sintomas inespecíficos podem estar presentes; nomeadamente, no grupo etário dos lactentes: febre; irritabilidade; perda de

apetite; secreção no ouvido; hemorragia timpânica (otorragia) associada à rotura do tímpano e vômitos/alteração do trânsito intestinal.

b) Otite média efusiva (OME)

Trata-se da inflamação do ouvido médio com acumulação de líquido na sua cavidade. A otite média com efusão é relativamente assintomática e possui vários sinónimos: otite média secretora, não-supurada, ou otite média serosa.

Os principais sinais/sintomas da otite média efusiva são: efusão, secreção no ouvido que pode ser: serosa, clara, líquida, mucóide, espessa, ou uma combinação de todas estas, e perda auditiva.

3.3.1 Diagnóstico

O diagnóstico é feito pelo profissional de saúde, através da história do doente, da identificação dos sintomas, do exame ao ouvido através da observação a olho nu e do exame com otoscópio (aparelho específico para visualizar o ouvido) e/ou microscópio.

a) Identificação dos sintomas

O profissional de saúde, toma conhecimento dos sintomas pela observação e/ou descrição feita pelo doente/acompanhante.

b) Observação do ouvido a olho nu

A observação do ouvido a olho nu é feita numa primeira fase, pelo profissional de saúde e normalmente realiza-se em três etapas, [Oído, 2005]:

- Examinar o pavilhão auditivo – forma, cor, existência de tumores, fístulas, papilomas, secreção no ouvido, derrame ou outro tipo de sinais;
- Examinar a região mastoidea – eritema, edema, aumento de volume, desimpedimento e estado do canal auditivo, *Figura 3.11a*;
- Palpar o pavilhão auditivo – dor à mobilização, tumores, regiões inflamadas (adenopatias e zonas flutuantes), *Figura 3.11b*.

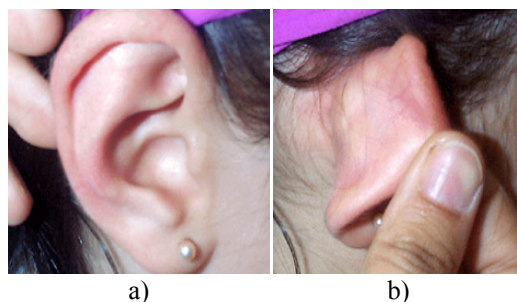


Figura 3.11: Inspeção a olho nu: a) inspeção à zona mastoidea; b) apalpação ao pavilhão auditivo (imagens de [Oído, 2005]).

c) Observação do ouvido com otoscópio

A observação do ouvido, [MedlinePlus, 2005], com otoscópio (operação designada por otoscopia), *Figura 3.12a*, é a inspeção do canal auditivo externo e do tímpano.

O otoscópio é um instrumento bastante utilizado pelos profissionais de saúde, principalmente em ambiente de urgência, para o diagnóstico de patologias do ouvido médio. O mais usual possui, normalmente: uma fonte de luz, uma lente para ampliar o tamanho da membrana timpânica, um orifício, *Figura 3.12c*, para acoplamento de um mecanismo pneumático, *Figura 3.12b*, e um sistema de ligação de espéculos, *Figura 3.12c*.

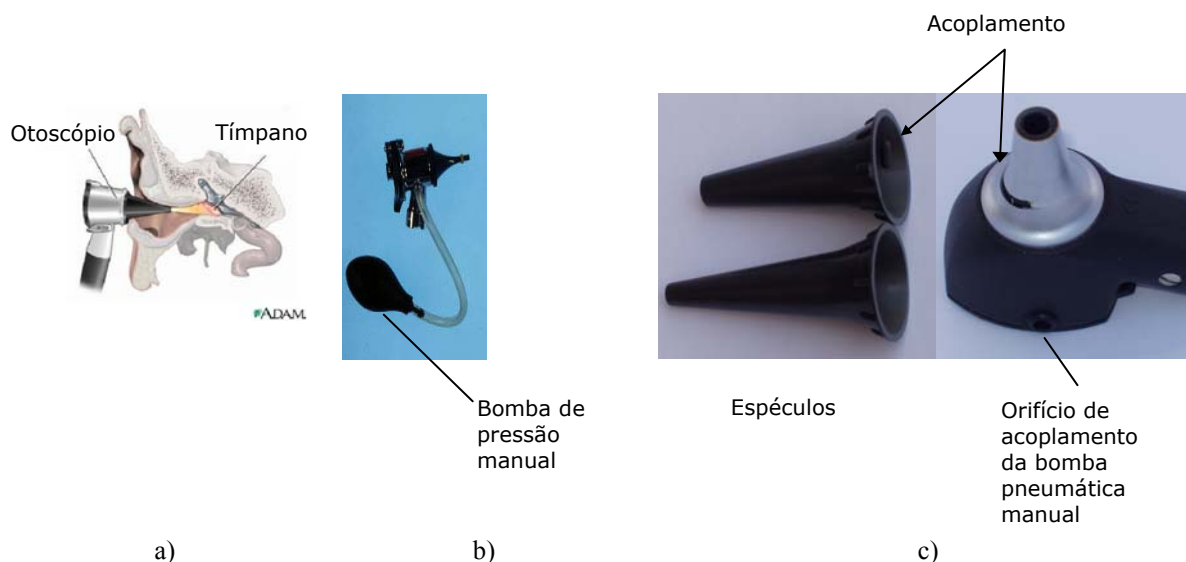


Figura 3.12: Observação do ouvido com otoscópio: a) demonstração da otoscopia; b) otoscópio pneumático; c) espéculos e acoplamento (imagens de: a) [MedlinePlus, 2005]).

Relativamente aos espéculos, existem diferentes tamanhos e diâmetros associados, conforme o doente a observar: criança ou adulto. Normalmente, os espéculos com 2,5 mm de diâmetro são usados nas crianças e os de 4 mm são usados nos adultos. Os espéculos descartáveis não são esterilizáveis.

Na otoscopia, otoscopia pneumática ou microscopia, o médico observa principalmente a coloração, a morfologia e a mobilidade da membrana timpânica. A coloração poderá ser: vermelha, âmbar, amarela ou incolor na ausência de inflamação. As alterações morfológicas poderão ser: retracções ou abaulamento, presença de bolhas ou perfurações, presença de secreção, presença de tubos de ventilação, etc..

A mobilidade do tímpano (quando a componente pneumática é usada por acoplamento ao otoscópio) apresenta os seguintes modos: móvel, indica estado normal, e imóvel, significando líquido acumulado no ouvido médio ou cera acumulada/encrostada junto do tímpano dificultando assim a sua vibração.

A otoscopia, [Oído, 2005], realiza-se em três etapas:

c.1) Posicionamento do pavilhão auditivo

Nos adultos puxa-se o pavilhão auditivo para trás e para cima e nas crianças puxa-se o pavilhão auditivo para trás e para baixo.



Figura 3.13: Posicionamento do pavilhão auditivo: a) adultos; b) crianças (imagens de [Oído, 2005]).

c.2) Introdução do espéculo do otoscópio no canal auditivo

Ligar a luz do otoscópio destinada à iluminação do tímpano e verificar se a intensidade luminosa é adequada, caso contrário restabelecer a fonte energética, *Figura 3.14a*, e introduzir o espéculo (cone) sempre “sob, visão directa” e com cuidado para não danificar o tímpano.

Durante a observação, o utilizador deverá estar atento e perceber se o doente sente dor e se for o caso, deve ajustar o *modo operandos*, *Figura 3.14b*.

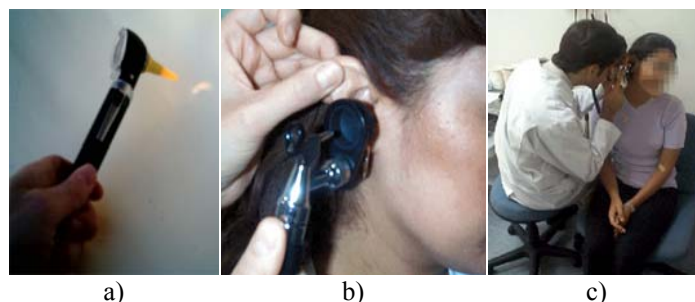


Figura 3.14: Introdução do espéculo do otoscópio no canal auditivo: a) luz do otoscópio; b) introdução do espéculo; c) visualização do tímpano (imagens de [Oído, 2005]).

d) Análise da membrana timpânica

Encontrar, por reflexão da luz, *Figura 3.15*, o cone de reflexo (cone reflexo claro) que é “o marco” mais fácil de identificar. O cone de reflexo claro aparece no quadrante inferior anterior da membrana timpânica. A essa área brilhante também se dá o nome de “triângulo luminoso” ou “prévio”. O triângulo luminoso forma-se devido à passagem de luz através da membrana timpânica.

Depois de ser localizado o cone reflexo de luz, seguir o fim estreito até ao umbo para visualizar o extremo do cabo do martelo; seguir pelo cabo do martelo e analisar toda a estrutura timpânica; em simultâneo, o profissional de saúde pode introduzir ar comprimido, no canal auditivo, de forma a fazer mover o tímpano. A introdução do ar é feita através da compressão, manual, e controlada por uma bomba pneumática acoplada ao otoscópio.

Alguns exemplos da análise da membrana timpânica, [Johnson, 2003], relativamente à coloração e alteração morfológica, podem ser verificados na *Figura 3.16*, nomeadamente:

- Tímpano normal – membrana normalmente incolor ou perolada e brilhante; existe passagem de luz, emitida pelo otoscópio através da membrana (tímpano com transparência) e são claramente visíveis os “marcos ósseos”.
- Tímpano com vascularidade evidenciada – membrana normalmente de cor rosada, que pode resultar do choro da criança ou da irritação associada à tentativa de remoção de cera; existe passagem de luz, emitida pelo otoscópio através da membrana e poderá existir dificuldade em visualizar os “marcos ósseos”.
- Tímpano com otite média aguda – membrana normalmente vermelha e abaulada, devido a líquido existente no ouvido médio; não existe passagem de luz, emitida pelo otoscópio através da membrana e não são visíveis os “marcos ósseos”.

- Tímpano com otite média efusiva – membrana normalmente amarelada, devido a líquido seroso, existente no ouvido médio; existe alguma passagem de luz, emitida pelo otoscópio através da membrana e podem ou não ser visíveis os “marcos ósseos”.

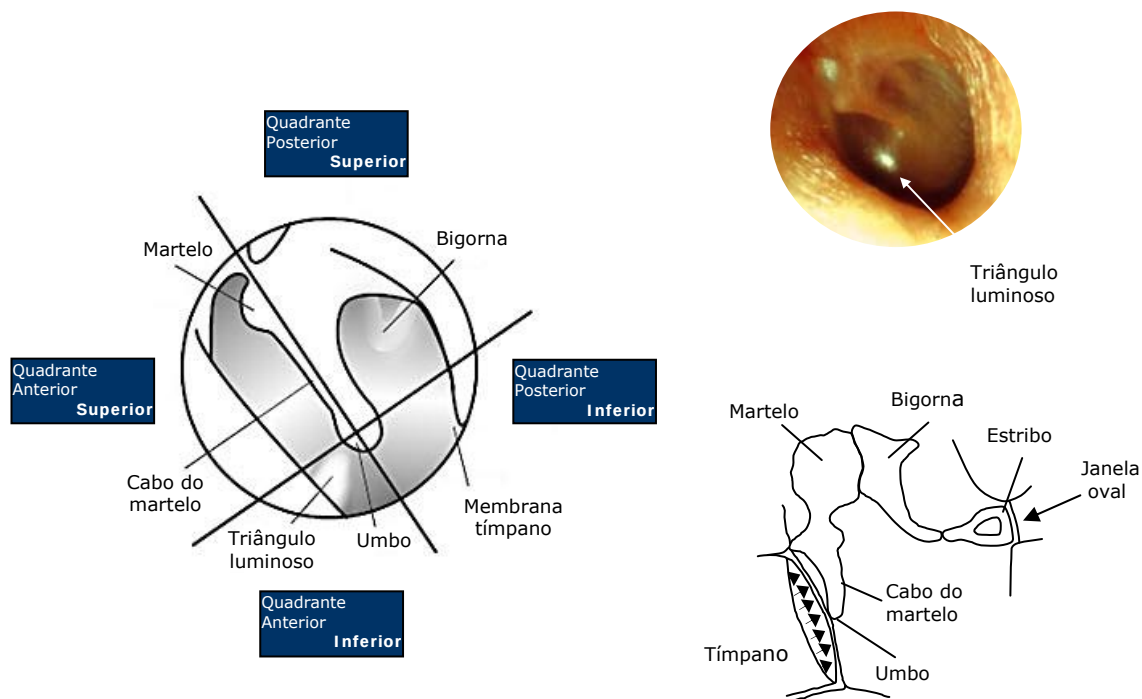


Figura 3.15: Análise da membrana timpânica (imagens de [Course, 2005]).



Figura 3.16: Exemplos da análise da membrana timpânica (imagens adaptadas de [Johnson, 2003]).

3.3.2 Tratamento

O tratamento das patologias do ouvido médio, otite média aguda e otite média efusiva, é distinto devido à entidade patológica presente.

O diagnóstico correcto é fundamental para evitar o uso abusivo de antibióticos. Estes apenas têm indicações no caso da otite média aguda.

Quando existem dúvidas, o tratamento com antibióticos é controverso e por vezes contra indicado. Para além da possível iatrogenia associada ao uso de qualquer fármaco, apontam-se também problemas da crescente resistência bacteriana, [Bluestone, 2005].

a) Otite média aguda (OMA)

O tratamento geralmente é feito através do uso de antibiótico. A antibióterapia de primeira linha é normalmente a Amoxicilina em dose apropriada. A resolução do problema, verifica-se normalmente num período de 48 a 72 horas, [Johnson, 2003].

Caso, apesar do tratamento os sinais e sintomas de infecção progridam, o doente deverá ser reavaliado em 24 horas, pois complicações supuradas ou infecções graves recorrentes podem desenvolver-se, como por exemplo, meningite no lactente, [Bluestone, 2005].

b) Otite média efusiva (OME)

Na maioria das crianças, a otite média com efusão resolver-se-á sem tratamento activo em 2 ou 3 meses, [Bluestone, 2005], com um tratamento à base de anti-inflamatórios, combinação de descongestionante oral e anti-histamínico.

Caso não se verifique a resolução do problema, o uso do antibiótico (administrado apenas durante 10 dias a crianças que não o tenham tomado recentemente), tal como na otite média aguda, é aconselhado de forma a evitar, resolver ou minimizar, sequelas associadas a esta patologia, como por exemplo:

- Perda significativa da audição devido à efusão;
- Infecção aguda do trato respiratório superior;
- Presença de atraso de fala/linguagem;
- Distúrbios no equilíbrio;
- Formação de retracções na membrana timpânica;
- Otite média adesiva ou envolvimento ossicular;
- Episódios frequentes;
- Efusões que persistem por 3 meses ou mais, evitando a otite média efusiva crónica e sujeita à colocação de tubos de ventilação;
- Cirurgia prévia para otite média, como colocação de tubos de ventilação ou adenoidectomia.

3.3.3 Causas

Como já referido, a zona do ouvido médio está cheia de ar que oxigena o ouvido médio e equilibra a pressão entre os dois lados do tímpano. O ar chega ao ouvido médio pela trompa de eustáquio (tuba auditiva, termo mais actual) que comunica com a nasofaringe na sua parede anterior e a parede posterior comunica com o ouvido médio pelas células da mastóide.

A inflamação no ouvido médio proporciona-se quando a trompa de eustáquio não funciona correctamente. Um dos motivos para que tal aconteça é a sua obstrução e inflamação, como acontece em casos em que o doente sofre de alergias (rinite) ou nas infecções da faringe (garganta). O germe (bactéria) presente na garganta migra (sobe) pela tuba auditiva até ao ouvido médio onde se multiplica nas secreções aí acumuladas, resultando na otite média aguda.

O risco de ocorrer uma infecção é maior quando:

- A tuba auditiva é pequena ou não funciona de maneira eficiente, como acontece nas crianças pequenas;
- Quando a criança mama no peito ou toma leite através de biberão e na posição de deitada, pois a posição facilita a entrada de alimentos, sucos digestivos e germes na tuba auditiva;
- Após uma gripe;
- Através do contacto com outros indivíduos com otite;
- Durante doenças infecciosas de infância.

3.3.4 Prevenção

Para diminuir a incidência das otites podem ser tomadas algumas medidas [Bluestone, 2005], principalmente em crianças, tais como:

- Alimentação das crianças feita com leite preferencialmente materno, devido à protecção que o leite materno confere contra a otite;
- As mães não devem amamentar com a criança deitada e sim inclinada;
- Não fumar em locais fechados, pois o fumo do cigarro aumenta o risco de infecção no ouvido, pelos danos que causa à função da tuba auditiva e pelas alterações provocadas na mucosa de protecção do nariz e garganta.

3.4 Sumário

Este capítulo traçou as bases fundamentais sobre a anatomia e fisiologia do ouvido humano.

Numa primeira fase foi apresentada a importância do ouvido humano e realçadas as suas potencialidades de forma a sensibilizar o *designer* para a sua importância.

A descrição, sucinta, da constituição do ouvido humano também apresentada, permite ao *designer* adquirir sensibilidade sobre o seu mecanismo.

Numa terceira fase, foi apresentado um estudo das patologias do ouvido humano, suas definições, formas de diagnóstico e de prevenção. Tal permite ao *designer* compreender a dificuldade do profissional de saúde no diagnóstico e tratamento de tais patologias, principalmente a otite média aguda e efusiva.

As três etapas deste capítulo, encerram elementos teóricos e referências fundamentais para que o *designer* possa consolidar a anatomia e fisiologia do ouvido humano com a tecnologia, e concentrar esforços no levantamento das necessidades dos consumidores do otoscópio a desenvolver neste trabalho.

Capítulo 4

Identificação das Necessidades do Consumidor

4.1 Introdução

Neste capítulo, são identificadas as necessidades do consumidor alvo relativamente ao otoscópio e diagnóstico clínico das patologias do ouvido médio.

As necessidades do consumidor foram identificadas através de interrogatórios e de inquéritos distribuídos aos profissionais de saúde, pais ou acompanhantes do doente.

Este capítulo está dividido em quatro secções: na secção seguinte, é apresentado o inquérito desenvolvido para a identificação das necessidades do consumidor alvo, o tratamento e a ponderação dos dados obtidos; na terceira secção, são apresentadas as necessidades-chave seleccionadas para o desenvolvimento e concepção do produto, segundo critério de qualificação relativa da satisfação do consumidor; na quarta, e última secção deste capítulo, é apresentado um sumário.

4.2 Inquérito desenvolvido

Após reflexão sobre a anatomia e fisiologia do ouvido humano e dificuldades relacionadas com o diagnóstico das patologias do ouvido médio, apresentadas no capítulo anterior, foram elaborados e distribuídos inquéritos a profissionais de saúde, pais ou acompanhantes para identificar as necessidades do consumidor alvo, [Ulrich, 2003]. O objectivo principal deste inquérito foi consolidar a necessidade inicial apresentada na proposta de Dissertação que deu origem a este trabalho e, de uma forma abrangente, identificar o maior número de necessidades relacionadas.

A estrutura adoptada para os inquéritos elaborados foi a seguinte: introdução esclarecedora quanto à proveniência, motivo e objectivos; conjunto de questões agrupadas em tabelas elaboradas de forma a permitir o registo dos dados do inquirido e respectivas opiniões face ao uso do otoscópio e diagnóstico, relativamente às patologias do ouvido médio, *Tabela 4.1*.

4.2.1 Grupo analisado

Os inquéritos foram distribuídos em clínicas com a especialidade de Otorrinolaringologia e em serviços de urgência. O grupo analisado é indicado na *Tabela 4.2*.

4.2.2 Tratamento e ponderação dos dados

Após a recolha dos inquéritos (ver *Anexo A1*), os dados obtidos foram compilados e organizados em tabelas, para uma maior facilidade da sua análise (ver *Anexo A1, Tabela A1.1 a A1.4*); posteriormente foram tratados e quantificados, através de uma ponderação relativa, *Tabela 4.3*, de forma a identificar a importância que determinada necessidade tem para o consumidor, *Tabela 4.4 e 4.5*, viabilizando a oportunidade de projecto e identificando oportunidades de melhoria em vários domínios.

Tabela 4.1: Inquérito elaborado para identificação de necessidades dos profissionais de saúde, pais ou acompanhantes e doentes (continua).

Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

Dissertação sobre: Desenvolvimento de Sistema Protótipo de Otoscópio pneumático electrónico

Curso de Mestrado: Mestrado em Design Industrial da Universidade do Porto

Aluno: José Manuel de Jesus Soeira

Orientador: João Manuel Ribeiro da Silva Tavares

Prof. Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Inquéritos

Os inquéritos, na sequência das fases do ciclo de desenvolvimento e concepção de um produto, **fase 1 – desenvolvimento Conceito**, segundo Karl T. Ulrich e Steven D. Eppinger no seu livro “Product Design and Development - 3rd ed”, McGraw-Hill 2003, e toda a sua metodologia, permite ao *designer*, compreender adequadamente as necessidades dos consumidores de forma a satisfazer as suas expectativas.

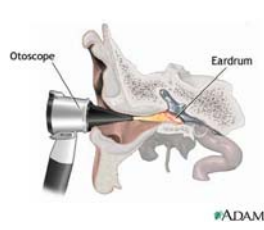
Os presentes inquéritos foram preparados de forma a focar o essencial, limitados ao máximo, para não se tornarem demasiado complicados de responder, exigirem demasiado tempo e serem o mais atractivo e agradável possível.

Algumas questões, por vezes, parecem de pouca importância e até absurdas, mas, respostas sinceras e verdadeiras podem levar a pormenores que podem fazer a diferença no desenvolvimento de um produto.

No âmbito do meu trabalho, eu José Manuel de Jesus Soeira, agradeço a colaboração.
Obrigado.



a)



b)

Exemplo de um otoscópio normalmente usado: a) otoscópio disponibilizado para estudo;
b) aplicação do otoscópio (imagem de: b) [MedlinePlus, 2005]).

Tabela 4.1: Inquérito elaborado para identificação de necessidades dos profissionais de saúde, pais ou acompanhantes e doentes (continuação).

Identificação	Nome
	Idade
	N.º de filhos
	Actividade
	Experiência na detecção da otite média aguda
Questões relativamente ao uso do otoscópio	
Profissionais de saúde	Qual o tipo e modelo que usa habitualmente?
	Permite-lhe diagnosticar a otite média aguda com facilidade?
	É agradável ao toque?
	É de fácil manuseamento?
	Provoca receio no doente?
	Provoca dor no doente?
	Serve para todo o tipo de doentes?
	Tem adaptadores à idade do doente?
	Pode causar danos no tímpano?
	Usa com frequência a componente pneumática?
	Acha necessário a visualização do tímpano, mesmo que o instrumento fosse de diagnóstico totalmente electrónico?
	A iluminação do tímpano, pelo instrumento, é suficiente?
	Como é feita a alimentação energética do instrumento (ex. baterias) e qual a duração média?
	Se alimentado por baterias, quando a carga destas está baixa tem confiança no diagnóstico efectuado?
	A lente é suficiente para a visualização da membrana do tímpano.
	A intensidade luminosa normal do dispositivo é suficiente para uma correcta visualização do tímpano e dos problemas associados ao mesmo?
	A limpeza e esterilização dos componentes são fáceis de fazer? Como?
	Acha de interesse componentes adaptativos ao instrumento que o tornem mais atractivo e distraíam os doentes?
	Quais as modificações que fazia no instrumento?
Pais ou acompanhantes	Como é que detecta que o seu filho tem problemas de ouvidos?
	Usa algum instrumento para saber se o seu filho tem otite média aguda (problemas de ouvido)? Qual?
	O seu filho tem medo de médicos e dos instrumentos usados para diagnóstico das doenças do ouvido?
	Acha que o médico demora muito tempo a elaborar o diagnóstico relativo ao ouvido do seu filho?
	Acha o instrumento de diagnóstico usado pelo médico atraente, ou sente receio ao ser aplicado no ouvido do seu filho?
	Acha que ter um instrumento de diagnóstico de otites em casa, que evitasse deslocações desnecessárias ao médico, tempos de espera, agravamento do problema e todos os custos associados era vantajoso?
	Estava disposto a comprar um instrumento de diagnóstico de otites adequado a ser usado em casa?
	Quanto estava disposto a pagar pelo instrumento de diagnóstico de otites?
Doente	O que é que sente no ouvido?
	Tem receio do aparelho de diagnóstico que o médico usa? Porquê?
	Sente dores ao ser examinado?
	Acha o diagnóstico muito demorado?
	Acha que o médico demonstra certeza, e diz claramente qual é o problema no seu ouvido, depois de o observar com o aparelho de diagnóstico?
	Sente confiança de que o instrumento de diagnóstico está adequadamente limpo para ser usado no seu ouvido.

Tabela 4.1: Inquérito elaborado para identificação de necessidades dos profissionais de saúde, pais ou acompanhantes e doentes (conclusão).

Questões relativamente ao diagnóstico das patologias do ouvido médio	
Profissionais de saúde	O instrumento que usa habitualmente é fiável no diagnóstico da otite média aguda?
	É necessária muita experiência para detectar adequadamente uma otite média aguda, usando o instrumento?
	Habitualmente surgem-lhe dúvidas de diagnóstico através da visualização da membrana do tímpano?
	O tratamento adequado é definido em função de que procedimento de diagnóstico?
	Tem dificuldade em manter a distância adequada da extremidade do componente que é introduzido no canal auditivo à membrana timpânica?
	A diferença de coloração da membrana timpânica e da sua textura são claramente perceptíveis?
	Utiliza habitualmente outros dispositivos de diagnóstico de otites? Quais?
	Qual o dispositivo de diagnóstico que prefere para os casos de otites? Porquê?
Pais ou acompanhantes	O seu filho(s) costumam ter episódios de otite? Qual a frequência de ocorrência?
	Quais são os sintomas habituais?
	Que tipo de medicação, normalmente o médico receita?
	O tratamento indicado costuma resultar, ou implica várias idas ao médico?
	Acha-se capaz de usar um dispositivo que faça automaticamente o rastreio da otite no seu próprio filho.
Doente	Acha que o tratamento indicado resolve rapidamente os sintomas?
	Costuma ter episódios de otite? Qual a frequência de ocorrência?

Tabela 4.2: Grupo em análise.

Grupo em análise	Profissionais de saúde	Pais ou acompanhantes
Sexo	67% Masculino 33% Feminino	75% Feminino 25% Não especificado
Idade média	43 anos	34 anos
N.º de filhos em média	1	2
Especialidade	44% Otorrino; 23% Pediatra; 33% Clínico geral.	
Experiência	Considerável	

Tabela 4.3: Ponderação relativa.

Sim_ Satisfação total	1
Quase sempre	0,75
Mais ou menos	0,5
Às vezes	0,25
Não _ Insatisfação total	0
Sem resposta	-

Tabela 4.4: Necessidades identificadas/satisfação relativa do consumidor – profissionais de saúde.

Necessidades identificadas		Respostas _ Inquéritos									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Otoscópio _ diagnóstico	Diagnostica otite média aguda.	1	0	0,75	0,5	0,5	1	1	0,5	1	1
	Agradável ao toque.	1	0	1	1	1	1	1	0,5	1	1
	Fácil manuseamento.	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	1	0
	Não provoca receio no doente (médicos).	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1
	Não provoca dor no doente (médicos).	1	1	1	1	0,5	1	0,5	0	1	0
	Apropriado a todo o tipo de doentes.	1	1	1	1	0,5	1	-	1	1	1
	Adaptável à idade do doente.	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1
	Não causa danos no doente.	1	1	0,5	1	0,5	1	1	1	1	1
	Permite a visualização do tímpano.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Iluminação adequada.	1	1	1	1	1	0,75	1	0,5	1	1
	Alimentação com bateria com carga baixa garante diagnóstico correcto.	-	0	-	0	0	0	0	1	0	1
	Lente graduada para visualização do tímpano.	1	1	1	0	1	1	0,75	0,5	1	0
	Componentes atractivos.	1	1	0	1	0,5	0	0	0	0	0
	Fiável.	1	-	1	0	0,5	1	1	1	1	1
	Facilidade no diagnóstico.	0,75	0	0,75	0	0,75	0,75	0	0,5	1	0
	Visualizar as diferenças de coloração da membrana timpânica.	1	1	1	0	0,5	1	0,5	0,5	1	1
	Certeza no diagnóstico.	1	1	0,75	0	0,75	0	0	0	1	0,75
	Uso Otoscópio.	0	0	-	1	0,5	-	1	1	1	1
	Limpeza, esterilização dos espéculos.	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1
Necessidades identificadas		Respostas _ Inquéritos								Satisfação relativa do consumidor	
		11	12	13	14	15	16	17	18		
Otoscópio _ diagnóstico	Diagnostica otite média aguda.	1	1	1	-	1	1	0,75	1	0,82	
	Agradável ao toque.	1	1	1	-	1	1	-	1	0,90	
	Fácil manuseamento.	1	1	1	-	1	0	-	1	0,81	
	Não provoca receio no doente (médicos).	1	0,5	1	-	0,25	1	-	1	0,67	
	Não provoca dor no doente (médicos).	1	0,5	1	-	-	0	-	1	0,70	
	Apropriado a todo o tipo de doentes.	1	0	0	-	1	1	-	-	0,82	
	Adaptável à idade do doente.	1	0,75	1	-	1	1	-	1	0,80	
	Não causa danos no doente.	1	1	1	-	1	1	-	0,5	0,91	
	Permite a visualização do tímpano.	1	1	1	1	-	1	1	1	1	
	Iluminação adequada.	1	1	1	-	1	1	-	-	0,95	
	Alimentação com bateria com carga baixa garante diagnóstico correcto.	-	0	-	-	-	1	-	-	0,30	
	Lente graduada para visualização do tímpano.	1	1	1	-	-	1	1	1	0,82	
	Componentes atractivos.	0,75	1	1	-	-	0,75	-	1	0,53	
	Fiável.	1	1	1	1	-	1	1	1	0,90	
	Facilidade no diagnóstico.	1	1	1	-	1	1	0,75	-	0,84	
	Visualizar as diferenças de coloração da membrana timpânica.	1	1	0,5	1	1	1	-	0,5	0,71	
	Certeza no diagnóstico.	1	1	0	-	0,5	0	-	0	0,48	
	Uso Otoscópio.	0	0	0	0	-	0	-	0,75	0,44	
	Limpeza, esterilização dos espéculos.	1	1	1	-	-	1	-	1	0,80	

Tabela 4.5: Necessidades identificadas/satisfação relativa do consumidor – pais ou acompanhantes.

Necessidades identificadas		Respostas _ Inquéritos								Satisfação relativa do consumidor
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Otoscópio _ diagnóstico	Instrumento atraente.	0	0	1	0,5	0,5	1	1	1	0,63
	Não provoca receio no doente.	0	1	1	1	1	1	1	1	0,88
	Não recorrência aos antibióticos.	0	0,5	0	-	0	1	0	0	0,21
	Disposição para possuir um instrumento em casa para detecção da otite média aguda.	0	1	1	1	1	0	0	0,5	0,56
	Disposição para gastar dinheiro num instrumento a ter em casa.	1	-	-	0	-	0,5	-	0,5	0,5

Observações:

Para além das necessidades identificadas nas *Tabelas 4.4 e 4.5*, foram constatados nos inquéritos ainda outros factores a considerar neste trabalho:

- Alimentação eléctrica dos instrumentos – normalmente feita através de baterias nos dispositivos portáteis e corrente eléctrica nos dispositivos “fixos”;
- Detecção de problemas auditivos – através das queixas apresentadas pelos doentes tais como: dor, febre, falha na audição, e detectados através do toque na zona externa auditiva;
- Frequência de otites – principalmente nos primeiros 2 anos de idade;
- Modelos de dispositivos mais utilizados pelos profissionais de saúde – microscópio, pelos especialistas de Otorrinolaringologia; otoscópios fixos ou portáteis das empresas *Heine* e *Welch Allyn*, [Heine, 2005; Welch Allyn, 2006], pelos clínicos e pediatras gerais. Outros inquiridos não souberam identificar o dispositivo que usam;
- Instrumentos com componente pneumática – pouco usados pelos médicos de clínica geral ou pediatria mas frequentemente usados pelos especialistas de Otorrino;
- Duração da alimentação eléctrica do instrumento – incerta e por vezes desconhecida;
- Limpeza dos espéculos, *Figura 4.1* – foram registados casos de desconhecimento e outro de lavagem com detergentes adequados; contudo, espéculos descartáveis não são esterilizáveis e por isso existe o risco de contaminação se usados incorrectamente;
- Cone, espéculo adaptável – menos rígido;
- Utilização do otoscópio por parte dos pais e doentes – praticamente não se aplica.



Figura 4.1: Exemplos de espéculos acopláveis ao otoscópio modelo *Heine mini 2000*.

4.3 *Seleção das necessidades-chave para o desenvolvimento e concepção do produto*

Do conjunto de necessidades identificadas, foram escolhidas como sendo as necessidades-chave para o desenvolvimento e concepção do produto, segundo a qualificação relativa da satisfação do consumidor, as indicadas na *Tabela 4.6*.

Esta escolha tem como objectivo, concentrar esforços na concepção e desenvolvimento do produto de forma a manter os pontos fortes, melhorar os menos fortes, para que o novo produto seja a melhor opção para o consumidor.

Tabela 4.6: Necessidades-chave para o desenvolvimento e concepção do produto.

Necessidades identificadas			Satisfação relativa do utilizador
Otoscópio	Necessidades relevantes	Permitir a visualização do tímpano	1
		Ter iluminação adequada	0,95
		Garantir uma alimentação energética adequada no dispositivo de diagnóstico	0,30
		Possuir componentes atractivos	0,53
		Ser fiável	0,90
		Facilitar o diagnóstico	0,84
		Garantir certeza no diagnóstico	0,48
		Usabilidade do otoscópio	0,44

4.3.1 *Agrupamento das necessidades identificadas*

Depois de feita uma análise geral sobre as necessidades identificadas, e para uma melhor orientação do desenvolvimento e concepção do produto, estas foram agrupadas segundo a sua natureza, *Figura 4.2*.



Figura 4.2: Agrupamento das necessidades identificadas.

4.4 Sumário

Neste capítulo foram identificadas as necessidades do consumidor, trataram-se, agruparam-se e definiram-se as necessidades-chave para o desenvolvimento e concepção do produto em causa neste trabalho.

Relativamente aos inquéritos realizados, apesar de alguma resistência inicial no que diz respeito ao preenchimento dos mesmos, houve uma boa cooperação por parte dos profissionais de saúde e pais ou acompanhantes do doente.

Relativamente aos doentes, a dificuldade na cooperação foi verificada devido à idade dos mesmos; normalmente, crianças com meses ou com idades em que a reposta escrita ou verbal ainda não estava suficientemente desenvolvida. Nesses casos, prevaleceu a observação atenta por parte dos profissionais e acompanhantes.

Os inquéritos, abrangeram profissionais de saúde de algumas clínicas da especialidade e serviços de urgência, verificando-se que a maioria dos inquiridos (44%) são profissionais da especialidade de Otorrino. Embora a maioria dos profissionais da especialidade de Otorrino não utilizem usualmente o otoscópio, forneceram o seu parecer global, não pondo em causa as

necessidades identificadas principalmente pelos pediatras e médicos de clínica geral, para o qual o otoscópio é um dispositivo bastante comum.

Os dados obtidos através dos inquéritos permitiram sustentar a necessidade inicial (maior facilidade e fiabilidade no diagnóstico das patologias do ouvido médio realizado pelo profissional de saúde; nomeadamente, com pouca experiência prática) assim como definir outras necessidades-chave associadas.

Este capítulo, encerra elementos fundamentais sobre as necessidades do consumidor que permitem ao *designer* traçar objectivos indispensáveis a aplicar no capítulo seguinte (Concepção e Desenvolvimento do Protótipo) de forma a satisfazer o consumidor e a viabilizar o desenvolvimento e concepção do produto.

Capítulo 5

Concepção e Desenvolvimento do Protótipo

5.1 Introdução

Neste capítulo, é apresentado o desenvolvimento e concepção do protótipo de otoscópio óptico-electrónico realizado no âmbito desta Dissertação.

Este capítulo está dividido em dez secções: a secção seguinte, apresenta os objectivos do protótipo; a terceira secção, faz uma apresentação geral dos dispositivos existentes no mercado, para que o protótipo a desenvolver possa ser um dispositivo que apresente melhorias e características de diferenciação; na secção seguinte, define-se o conceito; na quinta secção, faz-se a validação do conceito; a secção seguinte, consiste na idealização do protótipo a conceber; na sétima secção, é apresentada, numa descrição detalhada, as fases do desenvolvimento do protótipo, procurando evidenciar as sucessivas fases de teste e refinamento consideradas; na secção seguinte, é feita uma análise económica sobre o protótipo desenvolvido, para que se possa avaliar o possível benefício/custo e oportunidade de mercado comparativamente aos dispositivos existentes; a nona secção apresenta a análise legislativa aplicável a dispositivos desta natureza e respectivas linhas orientadoras a ter em conta durante as fases da concepção e desenvolvimento do protótipo; na décima, e última secção deste capítulo, é apresentado um sumário.

5.2 Objectivos

Após a análise e reflexão sobre as necessidades do consumidor alvo do sistema a desenvolver, realizado no capítulo anterior, foram definidos os objectivos para o desenvolvimento e concepção do produto em causa, *Tabela 5.1*.

Tabela 5.1: Declaração de objectivos.

Descrição do produto:		Otoscópio óptico-electrónico para auxílio do diagnóstico das patologias do ouvido médio. (O otoscópio permitirá que o médico faça o exame de forma usual, através da observação do tímpano, e ao mesmo tempo fornecerá informação para auxílio do diagnóstico, permitindo assim um tratamento correcto e evitar o uso abusivo de antibióticos.)
Objectivos chave do produto:		- Visualização do tímpano; - Iluminação adequada e constante; - Alimentação do dispositivo: alimentação à rede fixa eléctrica ou através de bateria recarregável interna; - Portabilidade; - Componentes com <i>design</i> atractivo; - Fiabilidade; - Facilidade e rapidez de diagnóstico; - Indicador de diagnóstico; - Baixo custo.
Mercados alvo:	Primário:	- Clínicos gerais; - Otorrinos; - Pediatras.
	Secundário:	Doentes (uso doméstico).
Suposições e limitações:		- Produto derivado dos actuais otoscópios pneumáticos; - Diagnóstico a partir da análise da coloração da membrana timpânica; - Uso de tecnologia óptica-electrónica de detecção de cor.
Entidades interessadas:		- Médicos; - Pais; - Doentes; - Distribuidores e fabricantes.

5.3 Dispositivos existentes

Existem no mercado diferentes otoscópios e acessórios destinados ao diagnóstico das patologias do ouvido médio. Da análise feita, sobre o mercado actual foram registados os seguintes aspectos:

a) Princípio de funcionamento

A maioria dos otoscópios analisados tem por base a iluminação do tímpano de forma directa com lâmpadas de halogéneo ou indirecta através de fibra óptica, *Figura 5.1a e b*.

No geral, os dispositivos procuram garantir a observação da membrana do tímpano, contudo, verificou-se a existência de um princípio de funcionamento diferente baseado na vibração do tímpano pela emissão e recepção de ondas sonoras, *Figura 5.1e*. O resultado do diagnóstico é geralmente apresentado num *display* numérico, *Figura 5.1c*, ou em forma de indicador de nível, *Figura 5.1d*. O dispositivo com indicador de nível está disponível para uso pessoal (doméstico). Verificou-se ainda a existência de um dispositivo, denominado por *earscope*, [Codem, 2007], que permite obter a imagem do ouvido externo e da membrana timpânica, pelo próprio doente e por conseguinte, facilitar operações de limpeza, como por exemplo a remoção de excesso de cera, *Figura 5.1f*.

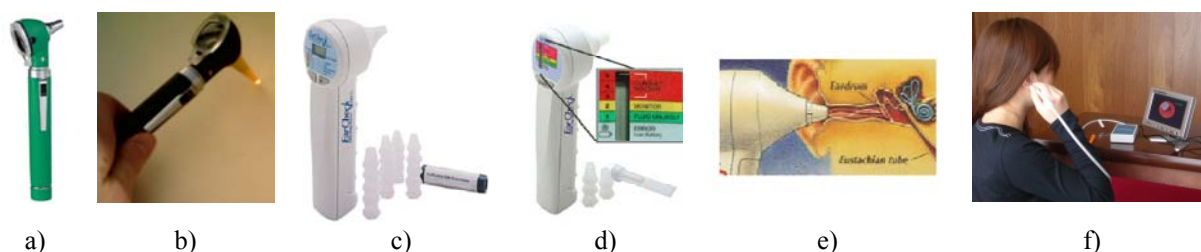


Figura 5.1: Dispositivos existentes: a) otoscópio Heine mini 2000; b) otoscópio Heine mini 2000 com espéculo e projecção de luz; c) otoscópio EarCheck PRO; d) otoscópio EarCheck Monitor; e) otoscópio EarCheck ; f) *earscope*: (imagens de: a) [Heine, 2005], c), d) e e) [EarCheck, 2005] e f) [Codem, 2007]).

b) Espéculos

Os espéculos, elementos que são acoplados no otoscópio e introduzidos no canal auditivo para permitir a observação da membrana timpânica, são de diferentes diâmetros, por exemplo: 2, 3, 4, 5 ou 9 mm e a medida pode estar ou não marcada no mesmo, *Figura 5.2a e b*.

Os espéculos reutilizáveis podem ser esterilizados, por exemplo, em autoclave a 134° durante 10 minutos. Existem espéculos fabricados em polímero, *Figura 5.2a*, e com zonas

metálicas para acoplamento, *Figura 5.2b*. Os espéculos podem ser fixados ao cone do otoscópio de diferentes formas, como por exemplo, através de um sistema de ranhura, *Figura 5.2c*.

Verificou-se também a existência de diferentes soluções para o suporte dos espéculos, *Figura 5.2d e e*, e a existência de espéculos com formas adequadas para a distração do doente, *Figura 5.2f*.

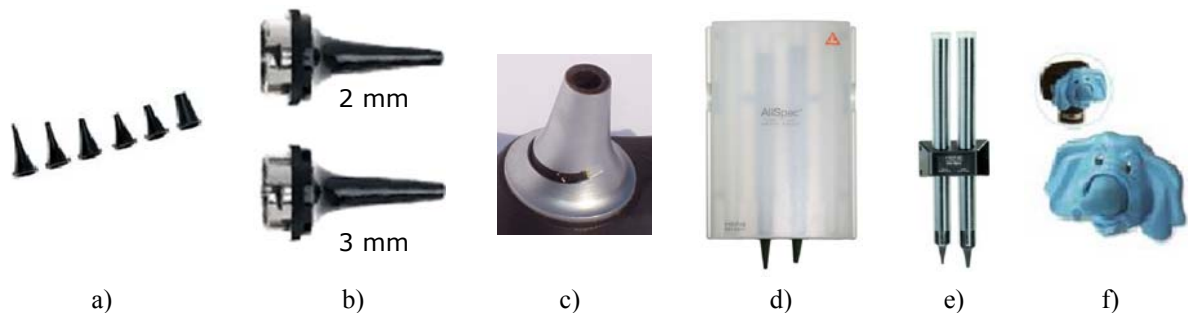


Figura 5.2: Espéculos para otoscópios e suportes: a) e b) espéculos de diferentes diâmetros *Riester*; c) ranhura do otoscópio *Heine mini 2000* para acoplamento do espéculo; d) suporte de espéculos *Heine AllSpec*; e) suporte de espéculos *Heine UniSpec*; f) espéculos modelo *Elly Elephant* da *Welch Allyn* (imagens de: a) e b) [Riester, 2006], d) e e) [Heine, 2005] e f) [Medikatalogo, 2006]).

c) Iluminação

Relativamente à iluminação, verificou-se que normalmente esta é do tipo directa ou indirecta.

Na iluminação directa, a luz é emitida pela lâmpada de halogéneo, *Figura 5.3a e c*, e na indirecta é conduzida por fibra óptica, *Figura 5.3b e d*.

Usualmente na extremidade do cone receptor dos espéculos, forma-se um anel luminoso, constituído pelas fibras ópticas, de forma a não obstruir o campo de visão, *Figura 5.3e, f e g*.

d) Lentes

Os otoscópios possuem lentes para aumento da imagem observada que podem ser fixas ou substituíveis, *Figura 5.4a e c*. Alguns modelos permitem o ajuste da distância focal, *Figura 5.4b*.

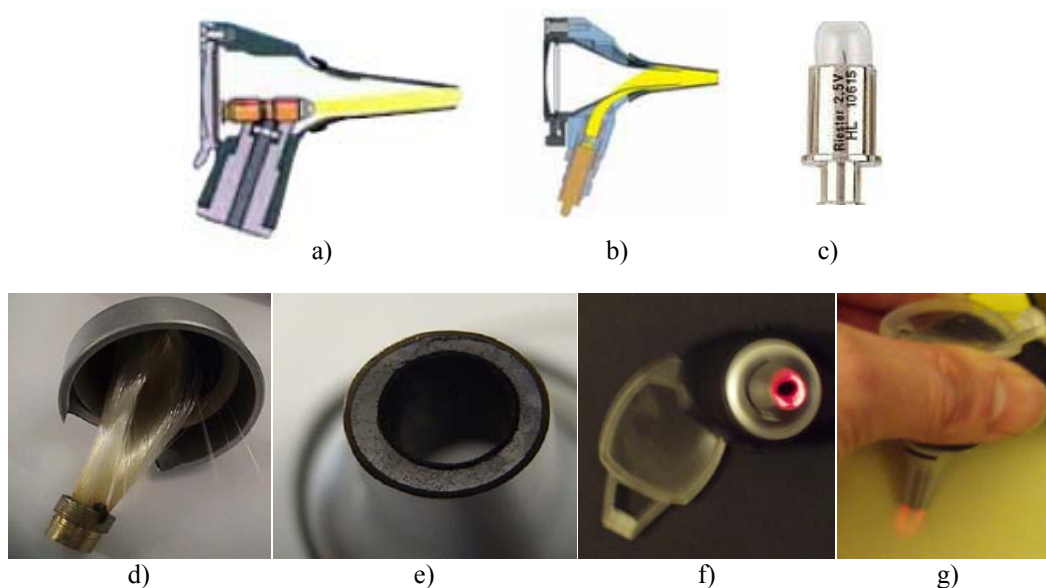


Figura 5.3: Sistema de iluminação de otoscópios: a) iluminação directa, *Riester*; b) iluminação com fibra óptica, *Riester*; c) lâmpada de halogéneo de 2,5V, *Riester*; d) pormenor do conjunto de fibras ópticas do otoscópio *Heine mini 2000*; e) anel formado pelas fibras ópticas na saída do cone; f) e g) pormenor da iluminação em forma de anel (imagens de [Riester, 2006]).

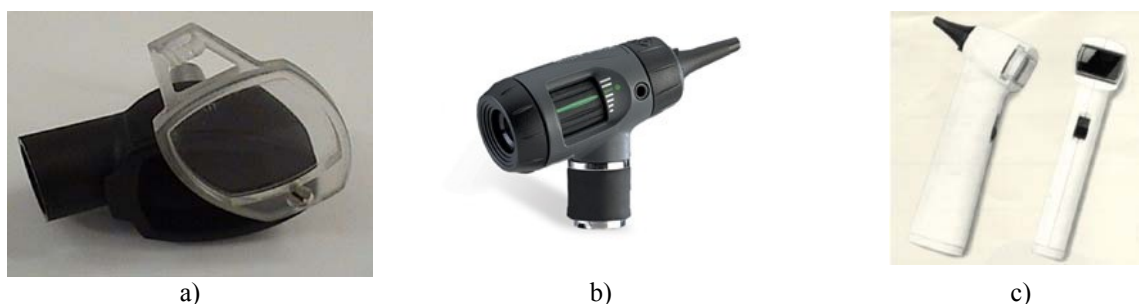


Figura 5.4: Lentes de otoscópios: a) lente do otoscópio *Heine mini 2000*; b) otoscópio *Welch Allyn* modelo 23820 com regulação da distância focal; c) otoscópio *Welch Allyn* 99090 (imagens de [Allyn, 2006]).

e) Sistema pneumático

A maioria dos otoscópios existentes disponibiliza um orifício acoplador para componentes pneumáticos, *Figura 5.5*.

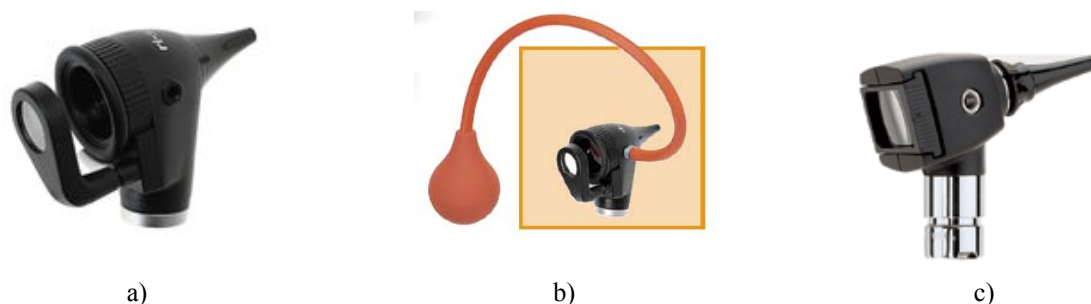


Figura 5.5: Sistema pneumático: a) Otoscópio *F.O. ri-scope* com orifício para componente pneumático; b) acoplamento do componente pneumático; c) Otoscópio *Welch Allyn* modelo 25035 com orifício para componente pneumático (imagens de: a) e b) [Riester, 2006] e c) [Allyn, 2006]).

f) Cabo adaptável

A maioria dos otoscópios usuais possuem um cabo adaptável ao acoplamento de diferentes dispositivos auxiliares do diagnóstico, *Figura 5.6*.

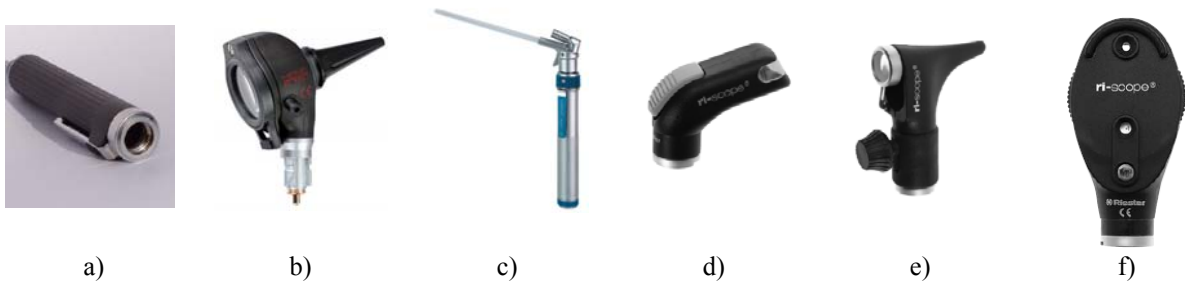


Figura 5.6: Cabo adaptador: a) cabo adaptador do otoscópio *Heine mini 2000*; b) dispositivo *Heine K180*; c) *Heine alpha+* com espátula para a língua; d) Suporte F.O. para depressor da língua *ri-scope*; e) Espéculo nasal F.O. *ri-scope*; f) Oftalmoscópio *ri-scope* (imagens adaptadas de: a), b) e c) [Heine, 2005], d), e) e f) [Riester, 2006]).

g) Alimentação energética

A alimentação energética do otoscópio pode ser feita por baterias, descartáveis ou recarregáveis, ou por alimentação directa da rede eléctrica, *Figura 5.7*.

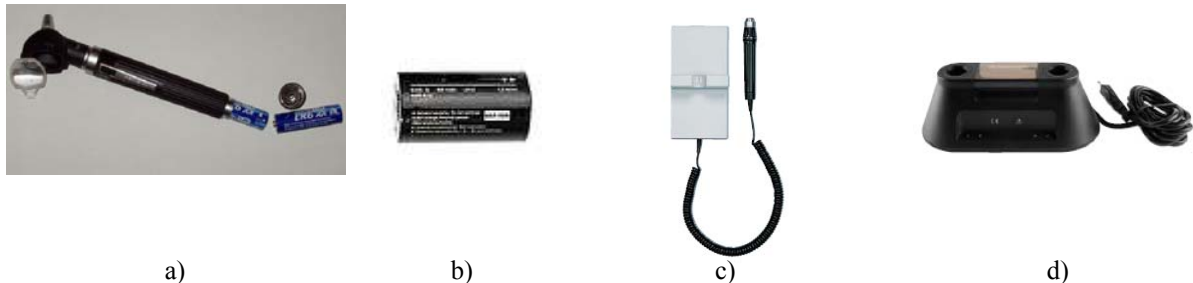


Figura 5.7: Alimentação energética: a) cabo do otoscópio *Heine mini 2000* acondicionado de baterias; b) bateria *Typ C, PROCELL, Duracell Alkaline 1,5V, MV 1400 LR14*; c) módulo básico *ri-former*; d) Carregador de bateria do otoscópio_ *ri-charger* (imagens adaptadas de: a) [Heine, 2005], b) c) e d) [Riester, 2006]).

h) Acondicionamento

Geralmente o acondicionamento dos otoscópios é feito em bolsas de velcro, pele, em estojos ou em suportes, *Figura 5.8*.

i) Materiais

Geralmente os materiais usados no fabrico dos otoscópios são: policarbonato de alto impacto, polipropileno no caso dos espéculos, polímeros reforçados com fibra de vidro e

cromados de forma a tornarem os dispositivos resistentes e leves, na ordem de 90 a 300g. Verificou-se a existência de diversas cores, predominando o preto.



Figura 5.8: Acondicionamento dos otoscópios: a) bolsa de velcro Riester; b) bolsa de curvin, Marca Heidji, fabricante Press Control; c) estojo para otoscópio Welch Allyn; d) suporte Heine EN 100 (imagens adaptadas de: a) e b) [Riester, 2006], c) [Allyn, 2006] e d) [Heine, 2005]).

j) Custos

Os custos dos otoscópios de diferentes marcas, oscilam entre os 100 e os 400€ [PreçoMania, 2006], [Mercadolibre, 2006] e [Medikatalogo, 2006].

5.4 Conceito

Após a reflexão sobre as necessidades do possível consumidor e dos otoscópios existentes no mercado para o diagnóstico das patologias do ouvido médio, surgiu a ideia (conceito) guia: Observação e conversão da coloração da membrana timpânica, num sinal eléctrico, aproveitando a iluminação incluída nos otoscópios comuns, de forma a auxiliar o diagnóstico das patologias do ouvido médio. Esta ideia foi analisada e justificada por vários factores, segundo as necessidades dos possíveis consumidores, tais como:

- Inexistência de um sistema de conversão da coloração da membrana timpânica, num sinal eléctrico, sem perturbar a observação e o julgamento clínico usual normal do tímpano pelo profissional de saúde;
- Simplicidade e rapidez de diagnóstico;
- Aumento da confiança no diagnóstico clínico realizado, através da comparação da informação electrónica com o julgamento feito pelo seu utilizador (principalmente nos casos de utilizadores com pouca experiência);
- Viabilidade tecnológica;
- Custos globais aceitáveis comparativamente aos instrumentos existentes e que conduzem por vezes a diagnósticos incorrectos.

5.5 Teste de conceito

O conceito considerado foi testado até à obtenção de uma solução tecnológica viável. A seguir são descritas as fases realizadas:

a) Sistema de medição de cor

Fez-se passar uma tabela de cores por baixo do sistema de medição de cor composto por um sensor de luz, um fotodiodo de 860 nm (577-544) de 1 volt (V), com 4,98 mm de diâmetro e 7 mm de comprimento, para averiguar a capacidade de detecção e distinção da cor, *Figura 5.9a*.

Dos ensaios realizados, concluiu-se que o sinal de resposta relativamente à diferenciação da cor não era significativo.

Trocou-se, no sistema conversor, o sensor de luz por um outro, um fotodiodo sfh213 de 850 nm de 1V, da *osram*, com 4,85 mm de diâmetro e 7,5 mm de comprimento, *Figura 5.9b*, e concluiu-se que o sinal registado permitia diferenciar a cor em causa, sendo significativa a distinção entre cores avermelhadas “sinal de otite”, *Figura 5.9e*, e cores aproximadas do perolado “sinal de não otite”, *Figura 5.9f*.

O fotodiodo foi removido do sistema de medição e fixado na superfície da lente do otoscópio [Heine, 2005] e verificaram-se, de igual forma, resultados significativos, *Figura 5.9c e d*.

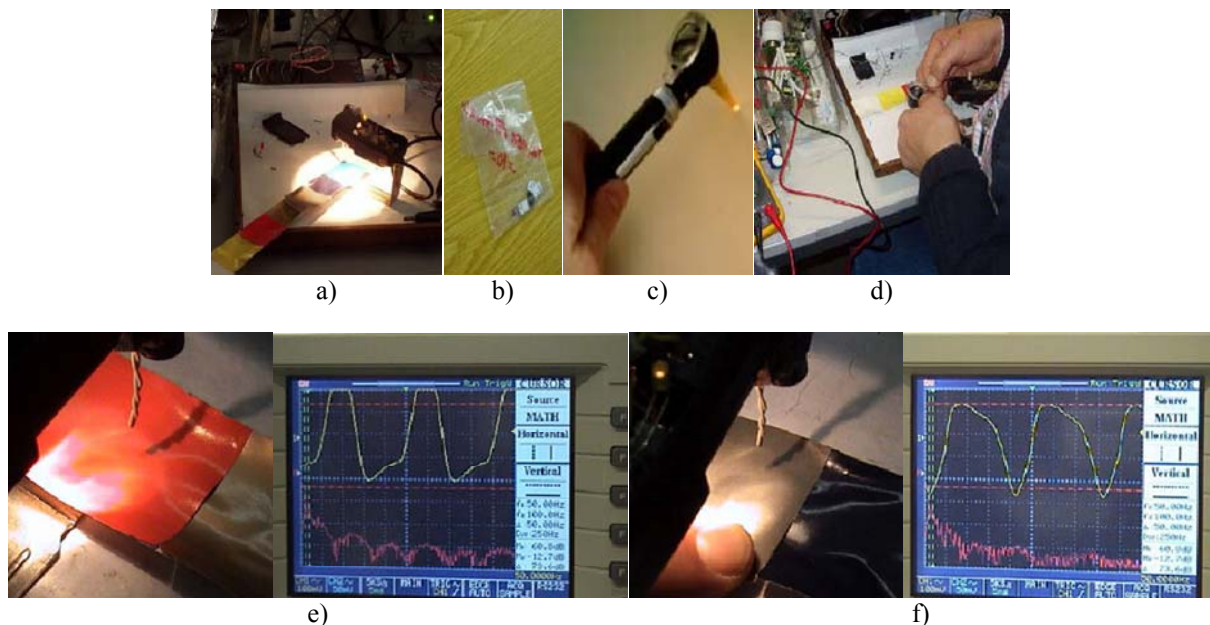


Figura 5.9: Detecção e conversão da cor num sinal eléctrico: a) análise da tabela de cores pelo sistema conversor; b) fotodiodo sfh213 de 850 nm; c) otoscópio *Heine mini 2000*; d) fixação do fotodiodo sfh213 na lente do otoscópio; e) cor vermelha, representativa do tímpano com otite e respectivo sinal; f) cor pérola, representativa do tímpano normal e respectivo sinal.

b) Medição de cor de uma tabela com imagens reais da membrana timpânica

Foi concebida uma tabela com imagens reais do tímpano, com e sem otite média aguda, *Figura 5.10a*, inserida numa moldura feita em acrílico, *Figura 5.10b*.

A tabela usada é uma fotografia em papel mate para que a reflexão das imagens incluídas seja semelhante à reflexão da membrana do tímpano.

O suporte em acrílico mede 300 mm de comprimento, 70 mm de largura e a espessura total é de 6 mm. A função deste suporte é estabilizar a tabela de imagens e homogeneizar a distância ao conversor de sinal.

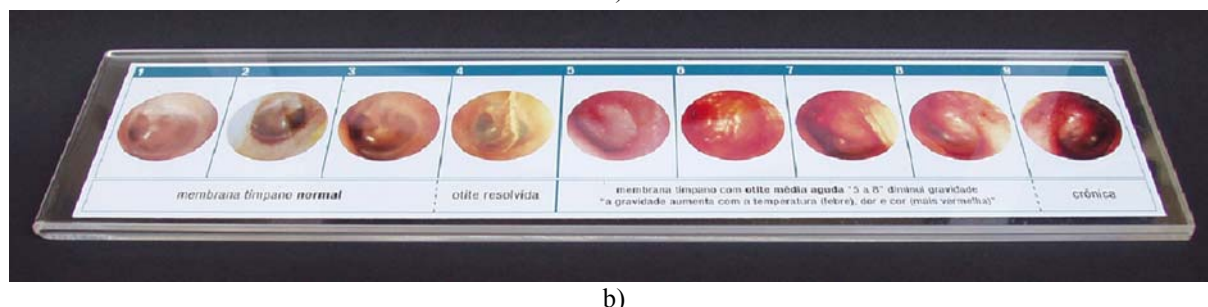
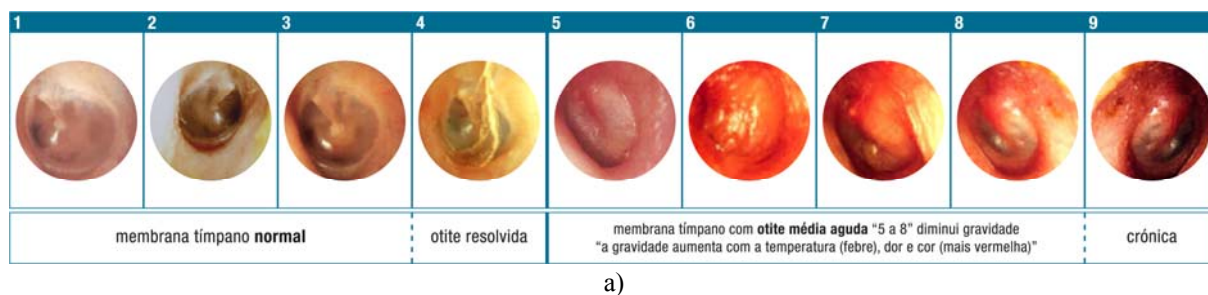


Figura 5.10: Tabela de imagens do tímpano: a) fotografia em papel mate; b) na moldura em acrílico.

Foi concebido em acrílico uma réplica da lente do otoscópio, com um furo central para acoplamento de um *led* emissor de luz, *Figura 5.11*. O referido componente foi produzido através de uma máquina-ferramenta de CNC.

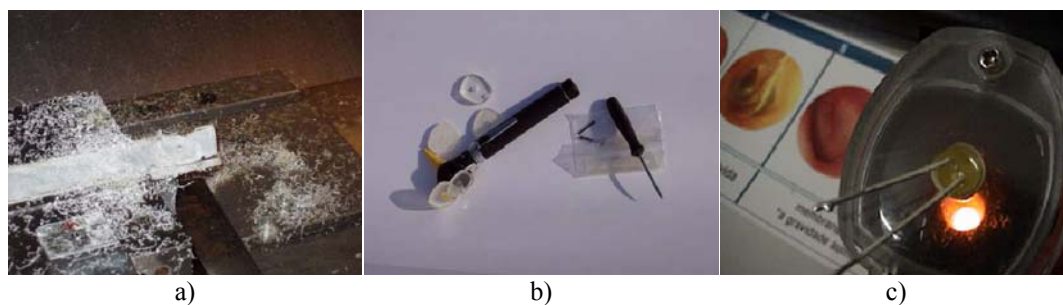


Figura 5.11: Concepção da réplica da lente do otoscópio em acrílico: a) maquinação; b) lente acoplada no otoscópio; c) acoplamento do *led* emissor de luz na lente em acrílico.

Fizeram-se vários ensaios usando a tabela de imagens, com *leds* emissores de luz, de diferentes cores aplicados no otoscópio; contudo, não houve resposta significativa através do sinal registado pelo osciloscópio, pois os *leds* saturavam o fotosensor devido à densidade de iluminação usada, *Figura 5.12a*. Esta saturação foi confirmada pela iluminação dos referidos *leds* através de um *laser*, *Figura 5.12b*.

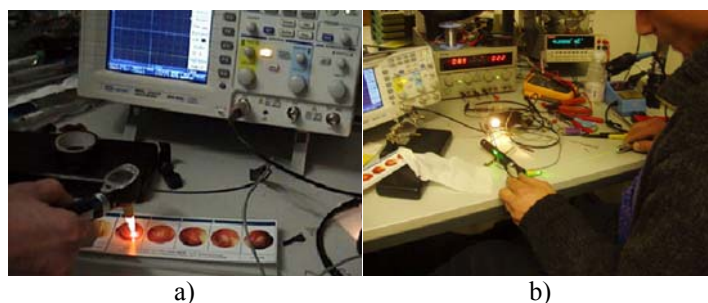


Figura 5.12: Ensaios usando a tabela de imagens do tímpano: a) análise da coloração da membrana timpânica com o osciloscópio *INSTEK*; b) teste com um *laser* para confirmar a saturação luminosa.

c) Introdução de fibra óptica no sistema de detecção e conversão de cor

Fez-se um furo num *led* e fixou-se uma fibra óptica condutora da cor reflectida pelas imagens da tabela, *Figura 5.13*. O *led*, desta forma, passou a ser receptor da cor emitida pela fibra óptica do sinal ao sistema de medição de cor.

Dos ensaios realizados, concluiu-se que devido às características do *led* e devido ao polimento insuficiente do furo realizado no *led*, não era possível obter os resultados esperados.

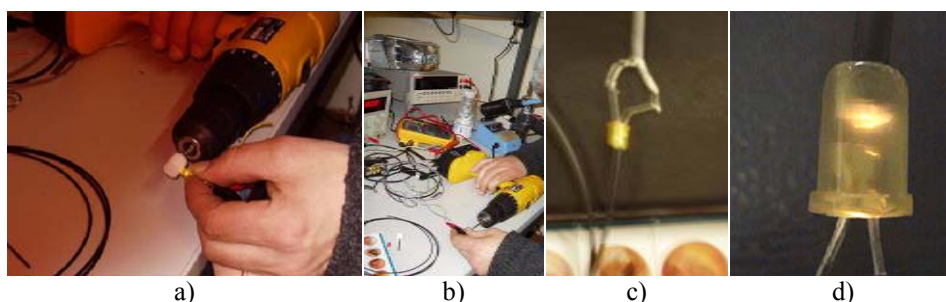


Figura 5.13: Furo no *led* e fixação de fibra óptica: a) facejamento da cabeça do *led*; b) furo do *led*; c) fixação da fibra óptica; d) transmissão da cor entre a fibra e o *led*.

Sendo assim, usou-se, em substituição do *led* emissor de luz, um fotodiodo de controlo de potência, de luz emitida por um diodo *laser*, como receptor da cor emitida pela fibra óptica, *Figura 5.14*.

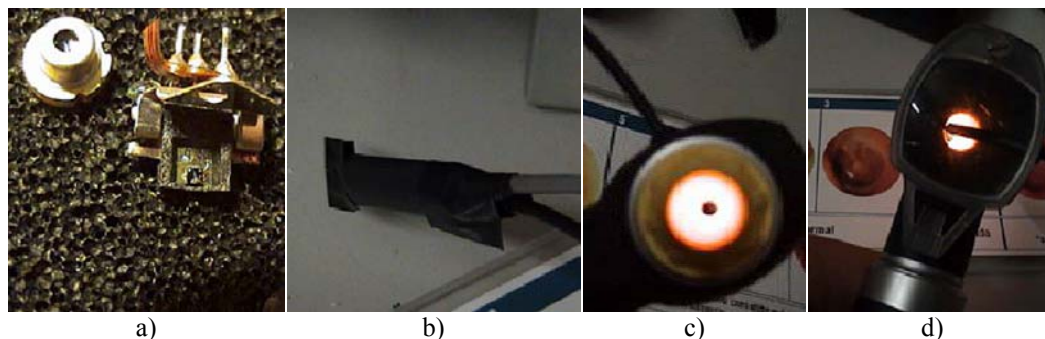


Figura 5.14: Aplicação do conjunto diodo *laser* fotodiodo de controlo de potência: a) exemplo de um diodo *laser* com fotodiodo de realimentação incorporado; b) fixação do fotodiodo à fibra e sistema conversor; c) e d) pormenor da fibra óptica receptora da cor.

Dos novos ensaios realizados, *Figura 5.15*, concluiu-se que o recurso à fibra óptica e ao fotodiodo permitia a tradução adequada da cor da membrana do tímpano em sinal eléctrico, com a vantagem de não obstruir o campo visual do utilizador, o que seria óptimo para o sistema protótipo a desenvolver. Concluiu-se ainda que a tabela de imagens, analisada pelo sistema conversor, fora da moldura em acrílico permitia obter melhores resultados. Isto porque o reflexo no acrílico da iluminação emitida às imagens, falseava os resultados.

Na *Figura 5.15*, é visível a variação da posição da linha do sinal registado no osciloscópio em relação à cor observada, sendo a posição da linha do sinal na *Figura 5.15b*, imagem representativa do tímpano com otite, mais baixa em comparação com a da *Figura 5.15a*, imagem representativa do tímpano normal.

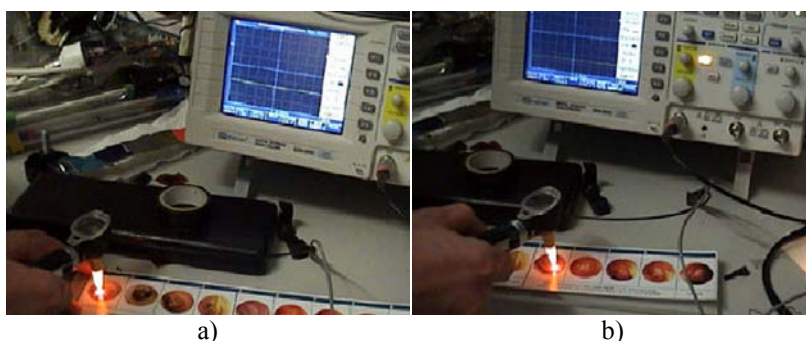


Figura 5.15: Ensaaios com fibra óptica e fotodiodo de controlo de potência: a) análise da cor perolada, representativa da membrana do tímpano normal; b) análise da cor vermelha, representativa da membrana do tímpano com otite.

5.6 Idealização do protótipo

Após testado o conceito e encontrada a solução tecnológica mais favorável, baseada na fibra óptica e fotodiodo de controlo de potência de diodo *laser*, idealizou-se o protótipo óptico-electrónico.

Basicamente, a função do protótipo consistirá na iluminação do tímpano e conversão da cor reflectida num sinal eléctrico indicado numa escala graduada e num indicador luminoso, segundo a condição monitorizada.

Os componentes básicos a incorporar no protótipo estão descritos na *Figura 5.16*.

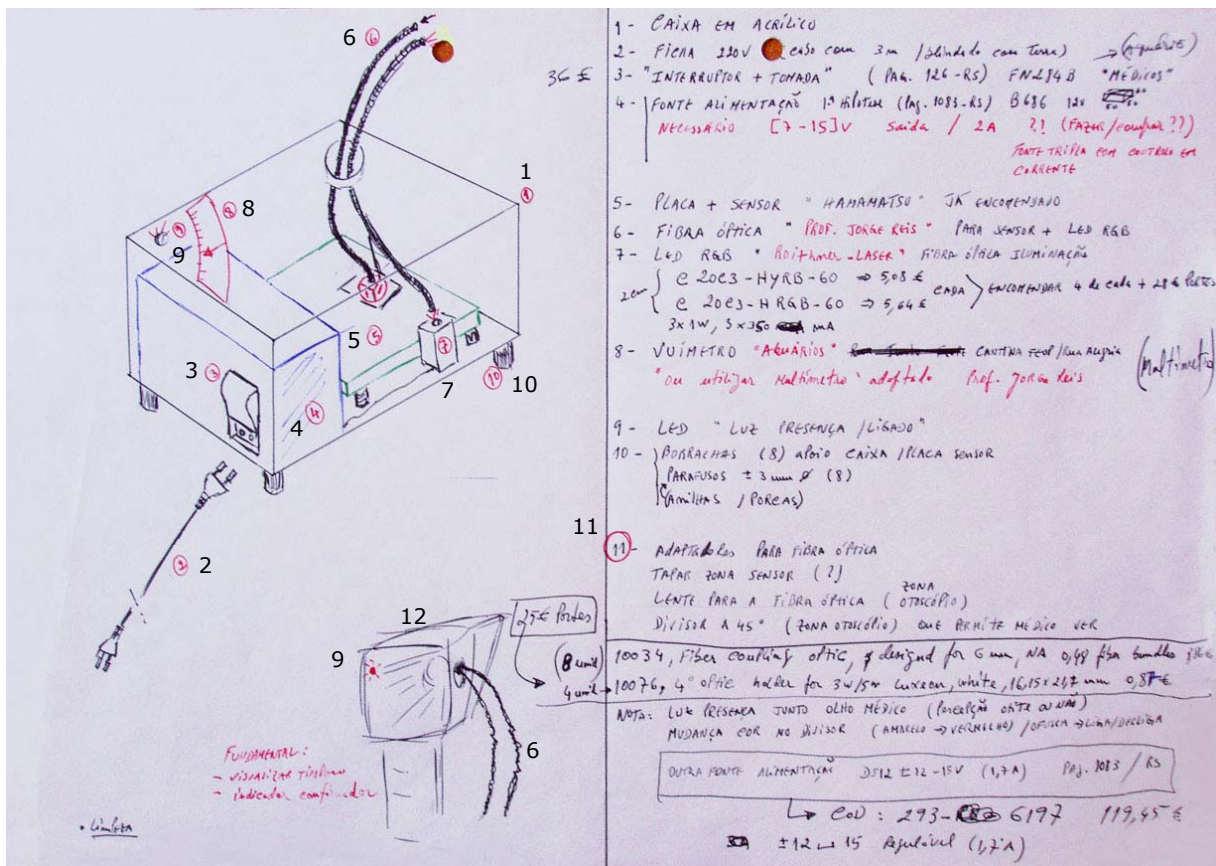


Figura 5.16: Esboço do protótipo: 1- caixa; 2- ficha; 3- tomada com terra e interruptor; 4- fonte de alimentação; 5- placa electrónica conversora e respectivo sensor de cor; 6- fibras ópticas (emissão e recepção); 7 led emissor de luz (R,G,B); 8- escala graduada; 9- indicador luminoso; 10- apoios; 11- considerações gerais sobre aspectos construtivos; 12- otoscópio.

5.7 Concepção do protótipo

A concepção do protótipo, *Figura 5.17*, foi agrupada em três fases principais: encomenda de componentes; concepção de componentes específicos; montagem dos componentes.

Cada uma das respectivas fases será descrita a seguir.



Figura 5.17: Protótipo de otoscópio óptico-electrónico desenvolvido.

5.7.1 Encomenda de componentes

Após a análise de custos e de fornecedores, foi feita a encomenda dos componentes necessários à construção do protótipo.

Informação técnica dos principais componentes adquiridos e montados no protótipo estão disponíveis no *Anexo A2*.

a) Teste a componentes encomendados

Após a recepção dos componentes encomendados, foram realizados testes aos principais; nomeadamente, ao fotodiodo (R,G,B), *Figura 5.18a* (sensor de cor), placa electrónica de condicionamento do sensor de cor, *led* emissor de luz (R,G,B) e respectiva lente, de forma a confirmar o seu bom funcionamento e a adequabilidade ao fim em vista.

Os testes realizados aos componentes, referidos, são descritos a seguir.

a.1) Teste ao sensor e placa electrónica conversora

Soldou-se o fotodiodo à placa electrónica, conforme documentação técnica fornecida pelo fabricante.

Após a operação de soldadura e controlo dos parâmetros electrónicos, de acordo com os dados fornecidos pelo fabricante [Hamamatsu, 2007], foram realizados ensaios com a tabela de imagens reais do tímpano, *Figura 5.18f*.

Perante os ensaios realizados, verificou-se que havia uma variação do sinal em função da cor detectada. O sinal permitiu diferenciar significativamente a cor em causa; sendo clara a diferença entre cores avermelhadas, “sinal de otite”, e cores aproximadas do perolado, “sinal de não otite”, *Figura 5.18*.

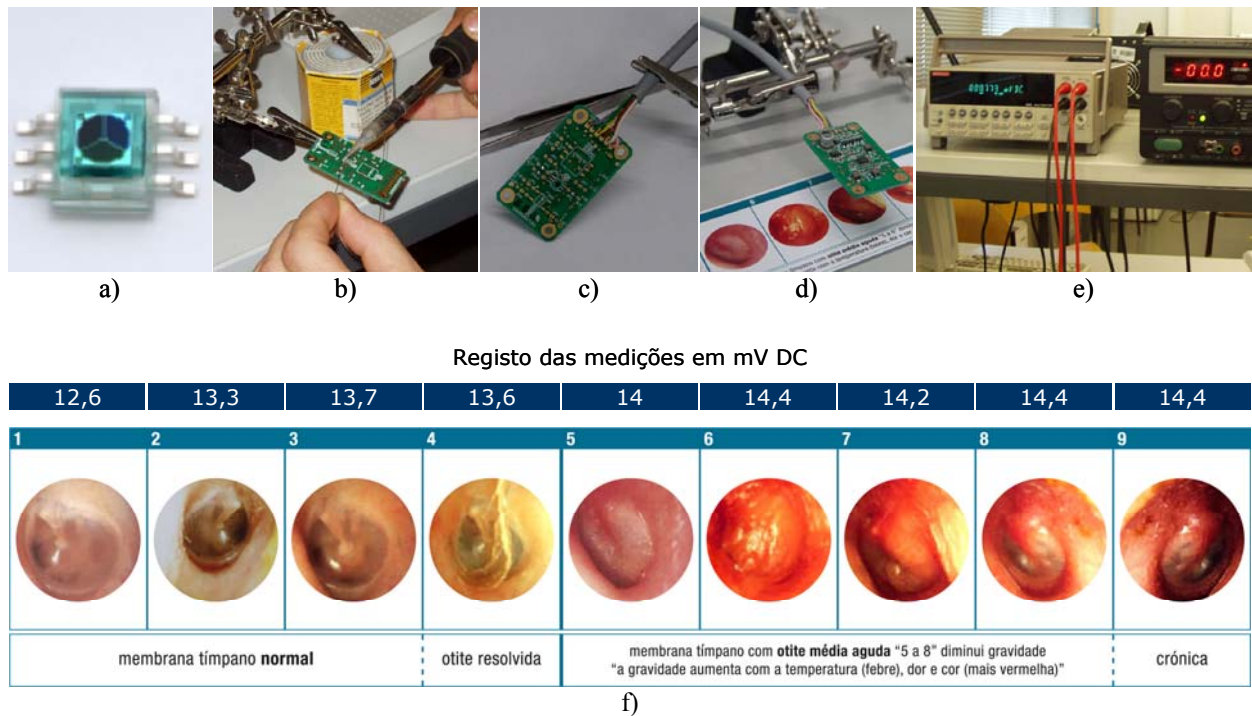


Figura 5.18: Teste ao sensor e placa electrónica conversora: a) fotodiodo (R,G,B) (sensor de cor); b) soldadura do sensor; c) sensor soldado na placa electrónica conversora e respectivas ligações; d) teste do sensor com a tabela de imagens; e) equipamento de ensaio; f) registo das principais medições feitas durante o ensaio e respectiva correspondência com cada uma das imagens.

a.2) Teste ao led emissor de luz (R,G,B)

O led emissor de luz (R,G,B) foi fixo a um dissipador de calor por meio de dois parafusos.

Após a operação de fixação e controlo dos parâmetros electrónicos, de acordo com os dados fornecidos pelo fabricante [Roithner, 2006], fizeram-se os ensaios. Perante

estes, confirmou-se a potencialidade do *led* na emissão das diferentes cores do espectro visível, *Figura 5.19*.

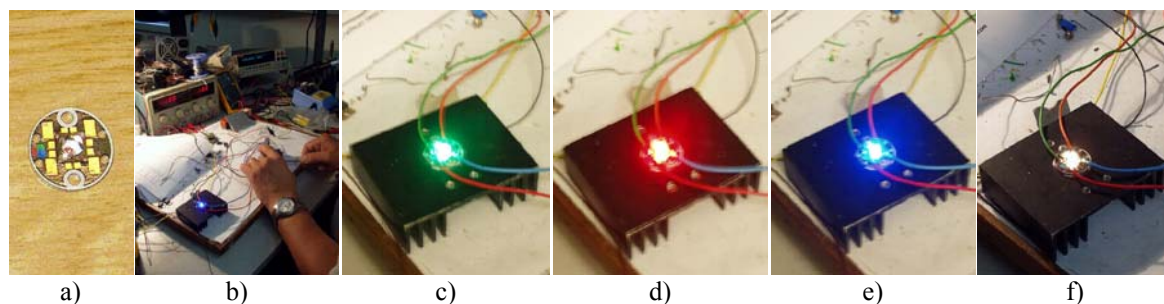


Figura 5.19: Teste ao *led* emissor de luz (R,G,B): a) *led* emissor de luz (R,B,G); b) montagem do *led* no dissipador de calor; c) cor verde emitida pelo *led*; d) cor vermelha; e) cor azul; f) cor aproximada do branco.

a.3) Teste à lente do *led* emissor de luz (R,G,B)

A lente foi colocada em cima do *led* pelo respectivo encaixe, segundo os dados fornecidos pelo fabricante, [Roithner, 2006], confirmando-se o direccionamento dos feixes luminosos. Seguidamente, acoplou-se a fibra óptica à lente verificando-se a condução dos feixes luminosos, *Figura 5.20*.

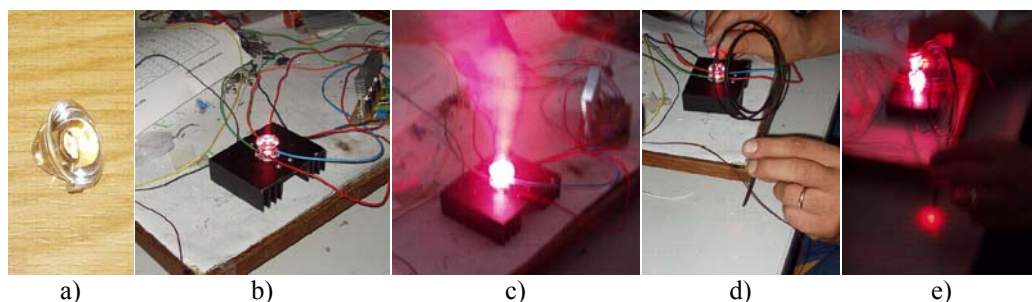


Figura 5.20: Teste à lente do *led* emissor de luz (R,G,B): a) lente; b) montagem da lente sobre o *led*; c) pormenor do direccionamento do feixe luminoso pela lente; d) aplicação da fibra óptica sobre a lente; e) pormenor da condutibilidade da cor através da fibra óptica.

5.7.2 Concepção de componentes

Para além dos componentes encomendados, outros foram idealizados e concebidos.

Assim, foram esboçados, modelados em *SolidWorks* e materializados, recorrendo a técnicas tradicionais de prototipagem, modelação manual com pasta (pasta especial de modelar, de cor branca e endurecível em contacto com o ar).

Os componentes modelados em pasta foram testados e, após as correcções necessárias, foram concebidos em *nylon* e alumínio, recorrendo a diferentes ferramentas de corte (serrote manual, torno mecânico, furadora de coluna e maquina-ferramenta de CNC).

Durante o projecto, foram concebidas diferentes versões de alguns componentes devido ao processo evolutivo do protótipo.

Os componentes concebidos são descritos a seguir.

a) Cápsula do *Led* emissor de luz (*R,G,B*)

A cápsula do *led* emissor de luz (*R,G,B*) foi concebida devido à necessidade de fixação da lente, direccionamento do feixe de luz emitido pelo *led* à fibra óptica, assim como para garantir a fixação da fibra e ajuste em altura, *Figura 5.21*.

Na parte superior da cápsula, existe uma caixa circular destinada ao elemento fixador da fibra óptica e um furo condutor da fibra até à fonte emissora da luz, *Figura 5.21f*.

A cápsula do *led* é fixa à placa dissipadora de calor através de parafusos. Na sua base existem canais passantes para os condutores eléctricos, *Figura 5.21c,d e e*.

A título de ensaio, inicialmente a cápsula do *led* foi concebida em pasta de moldar, *Figura 5.21b e c*.

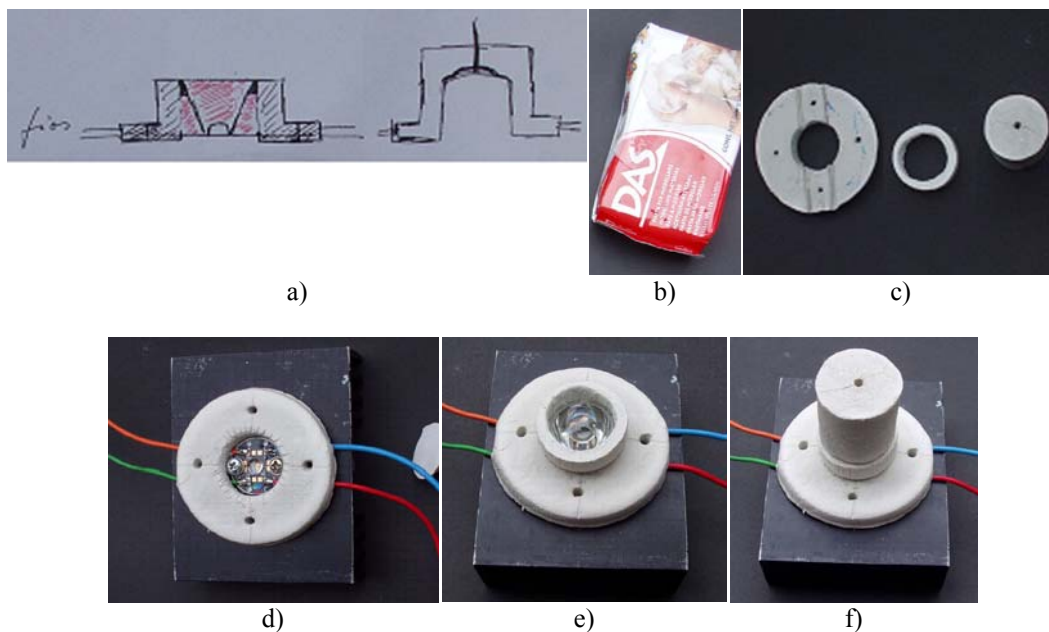


Figura 5.21: Modelo experimental da cápsula do *led*: a) esboço; b) pasta de modelar *DAS*; c) partes constituintes da cápsula; d) montagem da base da cápsula sobre o *led*; e) pormenor da lente e da caixa suporte; f) montagem completa da cápsula.

Numa segunda fase, a cápsula do *led*, foi concebida com dimensões para encaixar entre as lamelas do dissipador de calor, base onde foi fixado por parafusos o *led* (*R,G,B*), com o objectivo de melhorar a dissipação do calor.

O material escolhido para o fabrico da cápsula foi o *nylon* de cor branca, permitindo a percepção da cor emitida pelo *led*, *Figura 5.22*.

A estrutura da cápsula garante uma altura de caixa adequada para o alojamento da lente e de um vedante para protecção da lente às paredes da caixa e o ajuste no aperto do conjunto, *Figura 5.22c*. No topo da cápsula existe uma caixa destinada ao elemento fixador da fibra óptica e um orifício central para a passagem da fibra até ao *led* emissor de luz, *Figura 5.22g*, na base da cápsula foram abertos canais para a passagem dos condutores eléctricos, *Figura 5.22h*.

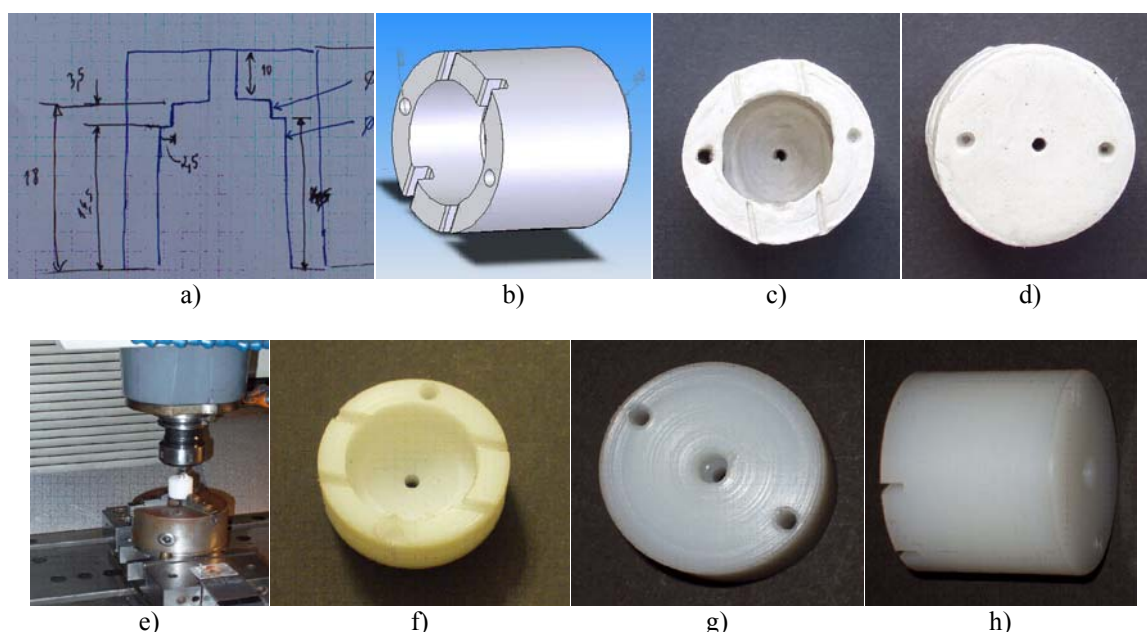


Figura 5.22: Concepção da cápsula do *led* (cápsula fixa e com caixa para a lente): a) esboço; b) modulação em *SolidWorks*; c) vista interior da cápsula modelada em pasta; d) vista exterior da cápsula modelada em pasta; e) operação de maquinagem através de máquina-ferramenta de CNC; f) vista interior da cápsula produzida em *nylon*; g) pormenor do topo da cápsula; h) vista lateral da cápsula.

Numa terceira fase, para eliminar algumas dúvidas encontradas nos ensaios relativamente à importância do uso da lente, foi concebida uma cápsula com uma caixa apenas com a altura suficiente para o *led*, *Figura 5.23a*, e um rebaixo cónico, na zona do furo central, para o encaixe do *led* e direcção dos feixes luminosos à fibra óptica, *Figura 5.23c*. A cápsula possui no topo uma caixa destinada ao elemento fixador da fibra óptica e um orifício central para a passagem da fibra até ao *led* emissor de luz, *Figura 5.23c*. Na base da cápsula foram abertos canais para a passagem dos condutores eléctricos, *Figura 5.23c e d*.

Por fim, foi concebida a cápsula do *led* que permite o suporte da lente, protecção desta por um vedante e o ajuste em altura da fibra à lente, através de um veio móvel,

Figura 5.24. No veio móvel, concebeu-se um rebaixo cónico destinado a receber os feixes luminosos provenientes da lente, *Figura 5.24c*.

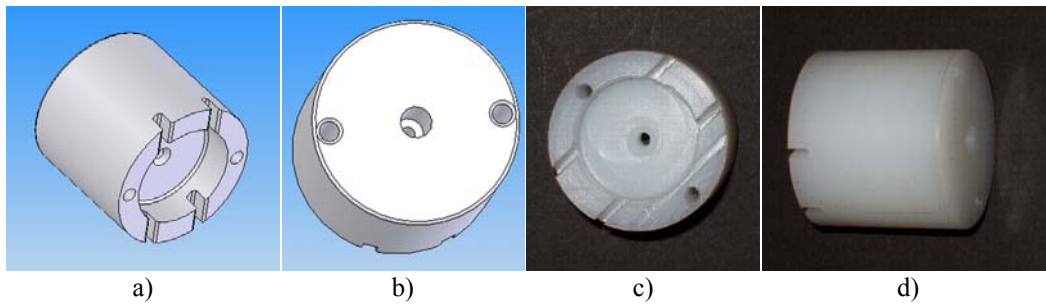


Figura 5.23: Concepção da cápsula do led (cápsula fixa sem caixa para a lente): a) modelação da cápsula em *SolidWorks*; b) topo da cápsula; c) parte interna da cápsula produzida em *nylon*; d) vista lateral da cápsula.

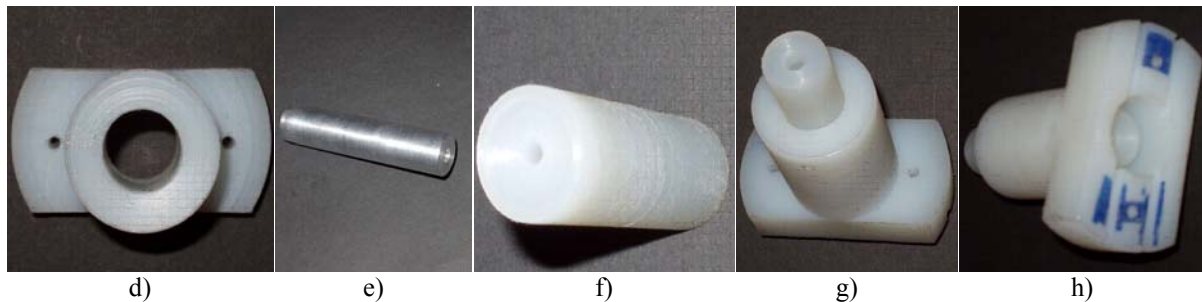
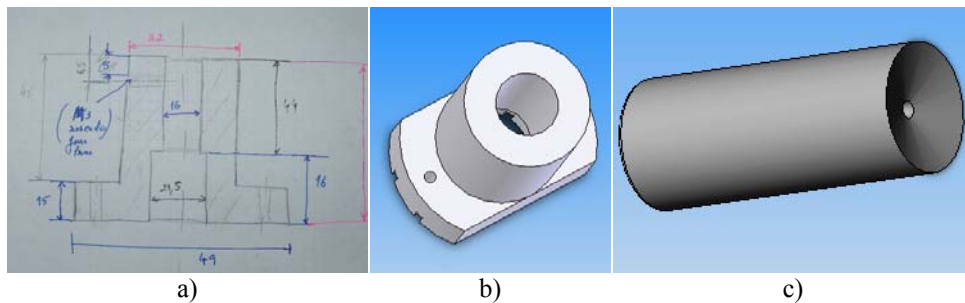


Figura 5.24: Concepção da cápsula do led (cápsula com caixa para a lente e com veio ajustável em altura): a) esboço; b) modelação em *SolidWorks* do corpo da cápsula; c) modelação em *SolidWorks* do veio móvel; d) corpo da cápsula produzido em *nylon*; e) veio móvel produzido em alumínio; f) veio móvel produzido em *nylon*; g) montagem do conjunto: corpo e veio móvel; h) vista interna da caixa da cápsula.

b) Suporte da placa electrónica do sensor de cor (R,G,B)

O suporte da placa electrónica do sensor de cor (R,G,B) foi concebido devido à necessidade de fixar o conjunto: placa conversora e o respectivo sensor, uma lente e a fibra óptica. Na parte superior do suporte, existe um furo condutor da fibra até à lente, *Figura 5.25a*.

O suporte da placa electrónica do sensor permite a fixação e o ajuste em altura, do conjunto, através de parafusos, *Figura 5.25b*.

Inicialmente, o suporte da placa electrónica do sensor foi concebido em polímero de cor verde, com uma caixa para encaixe da lente. A altura da caixa para a lente foi dimensionada para acondicionar um vedante protector da lente, *Figura 5.25e*.

Numa segunda fase, devido à necessidade de ensaios com uma lente diferente, foi concebido um suporte em alumínio para a placa electrónica do sensor e lente, *Figura 5.26*. Escolheu-se alumínio porque, comparativamente com *nylon*, permite maior exactidão e facilidade na construção da caixa para a lente de pequeno diâmetro, *Figura 5.26*.

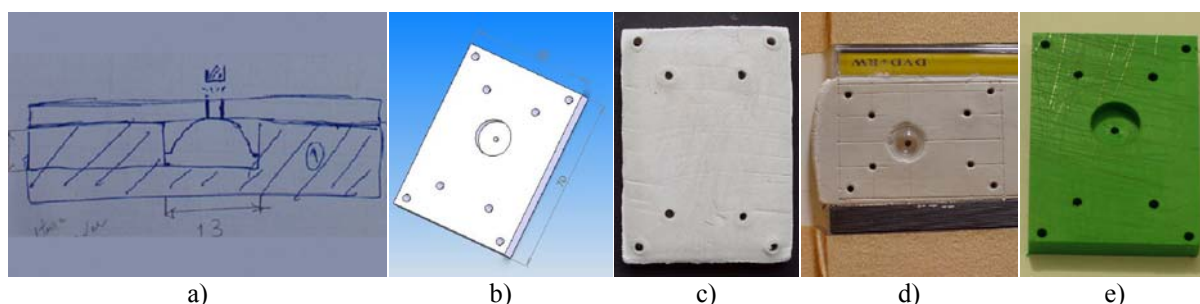


Figura 5.25: Concepção do suporte da placa electrónica do sensor, em polímero, com caixa para alojamento de lente: a) esboço; b) modelação em *SolidWorks*; c) modelação do suporte em pasta; d) pormenor do ensaio ao encaixe da lente; e) suporte da placa do sensor produzido em polímero de cor verde.

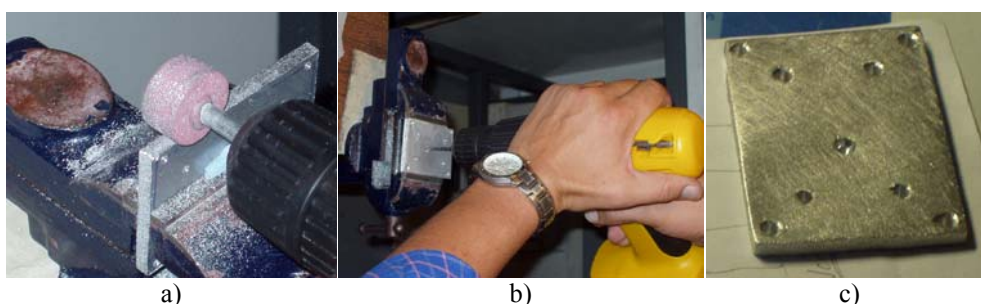


Figura 5.26: Concepção do suporte da placa da placa electrónica do sensor em alumínio, com caixa para a lente: a) operação de facejamento; b) furação; c) suporte produzido em alumínio com lente encaixada (caixa central).

Numa terceira fase, para confirmar a influência da luz ambiente no sensor foi concebido um suporte para a placa electrónica do sensor, que exclui a fixação da lente e possui apenas uma caixa para o sensor, isolando-o assim da luz ambiente, *Figura 5.27a*.

Por fim, depois de comprovada a eficácia do isolamento da luz ambiente relativamente ao sensor pela placa branca usada, foi concebido um suporte para a placa electrónica do sensor, *Figura 5.27*, que garante uma caixa para acomodação do sensor e sua protecção da luz ambiente, veio para alojamento de lente, caso necessário, e tubos de diâmetros diferentes, que quando conjugados permitem diferentes soluções para um direccionamento centrado da fibra de diferentes diâmetros previstas para os ensaios finais. O suporte da

placa electrónica foi concebido em polímero de cor verde, contudo a caixa destinada ao encaixe e isolamento do sensor foi pintada em preto para que o verde não fosse detectado pelo sensor e influenciasse os resultados obtidos. Na ponta do veio foi colado um vedante que serve de batente para a lente a colocar no interior do veio, junto à extremidade e para amortecer o contacto entre a lente e o sensor. Por fim o cilindro que suporta o veio e permite o seu ajuste, foi colado ao suporte (placa verde).

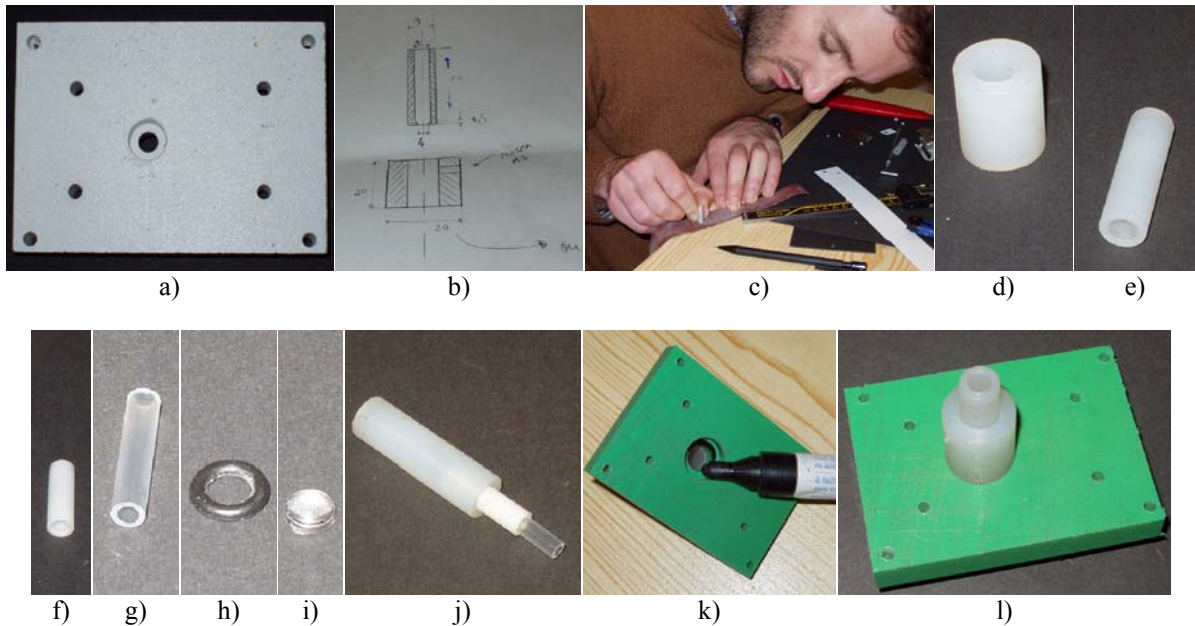


Figura 5.27: Concepção do suporte da placa electrónica do sensor, com veio ajustável em altura: a) placa branca para teste com caixa para isolamento do sensor; b) esboço do cilindro fixador e veio; c) polimento do veio; d) cilindro fixador; e) veio com furo central; f) e g) tubos direccionadores da fibra óptica; h) vedante; i) lente; j) conjugação de tubos direccionadores; k) pintura da caixa; l) conjunto final desenvolvido.

c) Placa fixadora da lente

A placa fixadora da lente foi concebida para, numa posição intermédia entre o sensor e lente, manter a lente na caixa existente no suporte da placa electrónica do sensor, permitindo o afastamento do sensor à lente sem que esta se desloque da sua posição inicial, *Figura 5.28*.

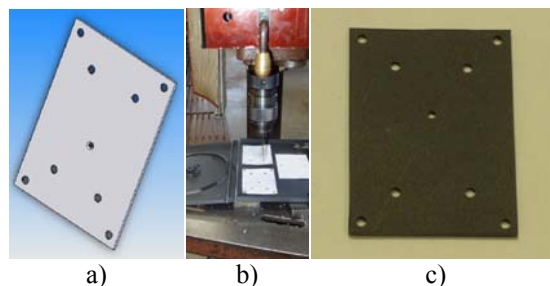


Figura 5.28: Concepção da placa fixadora da lente: a) modelação em *SolidWorks*; b) operação de furação; c) placa fixadora da lente produzida em material polímero.

A placa fixadora da lente foi fabricada em polímero de cor preta de forma a minimizar o efeito da luz ambiente no sistema.

A fixação ao suporte da placa do sensor por meio de parafusos facilita a colocação e remoção da lente.

d) Placa electrónica do protótipo

Devido à necessidade de alimentação e controlo do *led* emissor de luz (*R,G,B*), foi concebida uma primeira placa electrónica, *Figura 5.29*.

O controlo da cor, emitida pelo *led*, é feito através de três potenciómetros, reguláveis, existentes no circuito.

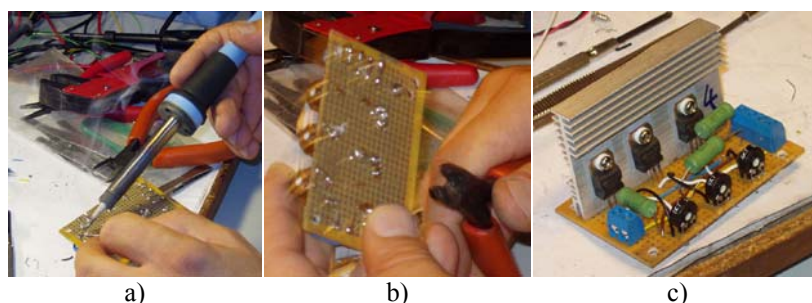


Figura 5.29: Concepção da placa electrónica do *led*: a) operação de soldadura; b) operação de corte; c) placa montada, onde se pode verificar os três potenciómetros reguláveis.

Na fase final, devido à necessidade de melhoramentos no sistema electrónico, nomeadamente na ampliação de sinais à entrada dos vuímetros, alimentação dos diferentes componentes e organização de todo o sistema electrónico, foi desenhada uma nova placa electrónica usando-se o *software Eagle* e produzida uma placa de circuito impresso, *Figura 5.30*.

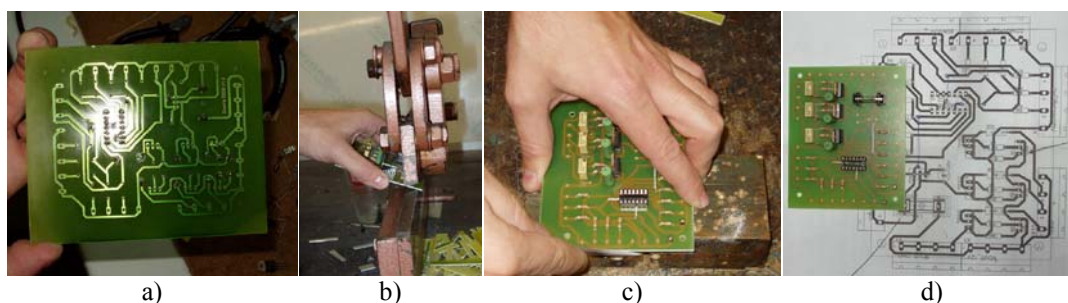


Figura 5.30: Concepção da placa electrónica final do protótipo: a) placa; b) e c) operações de corte e rectificação; d) placa final, com os componentes montados, segundo o esquema definido.

e) Suporte para a fonte de alimentação

Devido à necessidade de fixação da fonte de alimentação foi usado um suporte em calha *DIN*, *Figura 5.31*.

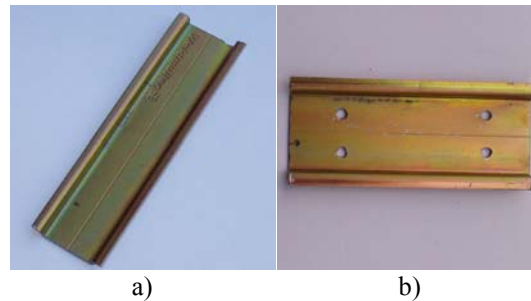


Figura 5.31: Concepção do suporte para a fonte de alimentação: a) calha *DIN*; b) suporte para a fonte de alimentação.

f) Suporte da bateria do *display*

Devido à necessidade de fixação da fonte de alimentação (bateria) do *display* foi concebido um suporte adequado.

O referido suporte foi feito usando um retalho de calha *DIN*, *Figura 5.32*. Neste suporte foram feitos dois furos roscados para facilitar a fixação e remoção da bateria, *Figura 5.32*.

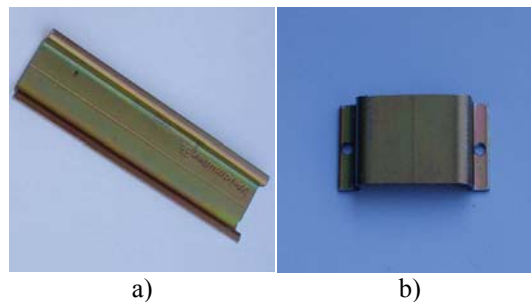


Figura 5.32: Concepção do suporte da bateria: a) calha *DIN*; b) suporte da bateria.

g) Posicionadores em altura

Devido à necessidade de isolamento e ajuste da posição dos componentes electrónicos, foram concebidos posicionadores em altura, em tubo polímero de cor preta, cortados à medida, *Figura 5.33*.

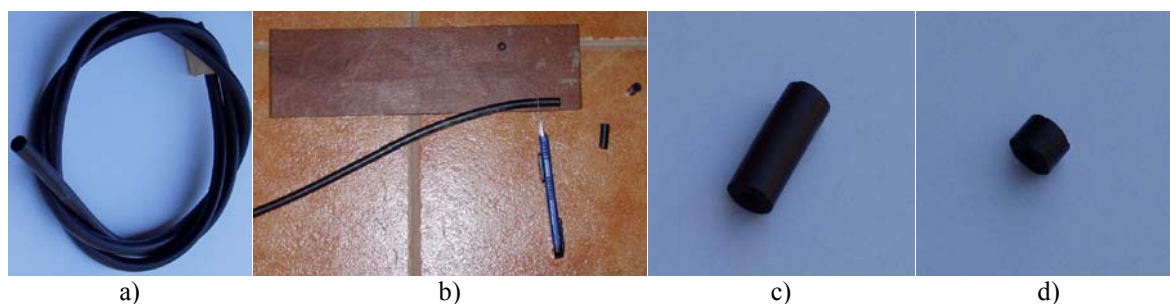


Figura 5.33: Concepção dos posicionadores em altura: a) tubo; b) corte do tubo; c) e d) elementos posicionadores de diferentes comprimentos.

h) Suporte para os vuímetros

Devido à necessidade de fixação e ajuste dos vuímetros no painel frontal do protótipo, foram concebidos dois suportes em alumínio, *Figura 5.34*.

O ajuste dos vuímetros em altura, relativamente à face do painel frontal, é conseguido através de anilhas e de parafusos que são roscados nos furos existentes nos suportes, *Figura 5.34*.

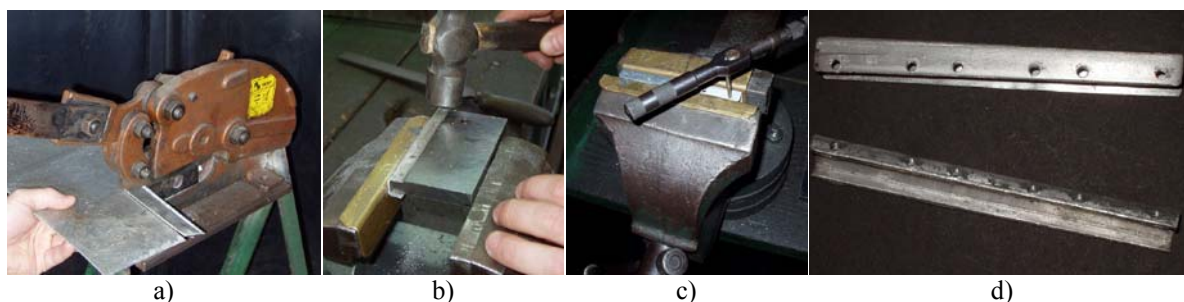


Figura 5.34: Concepção dos suportes para os vuímetros: a) operação de corte da chapa em alumínio; b) operação de quinagem; c) operação de roscagem; d) suportes para os vuímetros.

i) Suporte do otoscópio

Devido à necessidade de acondicionamento do otoscópio original modelo *Heine mini 2000*, usado para o posicionamento das fibras ópticas no canal auditivo externo, adaptou-se um suporte de microfone já existente e um botão de um potenciómetro de forma a satisfazer as necessidades, *Figura 5.35*. Para evitar o movimento de rotação dos elementos fixos foi utilizado um freio em arame.

j) Fixadores de fibra óptica

Os fixadores de fibra óptica foram concebidos para guiar e fixar a fibra na cápsula do *led*, no suporte da placa electrónica do sensor e no otoscópio *Heine*.

Para a concepção dos fixadores, foram adaptados pernos de uma ficha eléctrica. Os pernos foram torneados até se obterem os diâmetros adequados, furados e as zonas de passagem e aperto da fibra foram escariadas para não danificar a fibra, *Figura 5.36*.



Figura 5.35: Concepção do suporte para o otoscópio: a) suporte de microfone; b) suporte de microfone desmontado, botão de potenciómetro e arame para concepção do freio.

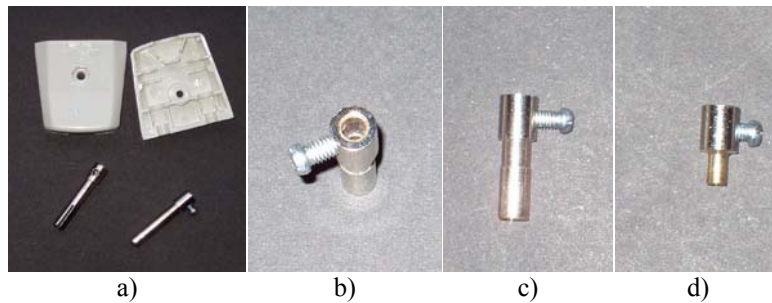


Figura 5.36: Concepção de fixadores de fibra óptica: a) ficha eléctrica e respectivos pernos; b) orifício do fixador, com arestas escariadas para a passagem da fibra; c) fixador para o led e sensor; d) fixador de fibra para aplicação no otoscópio.

k) Placa para o painel frontal.

De forma a tornar a interface utilizador/protótipo mais agradável e orientada para ambiente clínico, concebeu-se uma placa de cor branca, recortada em polímero, com uma espessura de 1 mm a fim de ser colada no painel em alumínio da caixa do protótipo, *Figura 5.37*.

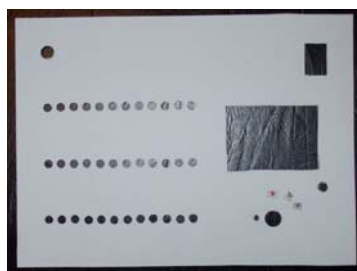


Figura 5.37: Placa para o painel frontal em polímero de cor branca.

5.7.3 Montagem de componentes

Reunidos todos os componentes necessários ao desenvolvimento do protótipo, procedeu-se à respectiva montagem. Esta montagem dos componentes foi sofrendo melhoramentos, segundo as necessidades observadas. Procurou-se, sempre que possível, garantir a maior usabilidade possível do protótipo, gerindo adequadamente os espaços e a posição dos componentes.

A seguir são descritas as operações de montagem dos componentes de forma a demonstrar todo o processo evolutivo até à solução final.

a) Planificação e furação da caixa suporte

Após a reunião dos componentes, foi feita a planificação e furação na caixa suporte para a respectiva montagem, *Figura 5.38*.

Os componentes foram distribuídos pelo interior da caixa, tendo em consideração a distância entre cada um de forma a minimizar o aquecimento, facilitar as operações de montagem e desmontagem e o acesso funcional. Assim, procurou-se o melhor alinhamento dos componentes, tanto na vertical como na horizontal, bem como a distribuição harmoniosa.

A planificação foi feita recorrendo à ferramenta *SolidWorks*, e procedeu-se à sua colagem em cima das superfícies da chapa para facilitar a marcação e furação, *Figura 5.38*.

As operações de marcação e corte foram realizadas com punções, furadora de coluna, machos para abertura de rosca, lima e lixa para rectificação das superfícies cortadas.

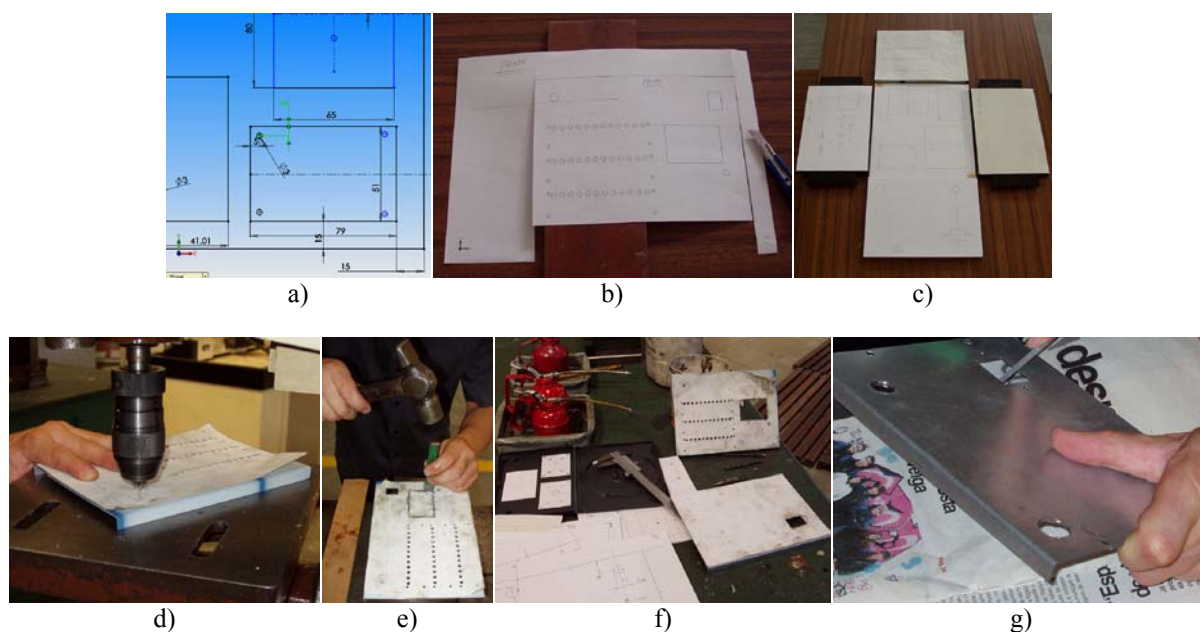


Figura 5.38: Planificação e furação da caixa suporte: a) modelação em *SolidWorks*; b) recorte da planificação; c) colagem da planificação nas faces da caixa; d) operação de furação; e) operação de corte por punção; f) zonas furadas e cortadas; g) operação de rectificação.

b) Chassis do protótipo

O chassis é constituído por diferentes componentes: fonte de alimentação, placa electrónica do protótipo, *led* emissor de luz (R,G,B), sensor de cor (R,G,B) e respectiva placa electrónica conversora e base para apoio da bateria que alimenta o *display*.

A *Figura 5.39*, demonstra a constituição do chassis, assim como permite a comparação evolutiva do protótipo. Assim, a *Figura 5.39a*, apresenta a 1ª fase da montagem dos componentes electrónicos no chassis, a *Figura 5.39b*, a 2ª fase, onde se pode verificar o pormenor de uma placa de ensaio electrónica introdutória de melhorias no sistema, a *Figura 5.39c*, a 3ª fase em que podemos verificar mudanças na posição dos componentes e nova placa electrónica do protótipo, e por fim a 4ª e ultima fase é apresentada na figura 5.39d, onde podemos verificar a introdução do suporte da placa electrónica do sensor, com veio e toda uma organização dos fios condutores.

Devido à maior complexidade dos componentes que constituem o chassis e sucessivas modificações de que foi alvo, a montagem de cada um dos componentes é descrita a seguir.

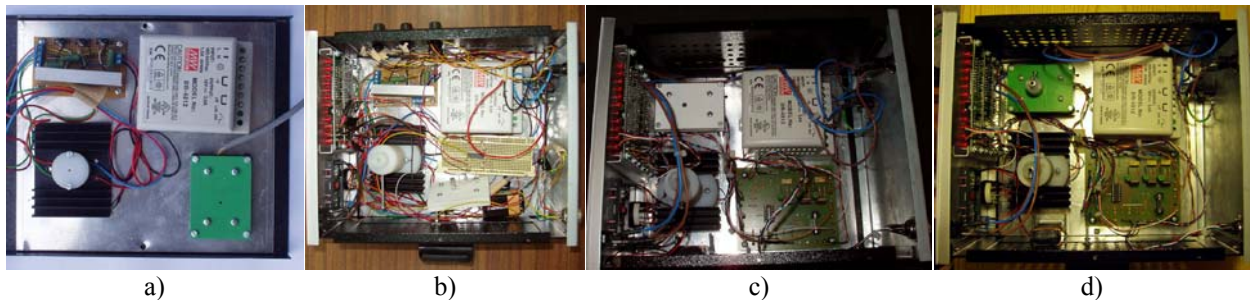


Figura 5.39: Montagem do chassis do protótipo e evolução: a) 1ª fase da montagem; b) 2ª fase; c) 3ª fase; d) 4ª e última fase da montagem dos componentes electrónicos.

b.1) Sensor de cor

Numa primeira fase, montou-se a lente seleccionada na caixa existente no suporte da placa electrónica do sensor, produzida em polímero de cor verde. Por cima da lente colocou-se um vedante para a proteger da placa fixadora da lente feita em polímero de cor preta e permitir o ajuste do aperto, *Figura 5.40*. Depois, fixou-se a placa electrónica conversora e respectivo sensor de cor previamente soldado, *Figura 5.18*, ao suporte, recorrendo a anilhas espaçadoras para manter o sensor de cor próximo da passagem da luz, através da lente, sem que fosse danificado pelo aperto contra a placa preta. Todo o conjunto foi fixado por parafusos, *Figura 5.40*.

Por fim, aplicaram-se os posicionadores de altura, feitos em tubo de polímero, garantindo a altura necessária para o ajuste do sensor em altura e fixou-se todo o conjunto ao chassis da caixa, *Figura 5.40*.

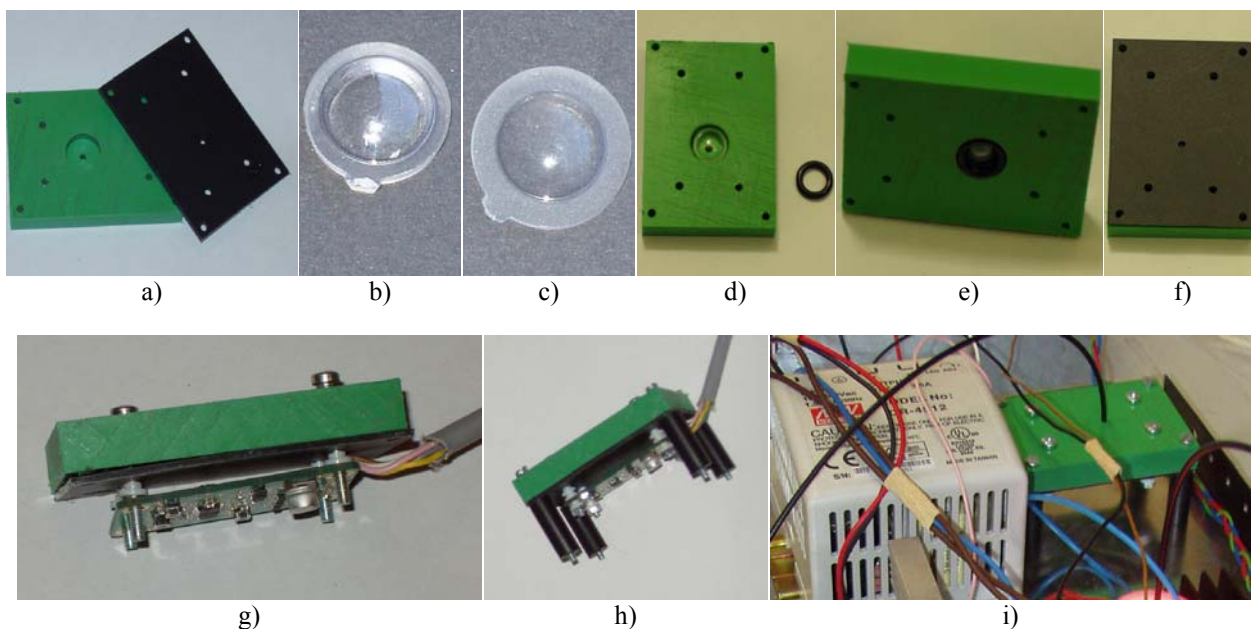


Figura 5.40: Primeira fase da montagem da placa electrónica do sensor de cor: a) suporte da placa electrónica do sensor de cor e placa fixadora da lente; b) e c) lentes usadas; d) encaixe da lente; e) aplicação do vedante protector; f) montagem da placa fixadora da lente; g) montagem da placa electrónica do sensor de cor no suporte; h) aplicação dos posicionadores de altura; i) fixação do conjunto ao chassis da caixa.

Numa segunda fase, foi montada a placa electrónica do sensor de cor no suporte feito em alumínio para ensaios com uma lente de diâmetro menor, *Figura 5.41*.

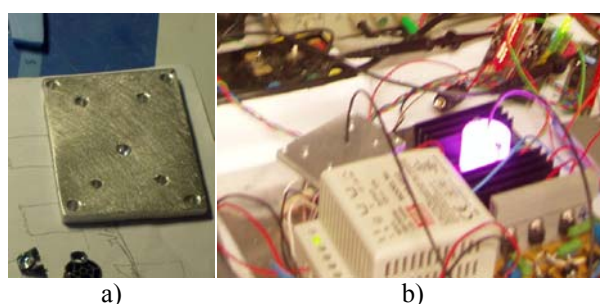


Figura 5.41: Montada da placa electrónica do sensor de cor no suporte feito em alumínio: a) suporte da placa electrónica do sensor em alumínio e lente encaixada na placa (caixa central); b) exemplo de um ensaio realizado com a placa de alumínio e lente.

Numa terceira fase, após se concluir que com as lentes utilizadas não se obtinham os resultados pretendidos, bem como se ter verificado a influência da luz ambiente no sensor porque as placas anteriores não o isolavam, montou-se a placa electrónica do sensor de cor no suporte, feito em polímero de cor branco, com caixa dimensionada

apenas para protecção do sensor da luz ambiente, *Figura 5.42*. No suporte fixaram-se vedantes para ajuste no aperto e consequente protecção dos componentes electrónicos, *Figura 5.42*.

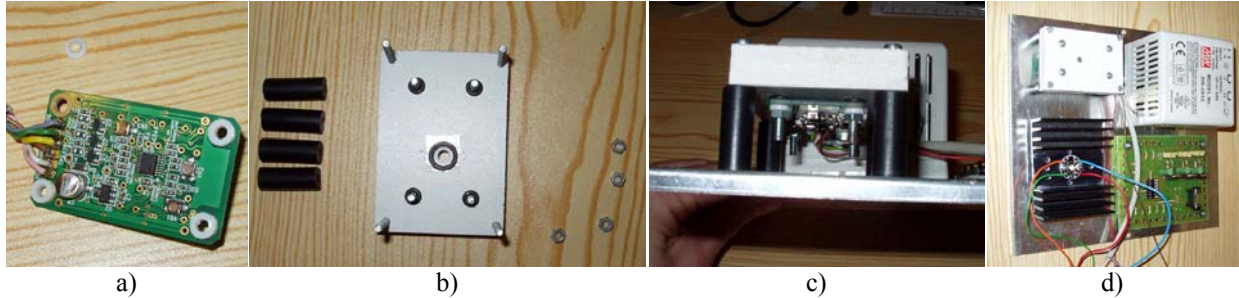


Figura 5.42: Montagem da placa electrónica do sensor de cor, no suporte produzido em polímero branco:
a) placa electrónica do sensor de cor e anilhas espaçadoras; b) vedantes fixos; c) montagem do conjunto ao chassis da caixa; d) posição do conjunto no chassis da caixa.

Na fase final, optou-se por aplicar um suporte da placa electrónica do sensor de cor que permitisse a realização de ensaios, usando ou não diferentes tipos de lentes, com fibras de diferentes diâmetros e ajuste em altura. Para isso, adaptou-se o suporte produzido em polímero verde e fixou-se um cilindro, *Figura 5.43a*, fixador de um veio passante que permite o alojamento de lentes, diferentes diâmetros de fibras e o ajuste em altura da fibra à lente, da lente ao sensor ou simplesmente da fibra ao sensor, *Figura 5.43d*.

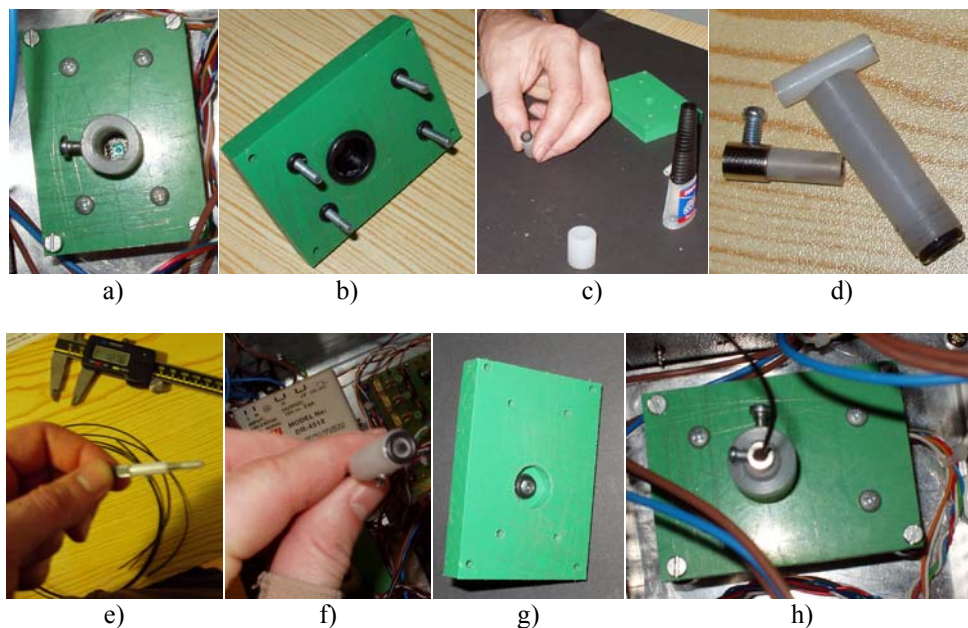


Figura 5.43: Montagem do suporte final da placa do sensor: a) cilindro em nylon colado ao suporte base; b) fixação de vedantes; c) colagem do vedante na ponta do veio; d) veio, tubo direccionador e fixador da fibra óptica; e) aplicação dos tubos direccionadores à fibra óptica; f) montagem do veio com a fibra centrada; g) lente na ponta do veio; h) montagem final do conjunto ao chassis.

No referido suporte, foram fixados vedantes, *Figura 5.43b*, destinados à protecção e ajuste no aperto, por parafusos, da placa electrónica do sensor de cor. Na ponta do veio foi colado um vedante, para fazer de batente à lente introduzida no interior e para amortecer o contacto do veio com o sensor, *Figura 5.43c*. O conjunto foi posicionado no chassis de forma a que seja possível aceder ao parafuso fixador do veio, pela parte externa da caixa, através dos orifícios existentes no painel esquerdo, *Figura 5.43h*.

b.2) Led emissor de luz (R,G,B)

Numa primeira fase, furou-se o dissipador de calor em alumínio onde foi fixado por parafusos o *led* emissor de luz (R,G,B). Depois montou-se a lente sobre o *led*, pelo orifício existente na parte inferior da lente. Por fim, foi montada a cápsula do *led* que permite a fixação da lente e o direccionamento da fibra à lente, *Figura 5.44*. A cápsula possui um batente para um vedante, *Figura 5.44f*, que tem duas funções: proteger a lente do contacto com a cápsula, na parte superior; e ajustar o aperto para que a lente fique perfeitamente centrada e fixa.

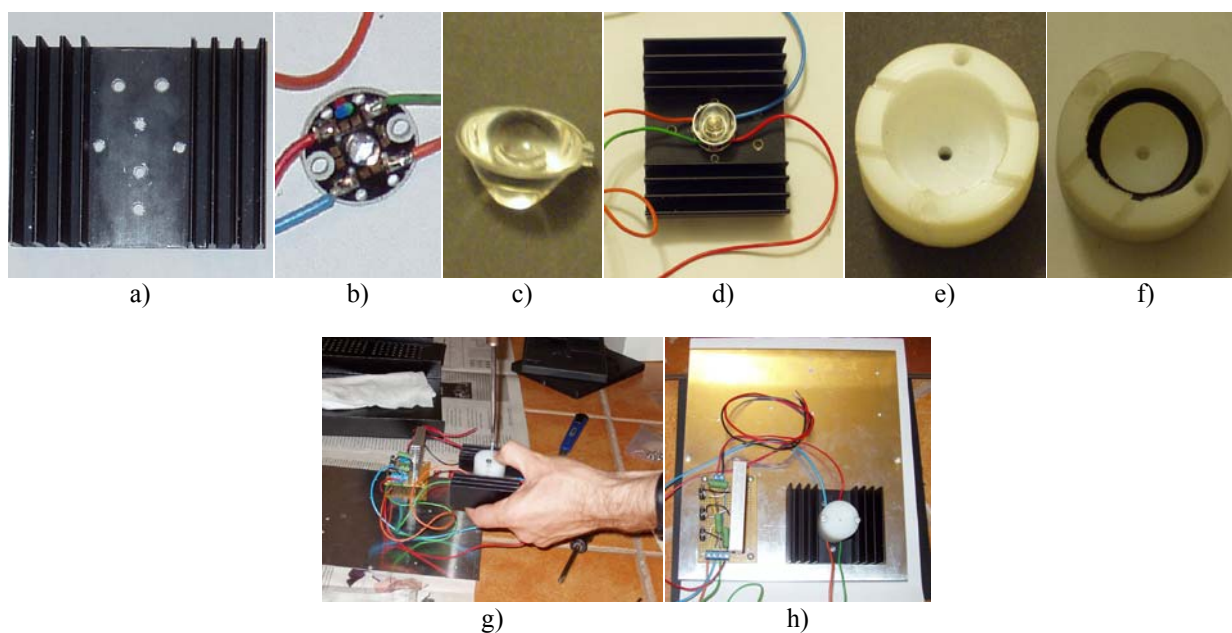


Figura 5.44: Montagem da cápsula do *led* emissor de luz (R,G,B) (primeira fase): a) suporte do *led*, dissipador de calor; b) *led* (R,G,B); c) lente; d) lente encaixada sobre o *led*; e) cápsula do *led*; f) vedante protector da lente; g) aperto da cápsula à base dissipadora de calor; h) pormenor da fixação do conjunto no chassis da caixa.

Numa segunda fase, foi montada a cápsula do *led* concebida apenas para o alojamento do *led* e direcção do feixe luminoso à fibra, através do cone existente no interior da cápsula, *Figura 5.45*.

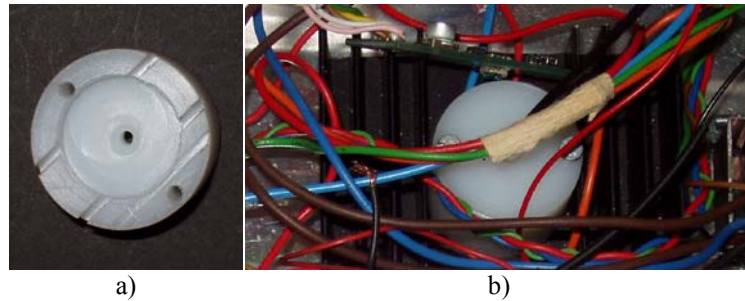


Figura 5.45: Montagem da cápsula do *led* emissor de luz (*R,G,B*) (segunda fase): a) cápsula do *led* com caixa apenas para o *led*; b) montagem da cápsula no dissipador de calor e no chassis da caixa.

Na fase final, foi montada a cápsula com o cilindro fixador de um veio passante, *Figura 5.46*.

O modelo final permite toda uma liberdade de ensaios: uso ou não da lente para o *led*, garantindo a sua fixação e protecção, *Figura 5.46g e h*, bem como o posicionamento do veio em relação à lente emissora. O veio está adaptado à introdução de tubos direccionadores para diferentes diâmetros de fibras ópticas.

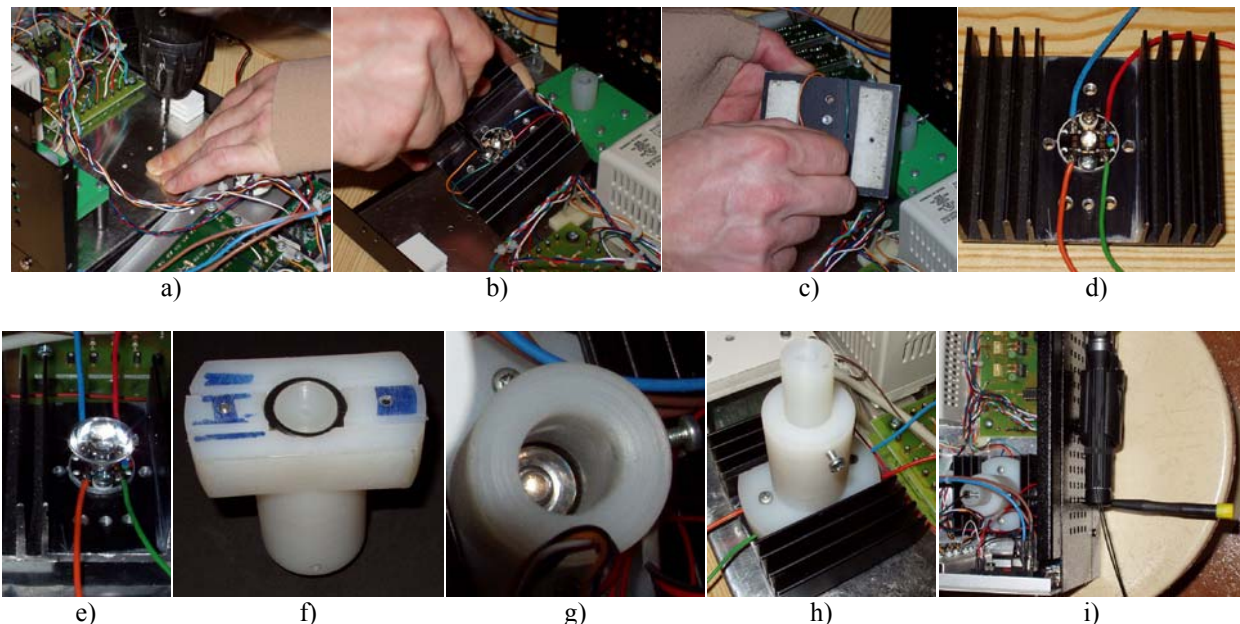


Figura 5.46: Montagem da cápsula do *led* emissor de luz (*R,G,B*) (fase final): a) furação do chassis; b) fixação do *led*; c) esponja branca colada ao suporte do *led*; d) *led* fixo à base dissipadora; e) lente acoplada ao *led*; f) caixa e vedante para fixação protecção da lente; g) lente fixa; h) parafuso de aperto do veio; i) aperto do veio.

No suporte do *led*, na sua base, foi colada uma esponja branca para dar altura entre o suporte e o chassis, permitindo o aperto das porcas nos parafusos que fixam a cápsula ao suporte. A esponja usada contribui ainda para a posição horizontal do conjunto, ajuste do aperto e o isolamento do conjunto relativamente ao chassis.

O conjunto foi posicionado no chassis de forma a que seja possível aceder ao parafuso fixador do veio, pela parte externa da caixa, através dos orifícios existentes no painel direito, *Figura 5.46h e i*.

b.3) Fonte de alimentação

Inicialmente, fixou-se a calha *DIN* ao chassis da caixa. Depois encaixou-se a fonte de alimentação na calha *DIN*, pelas ranhuras existentes e sistema de bloqueio, *Figura 5.47*. A calha *DIN* permite uma montagem e desmontagem práticas.

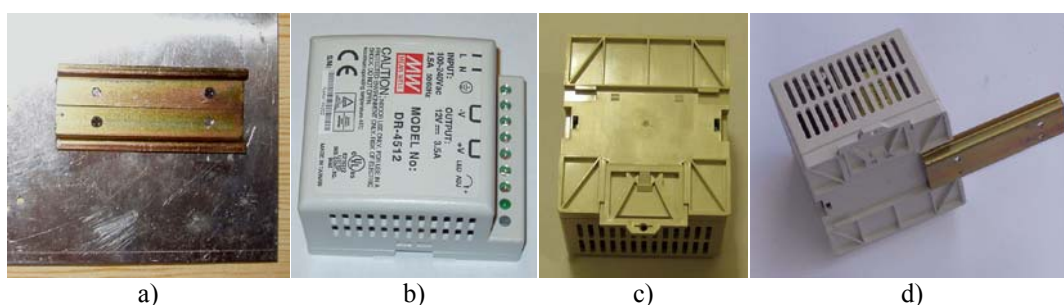


Figura 5.47: Montagem da fonte de alimentação: a) fixação da calha *DIN* ao chassis da caixa; b) fonte de alimentação; c) pormenor da patilha que permite fixar e soltar a calha *DIN*; d) encaixe da calha *DIN*.

b.4) Placa electrónica do protótipo

Inicialmente, a primeira placa electrónica produzida para o protótipo foi montada junto ao painel esquerdo da caixa, onde previamente foram feitos furos, para que se pudesse aceder aos potenciómetros reguladores, *Figura 5.48a*.

Por fim, a placa electrónica final do protótipo, placa de circuito impresso, foi montada do lado direito da fonte de alimentação, devido à gestão do espaço disponível e ainda porque os potenciómetros finais são de regulação vertical, excluindo a necessidade de acesso pela zona lateral da caixa, *Figura 5.48b*. O esquema electrónico e o desenho da referida placa estão no *Anexo A3*.

Uma das vantagens da placa electrónica final foi a liberdade do seu posicionamento que permitiu a troca de posição com a placa electrónica do sensor de cor para uma posição mais favorável à montagem da fibra óptica.

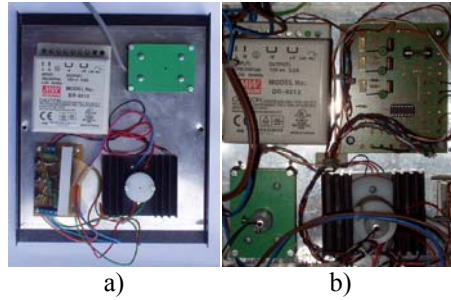


Figura 5.48: Montagem da placa electrónica do protótipo: a) montagem da primeira placa electrónica junto ao painel esquerdo; b) montagem da placa electrónica final, de circuito impresso, do lado direito da fonte de alimentação.

c) Painel traseiro

No painel traseiro estão montados os seguintes componentes: conector para aquisição de sinais por computador, porta fusíveis para protecção do circuito eléctrico e tomada de alimentação com terra para protecção, *Figura 5.49*.

A saída de sinais foi posicionada à esquerda para minimizar os efeitos de interferências electromagnéticas nas medições provenientes da alimentação situada do lado oposto. A ficha de alimentação foi colocada na parte inferior direita para facilitar a ligação dos fios condutores à fonte de alimentação, assim como do fusível situado na parte superior direita, *Figura 5.49g*.

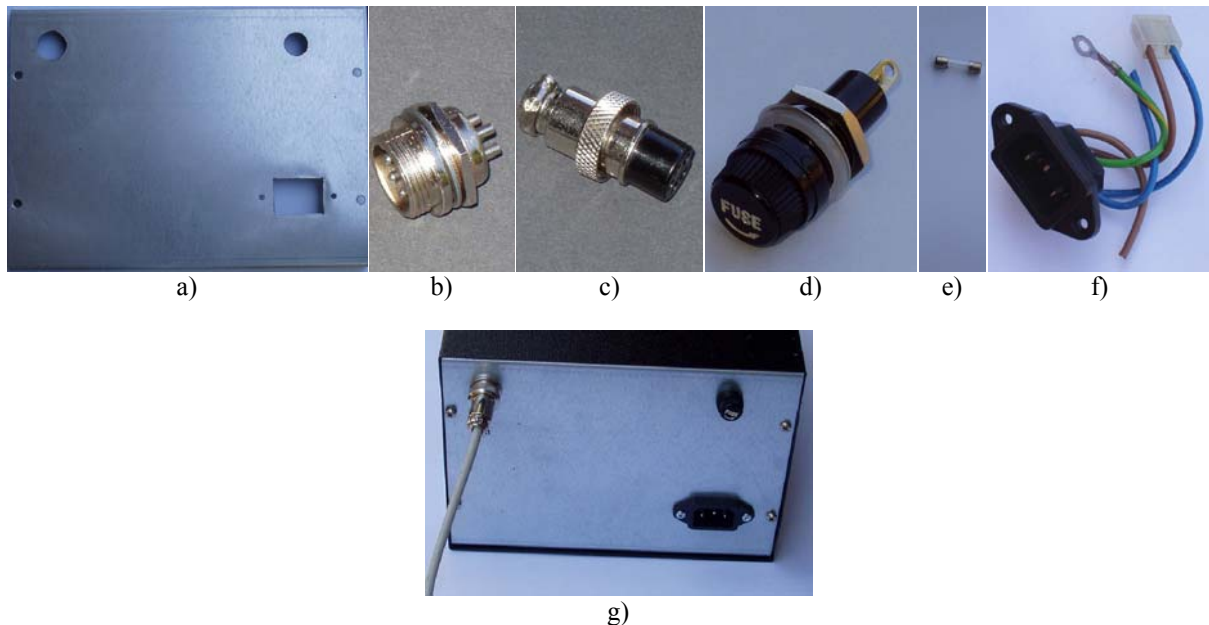


Figura 5.49: Montagem do painel traseiro: a) chapa com os recortes para alojamento dos componentes; b) elemento macho do conector de sinais; c) elemento fêmea do conector de sinais; d) porta fusíveis; e) fusível; f) ficha com elemento “terra”; g) montagem final com o cabo condutor dos sinais.

d) Painel esquerdo

Numa primeira fase, foram feitos furos no painel esquerdo para a introdução de uma chave de fendas para acesso e controlo dos potenciómetros reguladores da cor do *led*, *Figura 5.50*.

Os furos foram identificados, de acordo com os potenciómetros de cada canal de cor: *R* (vermelho), *G* (verde) e *B* (azul). A referida identificação foi feita com etiquetas de cor e com a letra correspondente à abreviatura. As etiquetas foram plastificadas e fixas por fita-cola dupla, *Figura 5.50*.

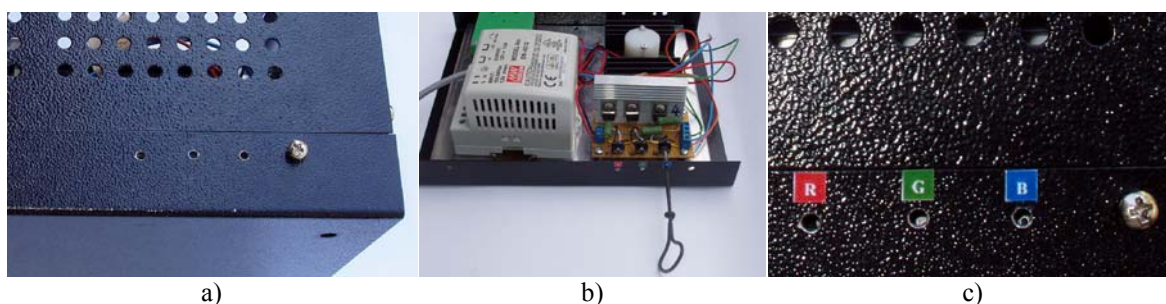


Figura 5.50: Montagem do painel esquerdo (1ª fase): a) furos para a passagem de chave de fendas; b) acesso da chave de fendas ao potenciómetro; c) etiquetas identificadores do acesso a cada um dos potenciómetros e respectivos canais de cor (*R,G,B*).

Numa segunda fase, foram alargados os furos já existentes no painel esquerdo para aplicação de botões reguladores dos potenciómetros. Os potenciómetros iniciais foram substituídos por outros de diferente construção e fixos ao painel esquerdo pelos próprios botões, *Figura 5.51*.

Os potenciómetros foram trocados com o objectivo de permitir a regulação manual, através dos botões, de forma a facilitar a realização dos ensaios.

Os botões estão referenciados com círculos de cor (em vinil de cor) de forma a identificar o canal de cor (*R,G,B*) respectivo. Os botões estão acoplados a escalas, que rodam juntamente com o botão, e por contraste da cor branca da base colada ao painel é feito o registo do número associado à escala.

Numa terceira fase, os potenciómetros foram removidos do painel esquerdo e fixados na placa electrónica final, *Figura 5.52*. Esta mudança deveu-se, essencialmente, aos seguintes factores: fase inicial de realização de ensaios laboratoriais terminada, simplicidade do sistema electrónico, redução de custos e antevendo a possibilidade de ensaios em ambiente real, clínico, excluir a possibilidade de alteração dos parâmetros definidos por desajuste casual dos potenciómetros laterais que não permitiam a fixação da sua posição.



Figura 5.51: Montagem do painel esquerdo (2ª fase): a) furos existentes no painel alargados, e base para o contraste da escala; b) botões dos potenciômetros devidamente identificados pelo círculo de cor em vinil autocolante e munidos de escala indicadora.



Figura 5.52: Montagem do painel esquerdo (3ª fase): a) pormenor da remoção dos potenciômetros laterais; b) potenciômetros fixos de regulação vertical com acesso controlado.

e) Painel direito

Numa primeira fase, foram feitos furos passantes no painel direito de forma a fixar a bateria de alimentação do *display* situado no painel frontal, *Figura 5.53*.

Os parafusos passam nos furos e vão roscar no suporte da bateria, *Figura 5.53b*, permitindo assim o aperto e desaperto da bateria. O comprimento dos parafusos foi dimensionado para que no desaperto, necessário para remover a bateria, o suporte não fique solto dentro da caixa dificultando o procedimento.

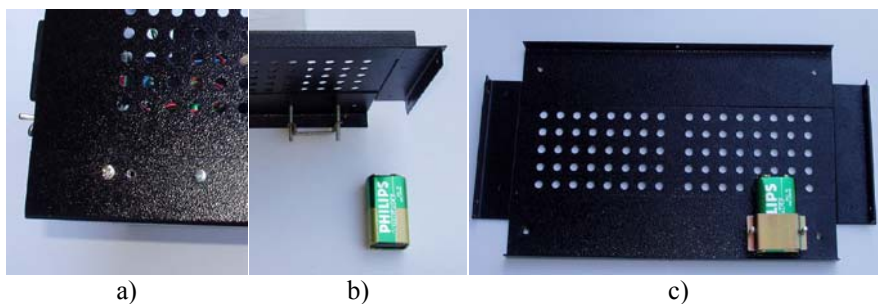


Figura 5.53: Montagem do painel direito (1ª fase): a) furos passantes para os parafusos; b) parafusos roscados no suporte da bateria; c) bateria fixa no conjunto.

Numa segunda fase, o suporte da bateria foi mudado para uma posição superior na caixa, de maneira que o painel direito pudesse ser removido de forma independente, *Figura 5.54a*, uma vez que a solução inicial para manter a bateria apoiada na base do chassis da caixa obrigava a que os parafusos passantes ligassem o painel direito à base da caixa. A referida solução, dificultava a remoção do painel direito obrigando a remover sistematicamente os parafusos que fixavam o suporte da bateria. Sendo assim, fez-se o aproveitamento dos furos do painel direito, para a passagem dos parafusos e para garantir o apoio da bateria ao chassis da caixa fez-se uma base em esponja que foi fixa à base, *Figura 5.54b*.

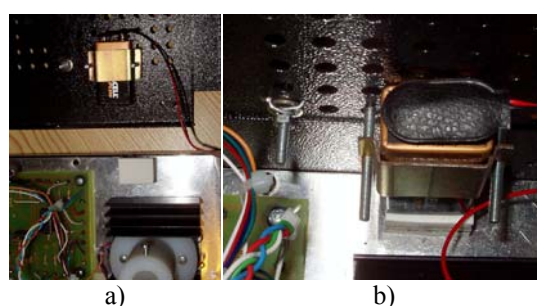


Figura 5.54: Montagem do painel direito (2ª fase): a) base em esponja branca, colada ao chassis, para dar altura e apoio à bateria; b) posição final da bateria no painel direito.

Por fim, foi aplicado o suporte do otoscópio no painel direito, na zona central, *Figura 5.55*, de forma a fazer-se o aproveitamento dos furos existentes no painel e a gerar uma zona de afastamento à caixa e à base destinada à regulação do posicionamento, garantindo um acesso prático. O conjunto é fixo ao painel direito da caixa, por parafusos e porcas, e pelo freio em arame, concebido para evitar o movimento de rotação dos elementos fixos e garantir um acondicionamento seguro para o dispositivo, *Figura 5.55*.

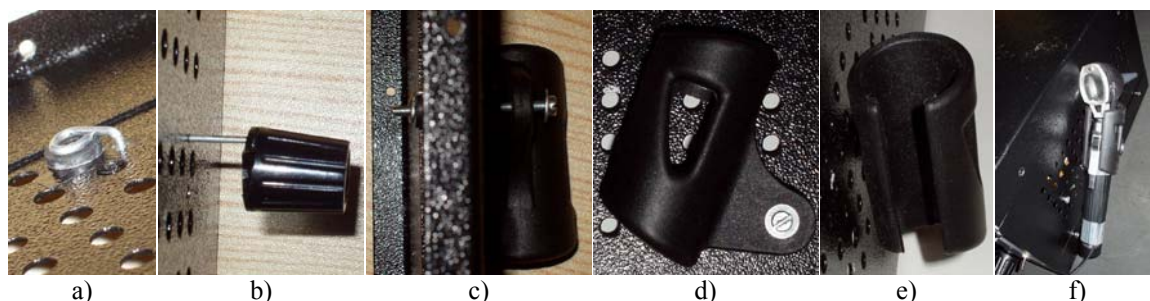


Figura 5.55: Montagem do suporte para o otoscópio: a) fixação do freio; b) encaixe do freio no botão do potenciómetro; c), d) e e) fixação e posicionamento do suporte; f) otoscópio alojado.

f) Painel frontal

Numa primeira fase, para que se pudesse ensaiar o sistema desenvolvido e avaliar a sua condição electrónica e resposta dos seus componentes, foram montados no painel frontal, *Figura 5.56*, os seguintes componentes: elemento passador da fibra (em borracha), botão principal que liga o sistema (alimentação), *display*, botão do *display* (botão de duas posições), e os vuímetros, *Figura 5.57*.

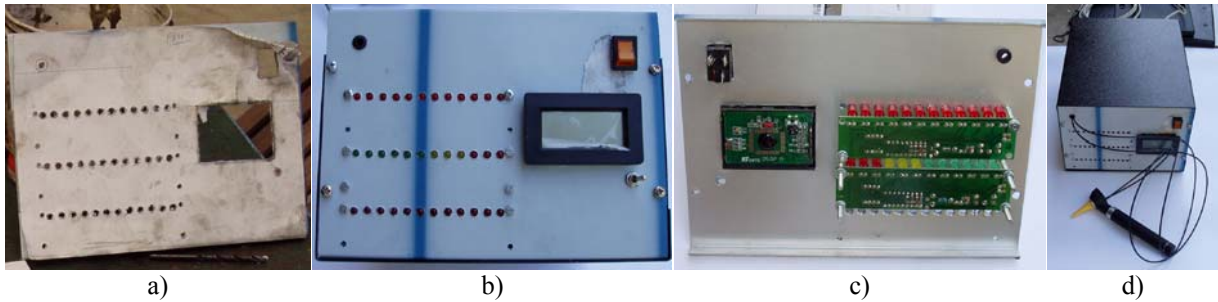


Figura 5.56: Montagem do painel frontal (1ª fase): a) painel frontal e respectivo recorte para a montagem dos componentes; b) painel com os componentes montados; c) aspecto da parte interna do painel frontal; d) aspecto da montagem final da 1ª fase para a realização dos primeiros ensaios experimentais.

O passador da fibra óptica foi dimensionado para garantir, caso fosse necessário, a passagem de diferentes diâmetros de fibras. O furo para a passagem das fibras foi posicionado do lado esquerdo superior por duas razões principais: maior facilidade de fixação das fibras pela parte superior dos veios, quer da cápsula do *led* quer da placa do sensor, e menor obstrução da leitura registada pelo *display* situado na zona direita do painel.

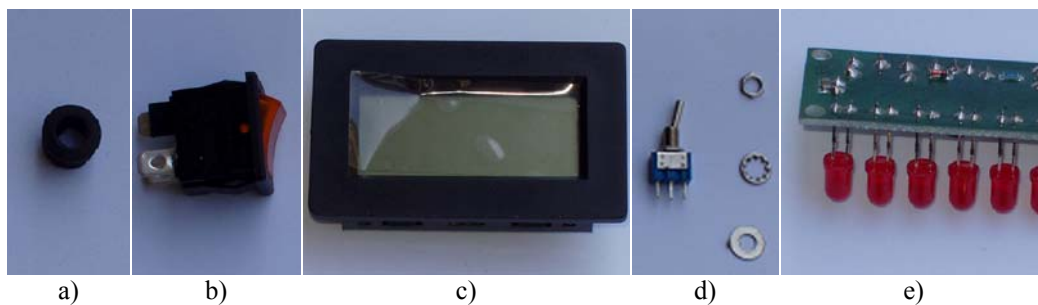


Figura 5.57: Componentes usados no painel frontal (1ª fase): a) passador da fibra; b) botão principal que liga o sistema (alimentação); c) *display*; d) botão do *display*; e) vuímetros.

O botão que liga o sistema (*power*), foi colocado na parte superior direita, modelo generalizado a que o utilizador normalmente está habituado. O botão gera uma indicação luminosa, luz interna de cor laranja, que indica se o sistema está ligado ou não.

Os vuímetros, com os *leds* originais, de diferentes cores, foram fixos por parafusos ao painel frontal na sua zona média esquerda.

Os vuímetros foram colocados de forma a que o registo gráfico se faça na horizontal e liguem da direita para a esquerda, devido a condicionamentos construtivos. Embora a iluminação da esquerda para a direita seja a mais comum, não se regista desconforto na sua leitura, até porque o registo gráfico é uma avaliação rápida do valor indicado pelo *display* e a sua leitura gera um alinhamento visual entre o *display* e vuímetro.

Por fim, foi montado o *display* na zona média direita do painel e o botão de alimentação. O botão que permite a alimentação ao *display* é de duas posições e foi colocado junto ao vértice inferior direito do *display*, para que, por associação, seja prática a operação de ligar e desligar. O tamanho e tipo do botão para a alimentação do *display* foram escolhidos de forma a manter o equilíbrio entre o tamanho dos restantes componentes e a sua diferenciação; nomeadamente, do botão que liga o sistema.

A escolha da posição dos vuímetros e do *display* deveu-se a diferentes factores: à gestão dos espaços, à posição da bateria que alimenta o *display* situada do lado direito e à saída das fibras e consequente obstrução à visualização dos registos numéricos.

Numa segunda fase, foram introduzidas as seguintes melhorias:

- Colagem da placa branca em polímero sobre a base original do painel em alumínio, *Figura 5.58*.
- Furação e montagem do comutador de canal de cor (*R,G,B*). O botão foi posicionado junto do *display*, na zona central inferior. O tamanho do botão foi escolhido de forma a manter o equilíbrio entre o tamanho dos restantes componentes e a sua diferenciação, *Figura 5.58*.
- Identificação dos componentes e funções, por escrita e círculos de cor (vinil autocolante) de forma a garantir coerência na percepção e para que a interface não se tornasse pesada, mas pelo contrário simples e objectiva, *Figura 5.58b*.

Numa terceira fase, foram trocados os *leds* de cor vermelha e amarela, originais, existentes no segundo vuímetro, por *leds* de cor verde e os *leds* originais de cor vermelha do terceiro vuímetro por *leds* que emitem cor azul, *Figura 5.56*, de forma a gerar o registo gráfico por cor, associada às cores detectadas pelo sensor *R* (vermelho), *G* (verde) e *B* (azul), *Figura 5.59*. Depois foi utilizado o suporte para a fixação dos vuímetros que

permite a regulação, por anilhas espaçadoras, da distância dos *leds* ao painel frontal evitando assim a visualização dos doze parafusos de fixação no painel frontal, *Figura 5.59*.

A possibilidade do ajuste dos *leds* ao painel frontal, permitiu experimentar e analisar qual a porção do corpo do *led* a sobressair à face do painel frontal.

A zona do corpo do *led* dos vuímetros que sobressai no painel foi analisada e optou-se por fazer aparecer apenas a cabeça (zona abaulada) do *led*, *Figura 5.59*. Esta opção garante a visualização do registo gráfico segundo diferentes ângulos e baseou-se nos seguintes factores: diminuição do encadeamento luminoso emitido entre *leds*, efeito de maior espaçamento entre *leds* e consecutivo contraste entre o *led* emissor e o branco da placa, diminuição da porção de corpo do *led* externo de forma a evitar o choque lateral com elementos exteriores e ainda pelo aspecto final conseguido.

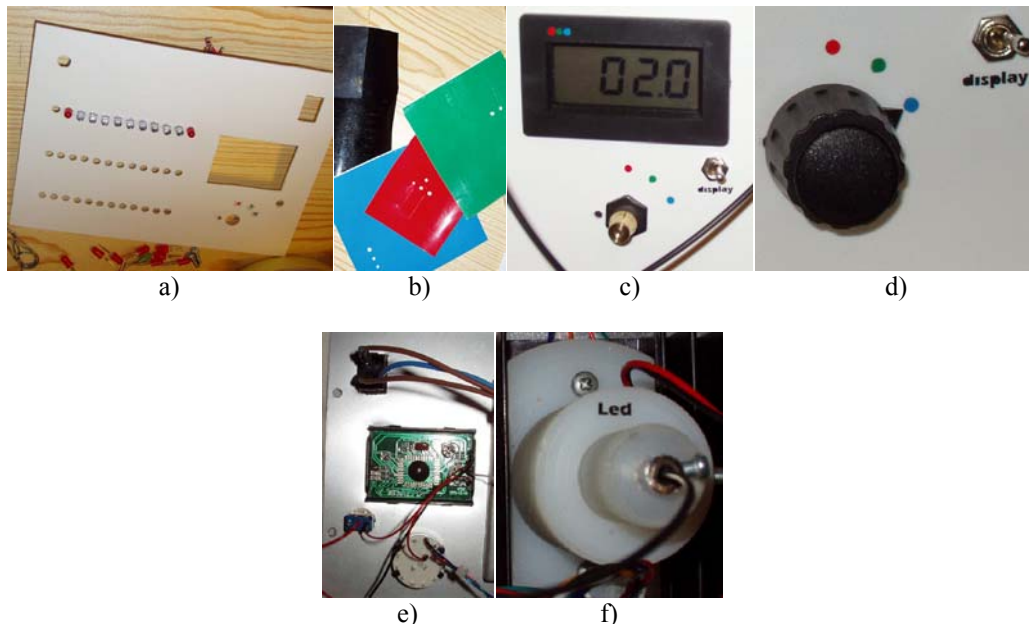


Figura 5.58: Montagem do painel frontal (2ª fase): a) placa concebida em polímero branco; b) sinalética recortada em vinil autocolante; c) aplicação do comutador de canal de cor (R,G,B); d) botão do comutador e identificação dos componentes; e) aspecto interno do *display* e comutador de canal de cor; f) exemplo da identificação componentes internos.

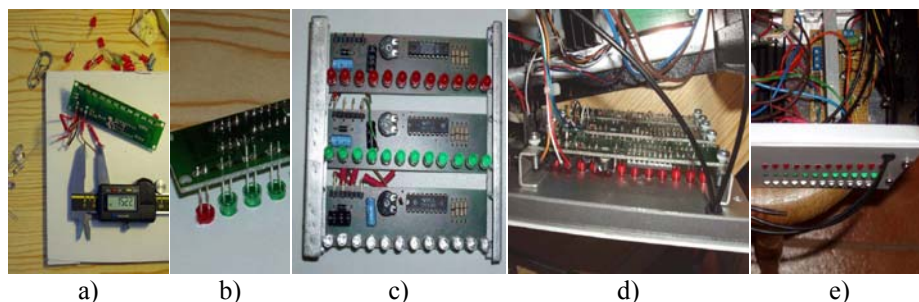


Figura 5.59: Montagem final dos vuímetros: a) pormenor dos *leds* desmontados; b) placa suporte para garantir a soldadura dos *leds* à mesma altura; c) vuímetros montados nos suportes concebido em alumínio; d) aspecto da montagem dos suportes dos *leds*; e) zona do corpo do *led* que sobressai à face do painel frontal.

Por fim, de forma a identificar o protótipo, foi aplicado no painel frontal o logótipo, concebido e apresentado na secção 7.4 do Capítulo 7 (*Redesign*), *Figura 7.29*, e o nome atribuído ao dispositivo segundo a sua funcionalidade: MDDC – *Medical Device for Diagnostic based on Color*.

O aspecto final do painel frontal do protótipo de otoscópio óptico-electrónico é apresentado na *Figura 5.60*.

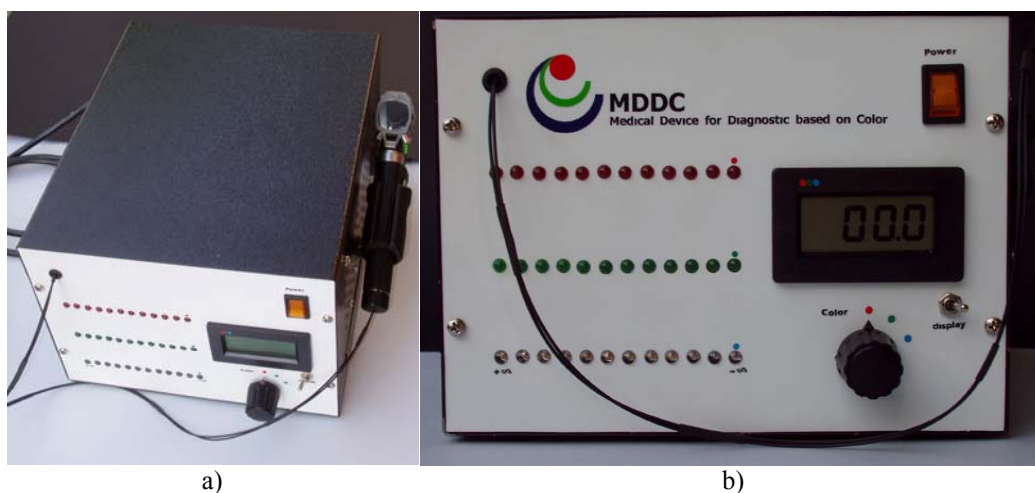


Figura 5.60: Identificação do protótipo de otoscópio óptico-electrónico desenvolvido: a) aparência do painel frontal sem identificação; b) aparência final do painel frontal com a respectiva identificação: logótipo e nome.

g) Protecção dos componentes

Todos os componentes foram adequadamente isolados por posicionadores de borracha ou anilhas de polímero, tendo-se mesmo isolado algumas zonas dos parafusos usados, *Figura 5.61*.

Todas as ligações soldadas dos condutores aos componentes foram isoladas através de manga térmica, excepto as situações que tal não se justificava, *Figura 5.61*.

Foi também garantida a distância de segurança para que nenhum dos pontos de solda tocasse as bases de apoio.

Procurou-se cumprir rigorosamente todos os procedimentos de segurança exigidos na legislação referida na secção 5.9.

h) Condutores eléctricos

Os condutores eléctricos soldados aos componentes, são, segundo a sua estrutura construtiva, flexíveis, multifilares e perfeitamente isolados. Foram dimensionados, relativamente ao comprimento e secção, de forma a garantir a facilidade na montagem,

bem como a desmontagem das partes laterais sem prejuízo de rotura das ligações, *Figura 5.62*.

As cores dos condutores de alimentação e “terra” foram seleccionadas respeitando os padrões normalizados e as cores dos condutores de “sinal” de acordo com as diferentes funções no sistema de forma a facilitar a interpretação esquemática associada à montagem e ao processo de verificação.

Por fim, os condutores foram entrançados para minimizar os efeitos de interferências electromagnéticas, organizados por grupos funcionais, e fixos à base por presilha de fácil abertura, *Figura 5.62b*. Em cada grupo de condutores foi aplicada uma abraçadeira para prevenir rotura de ligações por esticção.

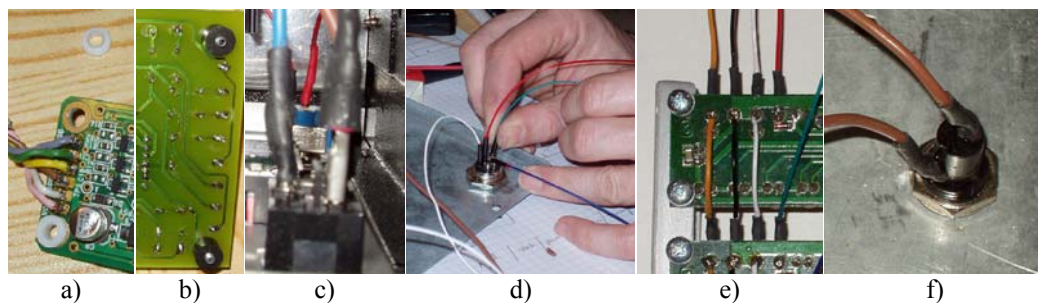


Figura 5.61: Operações de protecção dos componentes e respectivas ligações aos condutores eléctricos:
a) anilhas isolantes à passagem dos parafusos; b) posicionadores de altura para que os pontos de soldadura não toquem as bases; c), d), e) e f) exemplos de operações de isolamento dos pontos de ligação por manga térmica.

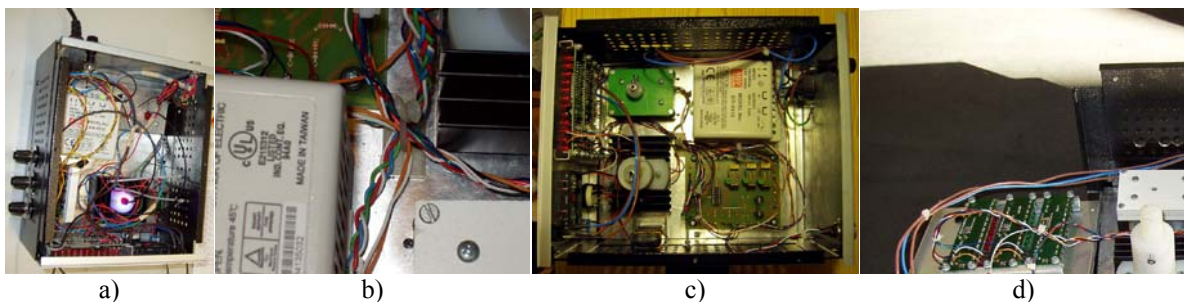


Figura 5.62: Condutores eléctricos: a) desorganização inicial dos condutores; b) fixação dos condutores eléctricos por presilha de abertura fácil; c) evolução na organização dos condutores; d) desmontagem das partes da caixa sem comprometer as ligações aos componentes.

i) Reparação e adaptação do otoscópio para receber as fibra ópticas

Numa primeira fase, o otoscópio, *Heine mini 2000* foi desmontado para que melhor se compreendesse o seu princípio de funcionamento assim como determinadas características construtivas, *Figura 5.63*.

A operação de desmontagem, principalmente de partes seladas, provocou alguns danos no dispositivo. Contudo procedeu-se à sua reparação, através de colagem, polimento das superfícies através de limas adequadas e pintura de “retoque” com uso de tinta preta, *Figura 5.63*.

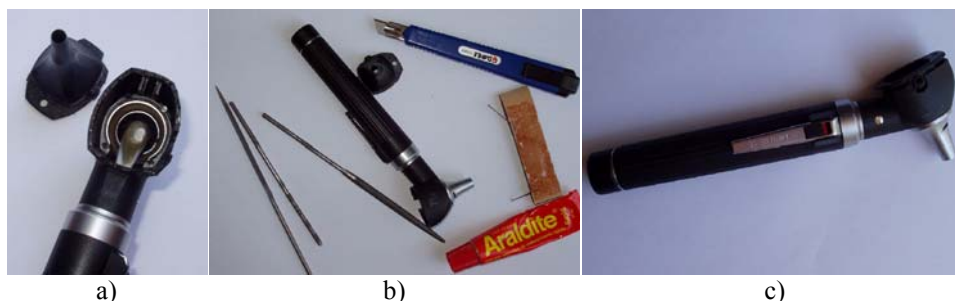


Figura 5.63: Reparação do otoscópio: a) pormenor da desmontagem do otoscópio; b) ferramentas e materiais utilizados para a reparação; c) otoscópio reparado.

Numa segunda fase, o otoscópio foi preparado para receber a fibra óptica. Assim fez-se um furo na zona lateral esquerda da “cabeça” para introdução de uma das fibras, aproveitando-se o furo existente na lateral direita, originalmente destinado ao componente pneumático, para a introdução da segunda fibra, *Figura 5.64a*. Posteriormente, optou-se por fazer dois furos na parte frontal, na direcção do cabo pois esta solução permitia uma melhor acomodação da fibra, facilitando o posicionamento do otoscópio no suporte e ao mesmo tempo diminuía o raio de curvatura da fibra evitando assim danos internos, *Figura 5.64e*. No interior do componente fixador da fibra aplicou-se manga térmica, de cor vermelha, para proteger o revestimento da fibra óptica do contacto com o parafuso de aperto.

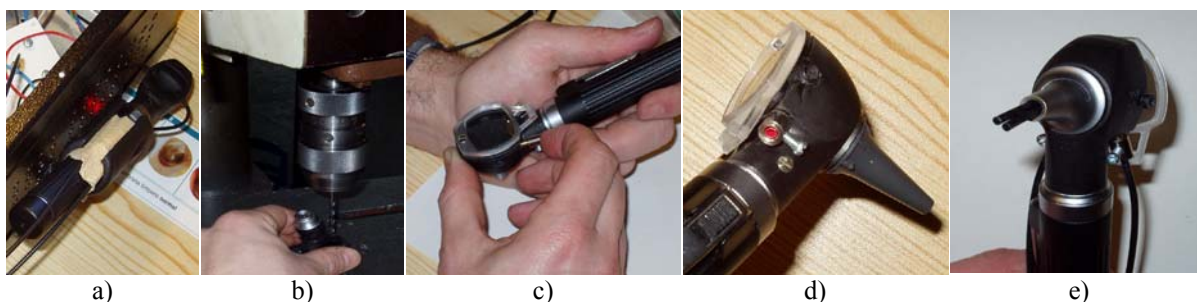


Figura 5.64: Adaptação do otoscópio: a) pormenor da fibra introduzida pelos furos laterais da “cabeça” do otoscópio; b) furação na parte frontal da “cabeça” do otoscópio, na direcção do cabo; c) aplicação do fixador da fibra; d) manga térmica, aplicada no interior do elemento fixador da fibra óptica; e) aspecto final da fixação das fibras.

j) Aplicação da fibra óptica no *led*, sensor e otoscópio

Por fim, montou-se a fibra óptica no veio da cápsula do *led*, no veio do suporte da placa electrónica do sensor, *Figura 5.65*, e no otoscópio, *Figura 5.66*.

As fibras foram introduzidas nos fixadores, devidamente preparados para alojar as fibras sem as danificar. Para evitar danos nas fibras, colocou-se manga térmica dentro dos fixadores para que o aperto dos parafusos não danificasse o seu revestimento, *Figura 5.65*.

Os fixadores das fibras, foram previamente preparados por escariamento e polimento das arestas e os parafusos de aperto foram, na ponta do parafuso, secção de contacto e aperto, polidos com lixa adequada para eliminar arestas cortantes.

Os fixadores das fibras foram fixados nas caixas existentes no veio da cápsula do *led* e do suporte da placa electrónica do sensor por ajustamento, para que a fixação fosse adequada e não definitiva, permitindo possíveis alterações ou afinações nos ensaios a realizar.

Na parte interior do painel frontal, junto ao furo passante das fibras, foram colocadas duas abraçadeiras: uma sobre a manga térmica e as fibras e uma outra sobre as fibras, com menor aperto, para não as danificar. O objectivo das abraçadeiras é diminuir o risco de desengate das fibras, dos componentes, *Figura 5.65*.

O movimento das fibras, na direcção do interior é livre de forma a permitir a remoção do painel frontal sem que se tenha de remover as fibras das posições fixas no *led* e sensor.

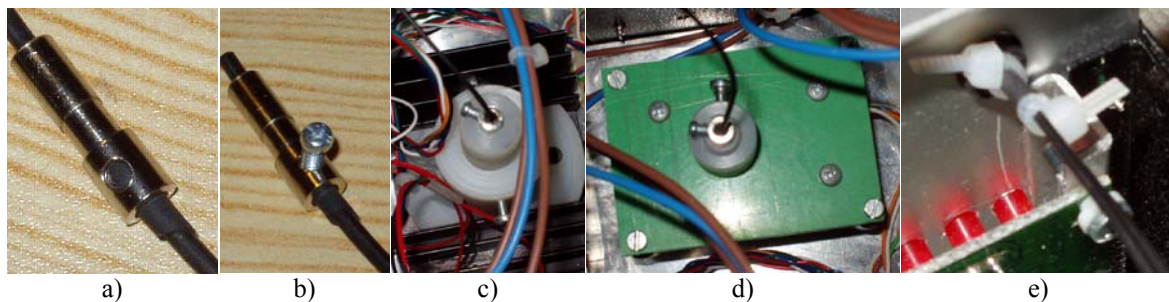


Figura 5.65: Montagem da fibra óptica no veio da cápsula do *led* e na placa suporte do sensor: a) e b) fibra introduzida nos fixadores forrados com manga térmica; c) e d) fixação dos fixadores nos veios; e) aplicação das abraçadeiras na parte interna do painel frontal para evitar o desprendimento das fibras por esticção.

Na “cabeça” do otoscópio, os fixadores da fibra foram fixados por ajustamento com aperto, *Figura 5.66*.

O aperto das fibras pelos parafusos dos fixadores, o efeito de batente dos fixadores aos furos no otoscópio, e a fixação das fibras ao cabo, pela abraçadeira de borracha garantem

que as fibras não saiam da posição correcta e causem danos na membrana do tímpano, *Figura 5.66*.

Para diminuir ao máximo a obstrução das fibras à visualização do tímpano, pelo orifício do otoscópio e espéculo, juntaram-se as pontas das fibras, dividiu-se um espéculo a meio e adaptou-se uma metade de espéculo, para que, por efeito da sua estrutura cónica, firmasse as fibras junto à superfície inferior do orifício do otoscópio, mantendo a posição das fibras e respectiva desobstrução do furo para visualização da membrana do tímpano, *Figura 5.66*.

Todas as pontas das fibras foram cortadas com um dispositivo de corte adequado de forma a garantir planeza da superfície cortada, *Figura 5.66*. O dispositivo usado possui orifícios com diferentes diâmetros, onde é introduzida a fibra e por efeito de guilhotina, ao fechar, corta a fibra.

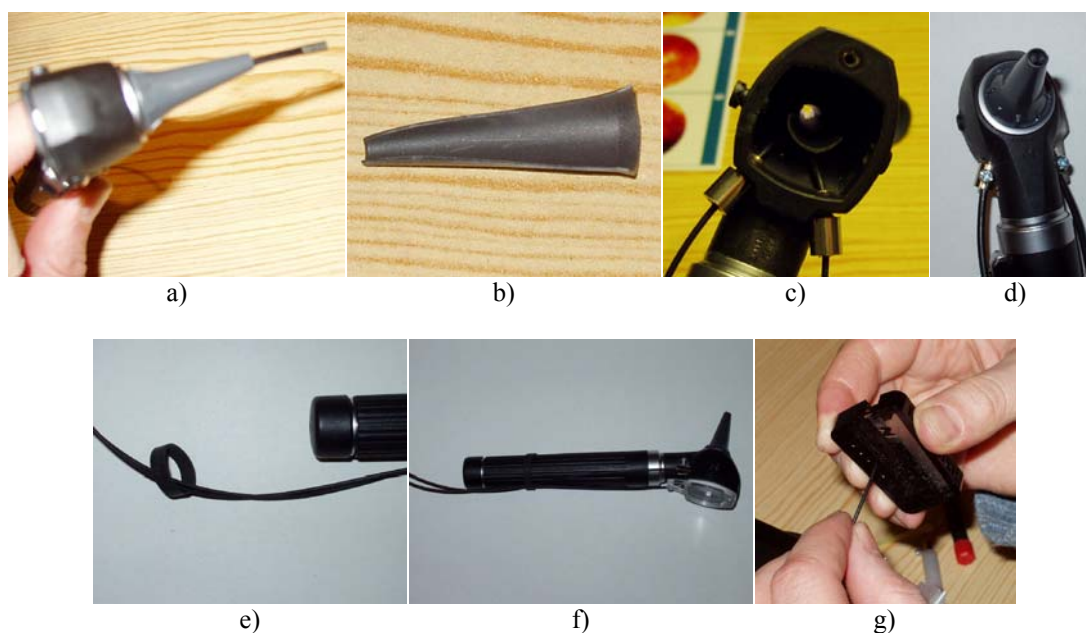


Figura 5.66: Montagem da fibra óptica no otoscópio: a) pontas das fibras ópticas juntas; b) metade do espéculo; c) fixadores da fibra óptica e desobstrução interior do espéculo para visualização do tímpano; d) aspecto final das pontas das fibras na ponta do espéculo; e) e f) abraçadeira de borracha que fixa as fibras ao cabo do otoscópio; g) dispositivo de corte adequado para fibras ópticas.

Por questões estéticas e para facilitar o manuseamento do otoscópio e fibras acopladas, foram cortados segmentos de manga térmica que espaçados foram colocados a abraçar as fibras, formando um “cabo” único, *Figura 5.67*.

Para não danificar as fibras ópticas, pela acção do calor, a manga térmica foi colocada numa chave de fendas, aquecida com um secador e conformada de forma a ajustar-se ao diâmetro das fibras, *Figura 5.67*.

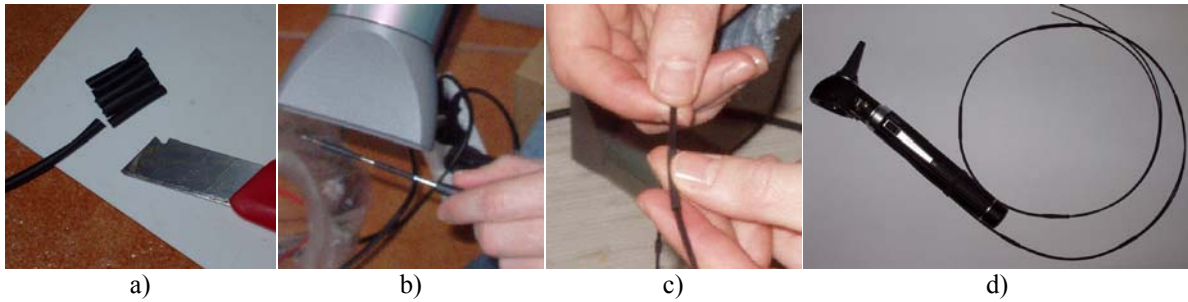


Figura 5.67: Aplicação de manga térmica a abraçar as fibras: a) pontas de manga térmica preta; b) aquecimento da manga térmica para que se ajuste às fibras; c) introdução da manga térmica nas fibras; d) aspecto final da montagem das fibras no otoscópio.

5.8 Análise de custos

De forma a estimar o custo do desenvolvimento e concepção do protótipo, em futuros desenvolvimentos, fez-se uma relação dos principais componentes montados na fase final do protótipo e dos custos associados (ver *Anexo A6, Tabela A6.1*).

A relação de custos apresentada não traduz efectivamente o custo total do desenvolvimento, uma vez que determinados componentes foram executados especificamente, outros foram disponibilizados e a mão-de-obra não foi considerada pois o seu custo está directamente relacionado com a experiência e os recursos tecnológicos usados.

5.9 Legislação

O protótipo foi concebido de acordo com as orientações legislativas em vigor, definidas pela entidade responsável Portuguesa, Infarmed – Gabinete Jurídico e Contencioso, através do Decreto-Lei n.º 273/95, de 23 de Outubro e da Portaria n.º 136/96 de 3 de Maio 2006 [Infarmed, 1995, 2006].

O referido Decreto-Lei, define as regras a que devem obedecer o fabrico, a comercialização e a entrada em serviço dos dispositivos médicos e respectivos acessórios, e a Portaria n.º 136/96 de 3 de Maio classifica os dispositivos nas classes I, IIa, IIb e III, tendo em conta a vulnerabilidade do corpo humano e os potenciais riscos decorrentes da sua concepção técnica e do seu fabrico. O protótipo concebido enquadra-se na classe I.

5.9.1 Fabrico

Foram tomadas medidas, na concepção do protótipo, para que a sua utilização não comprometa o estado clínico e a segurança dos doentes, assim como dos seus operadores. Como exemplo de medidas consideradas pode-se referir:

- O isolamento eléctrico dos componentes;
- Sinalizadores luminosos para informação do estado da alimentação eléctrica;
- Base da caixa do dispositivo munida de apoios isolantes de borracha;
- Fixação adequada dos componentes de forma a garantir a fiabilidade do equipamento;
- Elementos de controlo dos parâmetros inacessíveis ou bloqueados de forma a evitar desajustes acidentais;
- Sistema com ligação terra para protecção dos utilizadores;
- Posicionamento dos componentes eléctricos de forma a minimizar aquecimentos e risco de incêndio;
- Formas e acabamentos adequados de forma a evitar ferimentos.

5.9.2 Colocação do protótipo no mercado

O protótipo, ao ser comercializado, é objecto de um certificado de conformidade, emitido por um organismo competente, pertencente aos Estados Membros e publicado no Jornal Oficial das Comunidades. O processo de certificação é requerido pelo fabricante que poderá escolher o procedimento de avaliação da conformidade, entre os vários previstos no n.º 4 do Decreto-lei n.º 30/2003, de 14 de Fevereiro.

Após a certificação, o produto, só poderá ser colocado no mercado Europeu quando apresentar a marcação “CE” como prova da sua conformidade. A marca “CE” tem um grafismo definido e deve ser aposta pelo fabricante no produto, de forma legível, visível e indelével. Os diferentes elementos da marcação CE devem ter sensivelmente a mesma dimensão vertical, que não pode ser inferior a 5 mm, excepto no caso de dispositivos de dimensões reduzidas (Anexo XII do Decreto-Lei n.º 273/95, de 23 de Outubro), *Figura 5.68*.

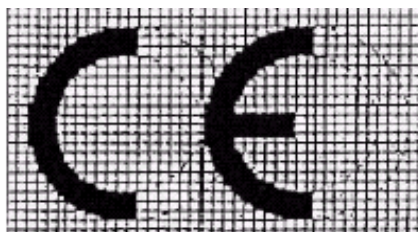


Figura 5.68: Marcação “CE” que deverá ser aposta no dispositivo desenvolvido (imagem da Portaria n.º 136/96 de 3 de Maio).

O produto deverá ser acompanhado da completa informação (Anexo I, Grupo II, Parte VII do Decreto-Lei n.º 273/95, de 23 de Outubro) sobre o fabricante e modo de utilização, tendo

em conta a formação e os conhecimentos dos potenciais consumidores, garantindo a máxima segurança de utilização.

Todas as informações deverão ser redigidas em língua Portuguesa, sem prejuízo de poderem ser redigidas noutras línguas. Também deverão manter-se constantes em rotulagem e em folhetos de instruções e sempre que adequado, e devem ser apresentadas em forma de símbolos e cores em conformidade com normas harmonizadas ou descritos na documentação que acompanha o dispositivo, nos domínios em que não existam quaisquer normas.

Como exemplo de informação relevante sobre o fabricante e o dispositivo tem-se:

a) Informação sobre o fabricante

Na rotulagem e no folheto de instruções deverá constar o nome ou a designação comercial, o endereço do fabricante e o ano de fabrico. Em caso de importação ou exportação deve incluir o endereço do responsável pela colocação no mercado, bem como o mandatário do fabricante ou do importador estabelecido num estado membro da comunidade.

b) Informação sobre o dispositivo

Relativamente à informação relevante sobre o dispositivo deve ser disponibilizada o seguinte:

- Identificação necessária e clara para o utilizador identificar o dispositivo e o conteúdo da embalagem;
- Identificação de efeitos secundários indesejáveis;
- Informação clara de como fazer o acoplamento a outros instrumentos ou componentes;
- Indicações de que o dispositivo se encontra bem instalado;
- Plano de manutenção;
- Plano de aferição para garantir o bom funcionamento;
- Precauções em caso de alteração do funcionamento do dispositivo;
- Instruções de calibração e manual de manutenção sempre que aplicável;
- Precauções a tomar sobre exposição a factores externos que possam interferir no bom funcionamento do dispositivo;
- Identificação do conteúdo da embalagem;
- Instruções necessárias em caso de danificação da embalagem ou do produto;

- Processos de utilização adequados, incluindo o processo de limpeza, desinfecção e acondicionamento.

5.10 Sumário

Neste capítulo foram materializados os conceitos segundo os objectivos previamente definidos. Assim, numa primeira fase, foram definidos os objectivos para o otoscópio óptico-electrónico de forma a satisfazer as necessidades do consumidor, identificadas no capítulo anterior.

A seguir foi feita uma análise a dispositivos existentes no mercado para o mesmo fim e confrontadas as soluções que disponibilizam com os objectivos definidos. Esta “confrontação” foi fundamental, pois contribuiu para a fundamentação da ideia e do conceito; nomeadamente, a tradução da coloração da membrana timpânica num sinal eléctrico e o aproveitamento da iluminação incluída nos otoscópios comuns, de forma a auxiliar o diagnóstico clínico de patologias do ouvido médio.

Numa terceira fase, o conceito considerado foi testado e após a análise dos resultados obtidos, foi encontrada a solução tecnológica capaz de dar resposta aos objectivos definidos.

Por fim, procedeu-se ao desenvolvimento do protótipo, desenvolvimento esse que passou por diversas fases: aquisição e concepção de componentes, montagem e ensaios para avaliação das funcionalidades do protótipo.

A concepção e desenvolvimento do protótipo, apresentada de forma detalhada neste capítulo permitiu constatar, segundo os vários ensaios e sucessivos refinamentos, as dificuldades inerentes a um projecto como este e por outro lado o desafio que o mesmo representa.

A concretização do protótipo foi de grande valia pois permitiu verificar a importância da interdisciplinaridade a que um projecto destes está associado, e a percepção de particularidades funcionais e construtivas que, associadas a questões legislativas e económicas, são fundamentais para o *redesign* a propor no Capítulo 7.

Capítulo 6

Ensaaios Experimentais

6.1 Introdução

Neste capítulo, são apresentados os ensaios experimentais realizados usando o protótipo do otoscópio óptico-electrónico desenvolvido no âmbito deste trabalho.

Este capítulo está dividido em cinco secções: na secção seguinte, são apresentados os ensaios realizados com o protótipo e a sua validação em ambiente laboratorial e clínico; a terceira secção, apresenta os ensaios laboratoriais realizados; a secção seguinte, apresenta os ensaios realizados com o protótipo em ambiente real, isto é ensaios clínicos, em vivo; na quinta, e última secção deste capítulo, é apresentado um sumário.

Neste capítulo é apresentada ainda, uma análise estatística aos resultados obtidos nos ensaios laboratoriais e clínicos, o que permite avaliar a eficácia do protótipo no cumprimento dos objectivos esperados.

6.2 Definição de parâmetros

Numa fase inicial, ao ensaiar o protótipo desenvolvido, verificou-se a existência de diversas variáveis que influenciavam significativamente os resultados da medição.

Assim, para otimizar o valor dessas variáveis, foram realizados diversos ensaios ao protótipo e, a partir dos resultados monitorizados, foram definidos os parâmetros fundamentais.

Os ensaios realizados em laboratório basearam-se na tabela de imagens apresentada na *Figura 6.1*, e os resultados monitorizados foram relacionados com o número identificativo de cada uma das imagens da tabela, sendo as imagens [1 a 4] representativas da membrana do tímpano sem otite, e as imagens de [5 a 9] representativas de situações da membrana com otite média aguda/crónica.



Figura 6.1: Tabela de imagens do tímpano/numeração identificativas (fotografia em papel mate).

As diferenças de resultados entre ensaios realizados em diferentes datas devem-se essencialmente à introdução de melhorias no sistema electrónico desenvolvido, melhor controlo das variáveis envolvidas e definição dos respectivos parâmetros.

Foram realizados diversos ensaios ao longo deste processo; contudo, neste capítulo são apresentados essencialmente os resultados dos ensaios finais, de forma a facilitar a sua interpretação. Alguns exemplos de medições iniciais são apresentados apenas para permitir verificar a evolução do sistema desenvolvido.

Os resultados das medições, monitorizados no *display* e nos vuímetros, traduzem a intensidade de cor que o sensor mede em tensão - milivolt (mV).

O espéculo usado nos ensaios laboratoriais foi o da marca *Heine*, com 30 mm de comprimento e 4 mm de diâmetro interno na ponta. A escolha do espéculo deveu-se principalmente a dois factores: o espéculo ser adaptável ao otoscópio *Heine mini 2000* usado para o suporte das fibras ópticas e o seu diâmetro de 4 mm, considerado intermédio, garantir a sua usabilidade na maioria dos doentes a observar.

Os registos dos ensaios, relativamente à definição dos parâmetros, estão disponíveis no *Anexo A7*.

6.2.1 Canais de cor (R,G,B)

O protótipo, possui um sensor de cor que permite a medição da intensidade das cores primárias *R (Red)*, *G (Green)* e *B (Blue)*.

O sensor de cor, construtivamente, possui uma área útil de 2 mm de diâmetro dividida em três zonas identificadas por canais de cor (*R,G,B*), *Figura 6.2*.

Para a visualização da intensidade de cada uma das cores medidas pelo sensor no *display*, basta alterar o comutador de três posições, que está junto do *display*, segundo a sinalética apresentada, *Figura 6.2*.

Para a avaliação da capacidade do sensor, relativamente à detecção de cor reflectida pelas imagens da tabela de ensaio foram realizados os ensaios descritos a seguir.

Numa primeira fase, projectou-se cada uma das três cores primárias, vermelho, verde e azul, disponibilizadas pelo *led* emissor de cor (*R,G,B*), na sua intensidade máxima e de forma independente sobre a tabela de imagens consideradas, *Figura 6.1*.

Os valores medidos em cada um dos três canais de cor foram registados (ver *Anexo A7*, na *Tabela A7.1*), tendo-se concluído que o canal de cor *R* (vermelho) é aquele que conduz a valores de medições superiores; facto relacionado com a predominância da tonalidade

avermelhada representada pelas imagens do tímpano que constituem a tabela de referência usada nos ensaios.

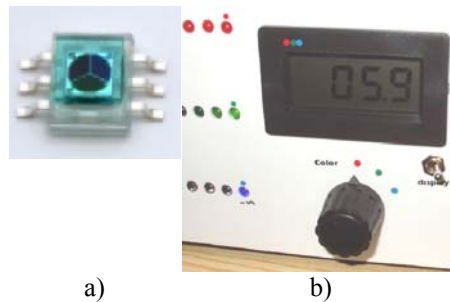


Figura 6.2: Canal de cor (R,G,B): a) sensor de cor e respectiva divisão (R,G,B); b) vólmetros, *display* e botão de comutação de canal de cor (R,G,B).

Numa segunda fase, foram projectadas sobre a tabela de imagens, diferentes combinações de cor, disponibilizadas pelo *led* emissor de luz (R,G,B).

Os valores medidos em cada um dos canais de cor foram registados (ver *Anexo A7, Tabela A7.2*), confirmando-se que o canal de cor R é o mais indicado para a monitorização dos ensaios a realizar, uma vez que apresenta valores de saída superiores relativamente aos canais de cor G , B . Concluiu-se ainda que a intensidade de cor medida pelo sensor e apresentada no *display*, segundo o canal de cor G (verde) e B (azul) baixam consideravelmente à medida que se aumenta a percentagem de verde e azul com o vermelho no máximo.

6.2.2 Cor

O protótipo permite a obtenção de diferentes cores, através da mistura das componentes R (vermelho), G (verde) e B (azul) disponibilizadas pelo *led* emissor de luz (R,G,B). A combinação de cor é conseguida pela regulação de potenciómetros, *Figura 6.3*.

Para a determinação da combinação de cor favorável à realização dos ensaios com o protótipo, numa primeira fase, foi criada uma tabela orientadora, da mistura das três componentes de cor (R,G,B), segundo as suas percentagens e apresentada em forma de escala (ver *Anexo A7, Tabela A7.3*). Verificou-se que a mistura (R,G,B) apresenta diferenças significativas, em tonalidade de cor, comparativamente com os valores padronizados.

Numa segunda fase, sendo um dos objectivos manter o valor da medição e o diferencial o mais elevados possíveis, fizeram-se ensaios para avaliar qual a combinação de cor que originaria o maior valor da medição, comparativamente com o valor conseguido apenas com a cor vermelha.

Perante os ensaios realizados (ver *Anexo A7, Tabela A7.4*), definiu-se que a combinação de cor $R(100\%)$, $G(60\%)$ e $B(20\%)$ é a mais favorável, sendo a tonalidade da cor obtida aproximada do rosa.

Por fim, foram realizados ensaios de forma a encontrar a combinação de cor, (R,G,B) , que mais se aproxime do branco, antevendo-se desvantagens no uso de cor nos ensaios clínicos a realizar. Perante os ensaios realizados (ver *Anexo A7, Tabela A7.5*), definiu-se que a combinação de cor $R(100\%)$, $G(60\%)$ e $B(32\%)$ é a mais favorável, sendo a tonalidade da cor obtida aproximada do rosa mais claro.

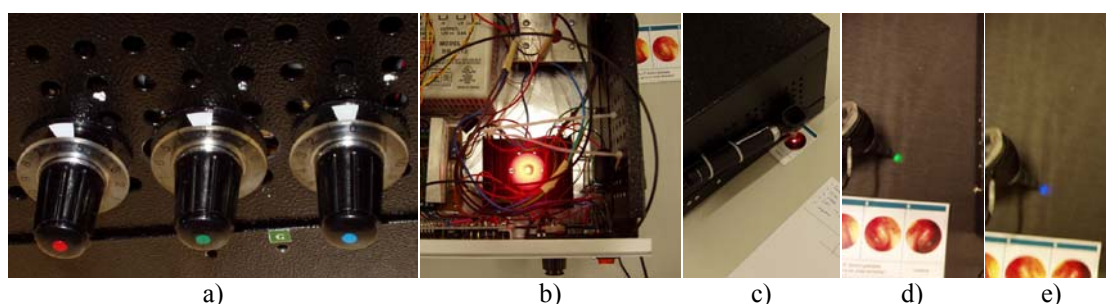


Figura 6.3: Regulação de cor: a) potenciómetros reguladores da quantidade de cor; b) cor vermelha emitida pelo *led* visível através da transparência da cápsula do *led*; c) projecção da cor vermelha sobre a imagem do tímpano; d) cor verde; e) cor azul.

6.2.3 Lentes

Foram realizados ensaios com diferentes lentes: uma lente indicada pelo fabricante acoplada ao *led*, *Figura 6.4*, e a dois tipos diferentes de lentes seleccionadas para o sensor: uma lente com distância focal aproximada de 2,5 mm e outra lente com distância focal aproximada de 3 mm, *Figura 6.5*.

A lente de 3 mm, aplicada no sensor de cor, foi acoplada nos veios móveis, concebidos para o efeito, *Figura 6.5f*.

Dos ensaios realizados, verificou-se que os resultados melhoram com o uso da lente acoplada no *led*, e baixam com o uso das lentes aplicadas no sensor (ver *Anexo A7, Tabela A7.6*). Assim, definiu-se que apenas se usaria lente no *led*.

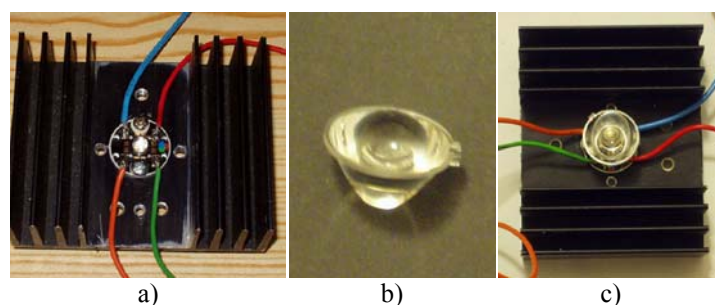
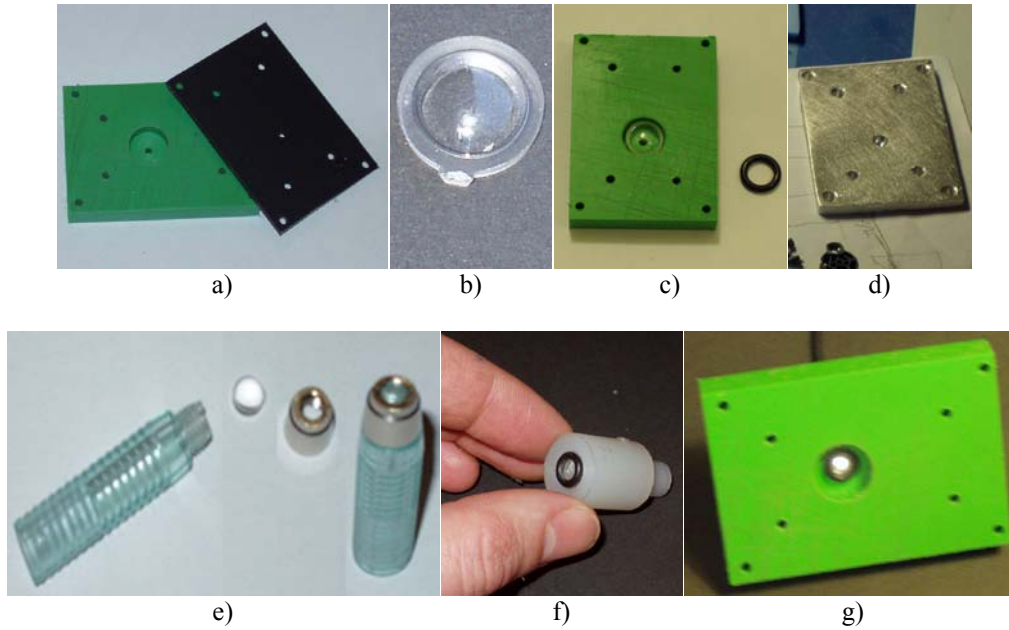


Figura 6.4: Uso de uma lente no *led* emissor de luz: a) *led* (R,G,B) ; b) lente e c) lente acoplada no *led*.



6.2.4 Influência da luz ambiente no sensor

Durante a realização dos ensaios, verificou-se que os valores resultantes da medição, alteravam-se significativamente quando realizados em diferentes horários. Após estudo, detectou-se que os ensaios realizados durante o dia, estando o protótipo sem a tampa superior, eram superiores comparativamente aos ensaios realizados à noite (ver *Anexo A7, Tabela A7.7*). Sendo assim, foram feitos ensaios com projecção directa de luz dedicada sobre o protótipo, sem tampa, selando a zona de passagem da luz para o sensor e concluiu-se que a luz ambiente era um parâmetro importante a controlar, *Figura 6.6*.

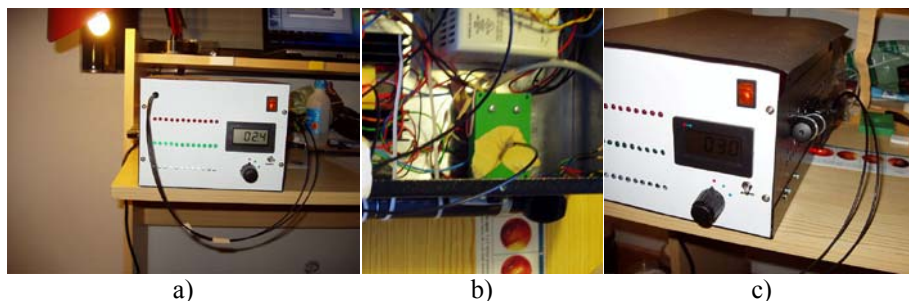


Figura 6.6: Influência da luz ambiente no sensor: a) ensaio com luz sobre o sensor; b) folga entre o furo e a fibra do sensor selada; c) caixa tapada com protecção do sensor à luz ambiente.

Os resultados obtidos levaram à concepção de uma placa suporte para o sensor com caixa isolante à luz ambiente, controlando assim perfeitamente a influência da luz ambiente no sensor.

6.2.5 Distância das fibras à imagem

Foram realizados diversos ensaios de forma a avaliar a influência da distância das fibras à imagem a analisar, *Figura 6.7*, e concluiu-se que os valores da medição aumentam com a aproximação das fibras à imagem. Contudo definiu-se que a distância seria de 5 mm, pois oferece um diferencial aceitável nas medições das imagens de referência (ver *Anexo A7, Tabela A7.8*), e estima-se que é suficiente para prevenir danos associados ao contacto entre as fibras e a membrana timpânica. Para se garantir a referida distância, foi colada uma espuma no painel direito do protótipo, com uma cavidade para encaixe de um ressalto aplicado na face esquerda da cabeça do otoscópio. Por fim, foram ainda realizados ensaios com espéculos de diferentes comprimentos para avaliar os resultados disponibilizados pelo protótipo, relativamente à variação da distância da fibra à ponta do espéculo e consecutivamente à imagem a analisar, *Figura 6.7*.

Perante os ensaios laboratoriais realizados, verificaram-se ainda três factores de elevada importância a considerar no *redesign* do protótipo do otoscópio óptico-electrónico, a propor no Capítulo 7:

- O sensor é bastante sensível, ou seja, regista pequeníssimas variações de aproximação e afastamento à imagem a analisar, *Figura 6.7*, e através desta particularidade do sistema desenvolvido, pressupõe-se que em ensaios clínicos seja possível avaliar a vibração da membrana do tímpano, provocada pela insuflação de ar através da possível componente pneumática do sistema, sendo assim um parâmetro de grande importância para a confirmação do diagnóstico e uma mais valia para o protótipo.
- Apesar do valor da medição e respectivo diferencial diminuir à medida que aumenta a distância das fibras à ponta do espéculo (ver *Anexo A7, Tabela A7.8*), colocando em causa o diferencial, principalmente se a emissão e recepção da luz não estiverem alinhadas com o centro da saída, ponta do espéculo, verificou-se que existe um diferencial de 0,4 mV (3,4-3,0), para o ensaio mais desfavorável, realizado em 27_03_2007, relativamente à imagem 2 “sem otite” e imagem 6 “com otite” garantindo ainda a estabilidade do sistema, repetibilidade e proporcionalidade.

Os ensaios do dia 27_03_2007 tiveram como principal objectivo confirmar as potencialidades do protótipo relativamente à distância das fibras à ponta do espéculo e por consequência à imagem a observar, de forma a estimar parâmetros essenciais ao *redesign* a propor (Capítulo 7).

- Verificou-se ainda que a distância entre fibras e a inclinação das mesmas face ao plano de leitura não apresentam variações significativas que justifiquem sistemas complexos a acrescentar ao protótipo, *Figura 6.7*.

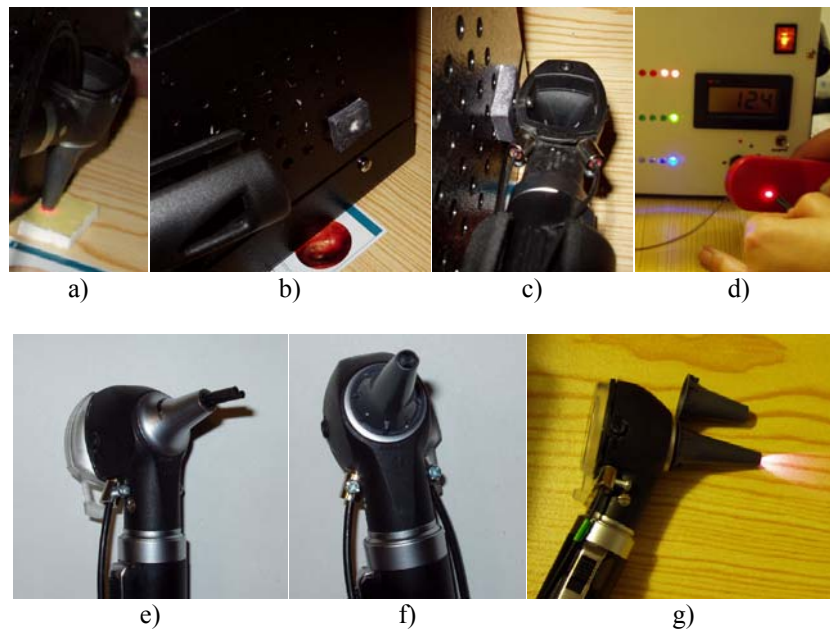


Figura 6.7: Distância da fibra à imagem a analisar: a) posicionamento da ponta do espéculo a 5 mm em altura; b) posicionador do otoscópio em espuma; c) otoscópio encaixado no posicionador de altura; d) ensaios, variando a distância de aproximação à imagem a analisar; e) e f) fibras à mesma distância e na ponta do otoscópio; g) ensaios usando espéculos de diferentes comprimentos.

6.2.6 Influência da luz ambiente na imagem a testar

Foram realizados vários ensaios tendo-se verificado que a luz ambiente dedicada, através da utilização de um candeeiro, nas imagens a controlar, *Figura 6.8*, provocava um ligeiro aumento nos valores medidos; contudo, concluiu-se que este parâmetro não era significativo (ver Anexo A7, Tabela A7.9).



Figura 6.8: Influência da luz ambiente dedicada nas imagens a testar.

6.2.7 Distância da fibra à lente do led

Foram realizados vários ensaios experimentais, com o veio móvel portador da fibra, de forma a avaliar a influência do afastamento da fibra à lente do sensor, *Figura 6.9*.

Perante os ensaios realizados (ver *Anexo A7, Tabela A7.10*), definiu-se que o ponto óptimo de distância da fibra à lente é de 1 mm pois origina um maior diferencial nas medições. Para se garantir a distância de 1 mm do veio à lente situada no interior da cápsula foi feita uma marcação no exterior do veio móvel, *Figura 6.9*.

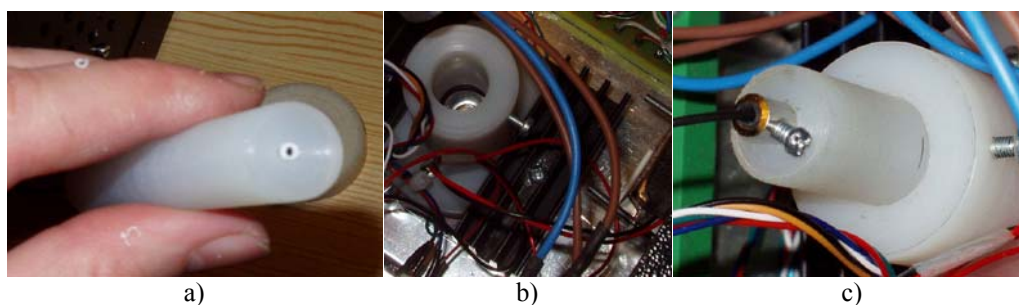


Figura 6.9: Distância da fibra à lente do *led*: a) veio que direcciona e posiciona a fibra sobre a lente; b) lente e vedante no interior da cápsula do *led*; c) montagem do veio e marca de posição a 1 mm relativamente à cápsula.

6.2.8 Distância da fibra ao sensor

Dos vários ensaios realizados, constatou-se que a posição da fibra óptica encostada ao sensor, *Figura 6.10*, é aquela que dá origem a valores de medição superiores (ver *Anexo A7, Tabela A7.11*). Sendo assim, definiu-se, para este parâmetro que a fibra óptica será colocada encostada ao sensor de cor.

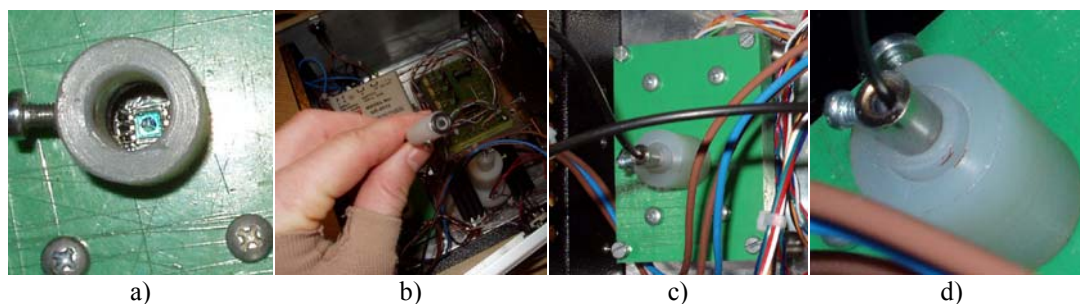


Figura 6.10: Distância da fibra ao sensor: a) sensor sob a sua placa e cápsula; b) veio orientador e posicionador da fibra sobre o sensor; c) conjunto cápsula e veio; d) marcação da posição do veio encostado ao sensor.

6.2.9 Fibra óptica acoplada à fibra de vidro do otoscópio

Foram realizados vários ensaios experimentais para avaliar a condução da luz emitida pelo *led* através das fibras de vidro já existentes no otoscópio, de modo a simplificar o desenvolvimento do protótipo. Para isso, acoplou-se a fibra óptica ao conjunto de fibras de vidro do otoscópio, *Figura 6.11*.

Os resultados verificados (ver *Anexo A7, Tabela A7.12*), demonstraram que tal situação não funcionava devido a uma significativa perda de intensidade luminosa.

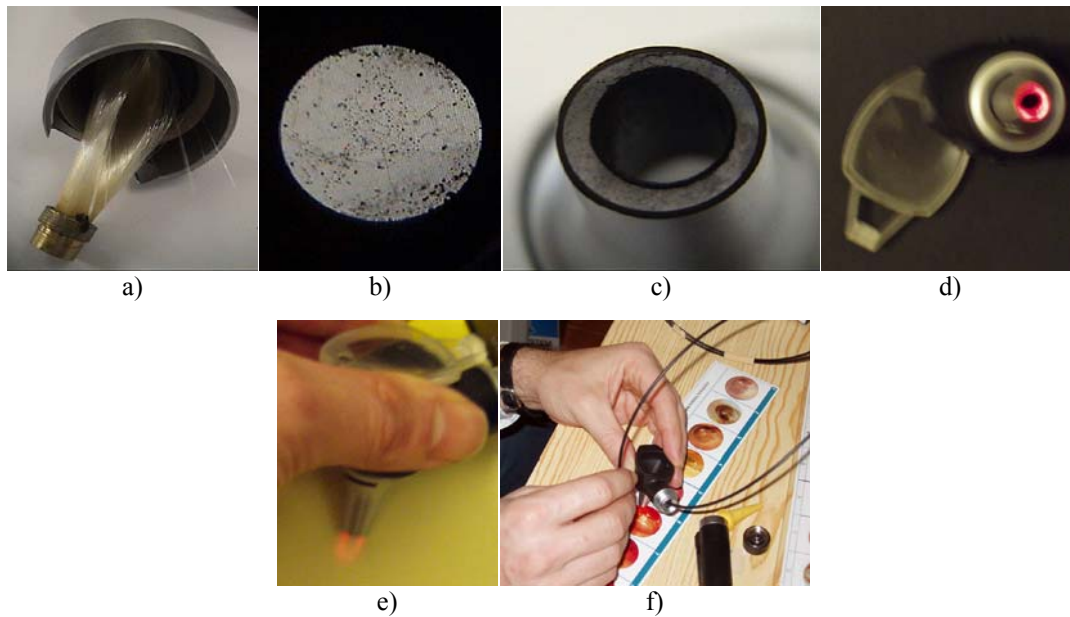


Figura 6.11: Fibra óptica acoplada ao conjunto de fibras de vidro do otoscópio: a) conjunto de fibras de vidro do otoscópio; b) concentração das fibras na base receptora da luz; c) concentração das fibras em anel na ponta do cone do otoscópio; d) e e) iluminação em anel através das fibras do otoscópio; f) ensaio com a fibra emissora acoplada ao conjunto de fibras de vidro do otoscópio.

6.2.10 Pontas das fibras descarnadas

Foram realizados vários ensaios para avaliar se a fibra óptica com as pontas descarnadas melhorava os resultados observados nos ensaios, *Figura 6.12*.

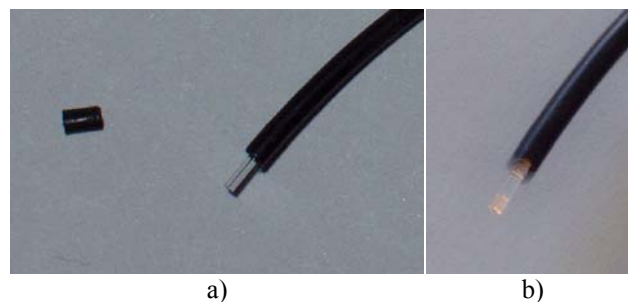


Figura 6.12: Fibra óptica com pontas descarnadas: a) fibra óptica descarnada; b) pormenor da condutibilidade de luz visível na ponta da fibra descarnada.

Concluiu-se que não havia melhorias significativas que justificassem o descarnar das fibras (ver Anexo A7, Tabela A7.13).

6.2.11 Cone convergente da luz do led em metal e em não metal

Realizaram-se ensaios com a cápsula do *led*, forrada com uma folha de alumínio, e ensaios com o veio de ajuste em altura da fibra à lente do *led* em alumínio e *nylon*, Figura 6.13.

Concluiu-se que as diferenças não eram significativas (ver Anexo A7, Tabela A7.14), até porque o procedimento de ajuste e troca dos veios pode ser suficiente por si só para alterar os valores registados. Sendo assim, optou-se pelo veio em *nylon* que acrescenta a vantagem de riscar menos a lente acoplada ao *led* emissor de luz.

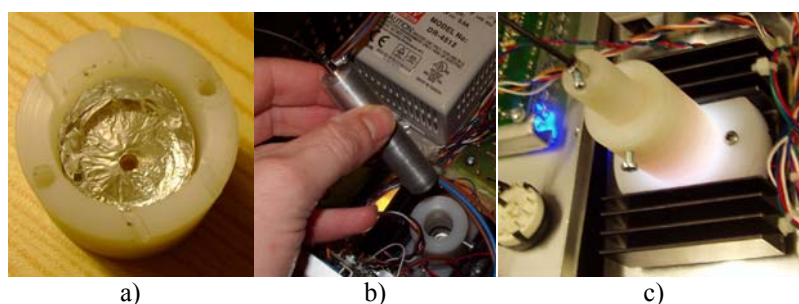


Figura 6.13: Cone convergente da luz do *led* em metal e em não-metal: a) primeira versão da cápsula do *led* forrada com uma folha de alumínio; b) veio em alumínio; c) veio em *nylon*.

6.2.12 Diferentes tipos e diâmetros da fibra óptica

Realizaram-se ensaios experimentais com diferentes fibras ópticas aplicadas, relativamente ao seu diâmetro e ao seu princípio construtivo. Quanto ao diâmetro, foram ensaiadas fibras com 1, 1,25 e 2,17 mm. Relativamente ao princípio construtivo, as fibras de 1 e de 2,17 mm são unifilares e a de 1,25 mm é multifilar com 9 fios, as três são feitas em polímero, Figura 6.14a.

Fizeram-se ainda, a título experimental, ensaios com pontas de fibra de maior diâmetro, 2,17 mm, acopladas nas fibras de diâmetro menor, 1,25 mm, junto do sensor de cor e do *led* emissor de luz (*R,G,B*), mas os resultados não foram vantajosos.

Perante os resultados dos ensaios realizados (ver Anexo A7, Tabela A7.15), concluiu-se que:

- Os resultados das medições e respectivo diferencial são superiores para as fibras de maior diâmetro (2,17 mm);
- O diâmetro da fibra emissora é aquele que mais influência tem sobre os valores lidos;
- A secção útil do sensor de cor condiciona o diâmetro da fibra receptora;

- A posição central da fibra receptora, relativamente ao sensor, deve ser garantida uma vez que influencia significativamente os valores lidos, *Figura 6.14d*.

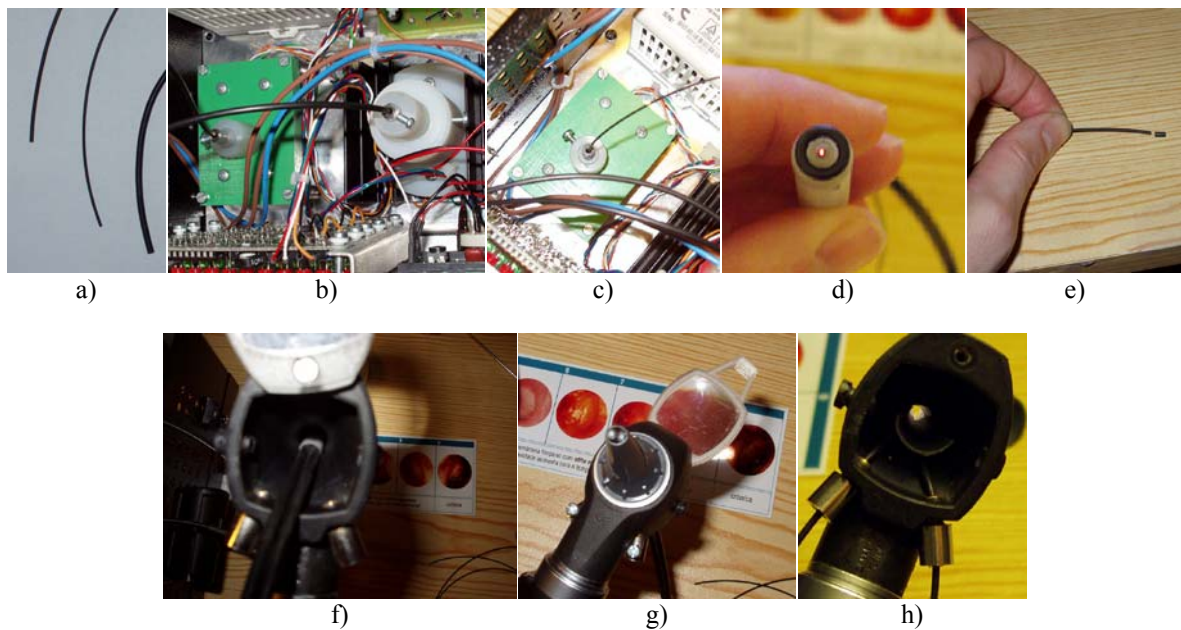


Figura 6.14: Diferentes tipos e diâmetros de fibras ópticas: a) fibras de 1 e 2,17 mm (unifilar) e 1,25 mm (multifilar de 9 fios); b) e c) ensaios com os diferentes tipos de fibras; d) posição central da fibra no veio; e) acoplamento da ponta da fibra de secção maior à menor; f) e g) posição e obstrução provocada pelas fibras de 2,17 mm no espéculo; h) secção livre, para visualização do tímpano utilizando-se fibras de 1,25 mm.

Sendo assim, optou-se pela fibra de 1,25 mm que, embora origine menores valores medidos, não coloca em causa os objectivos definidos e oferece um maior campo de visão, através do orifício do espéculo, ao profissional de saúde para análise da membrana timpânica, *Figura 6.14*.

6.2.13 Uso da iluminação do led (R,G,B), do otoscópio e de ambos

Para avaliar o comportamento do sensor a diferentes tipos de luz e intensidades projectadas nas imagens a analisar, realizaram-se ensaios com o led (R,G,B) incluído no protótipo, ensaios com a luz emitida apenas pela lâmpada de halogéneo já existente no otoscópio adaptado e com a “mistura” das duas fontes referidas.

Concluiu-se que os resultados das medições com o led (R,G,B), comparados com os resultados das medições usando apenas a luz do otoscópio, não são muito diferentes e que usando em simultâneo a luz do led e do otoscópio os valores aumentam praticamente para o dobro (ver Anexo A7, Tabela A7.16). Assim, sempre que for necessário aumentar o valor das

medições e o diferencial entre as mesmas, um dos parâmetros fundamentais a considerar é melhorar a intensidade luminosa do sistema.

As conclusões registadas são de importância considerável, pois permitem direccionar o *redesign* do protótipo para duas situações distintas: uma considerando uma lâmpada de halogéneo, que simplificará todo o sistema electrónico e o espaço de acomodação dos componentes, e uma outra baseada no aproveitamento do *led (R,G,B)* nas utilizações em que a cor da iluminação pode ser um factor determinante.

6.3 Ensaios laboratoriais

Depois de definidos todos os parâmetros necessários para um adequado “ajuste” do protótipo foram realizados os ensaios laboratoriais finais apresentados na *Tabela 6.1*.

Na referida tabela, foram ainda incluídos os ensaios laboratoriais realizados nas instalações do Hospital Pedro Hispano. Estes ensaios antecederam os ensaios clínicos realizados nas referidas datas, para o controlo da estabilidade, repetibilidade e proporcionalidade do protótipo, *Figura 6.15 e Tabela 6.1*.



Figura 6.15: Registo das medições relativas aos ensaios laboratoriais e realizados nas instalações do Hospital Pedro Hispano: a) do ensaio no dia 27_03_2007, relativamente à imagem n.º 6 da *Tabela 6.1*;
b) ensaio no dia 03_04_2007, relativamente à imagem n.º 2 da *Tabela 6.1*.

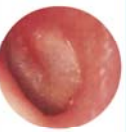
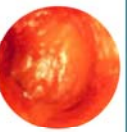
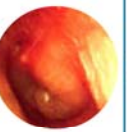
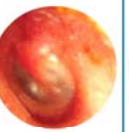
6.3.1 Análise estatística

Relativamente aos ensaios finais laboratoriais, fez-se uma análise estatística, recorrendo ao *software SPSS 11.5.0 standard version*, aos valores medidos relativos à imagem n.º 2 (tímpano normal) e à imagem n.º 6 (tímpano com otite). Os resultados obtidos são apresentados na *Tabela 6.2* para um grau de confiança de 95%.

Tabela 6.1: Ensaios laboratoriais finais.

Parâmetros	Cor	R	G	B	Iluminação natural	—						
		100%	60%	32%								
	Canal de cor	R			Iluminação dedicada	X						
	Led com lente	✓			Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo	✓						
	Sensor com lente	X			Fibra receptora afastada da imagem	5 mm						
	Sensor com protecção à iluminação ambiente	✓			Fibra emissora afastada da imagem	5 mm						
	Fibra afastada da lente do led	1 mm			Diâmetro da fibra	1,25 mm						
	Fibra afastada da lente do sensor	X			Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon	Nylon						
Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.												
Período do dia:	Correspondência às imagens									Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio
	sem otite				com otite							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Branco	Azul	
	6,1	4,3	5,5	6,0	6,7	8,8	7,4	8,1	8,0	9,3	3,2	28_01_2007
	6,2	4,4	5,6	6,1	6,8	8,9	7,5	8,2	8,1	9,4	3,3	
	6,5	4,2	5,8	6,8	7,4	10,1	8,4	9,0	6,4	10,0	3,0	
	6,6	4,3	5,9	6,9	7,5	10,2	8,5	9,1	6,5	10,1	3,1	
	7,1	4,4	5,9	6,2	7,3	9,9	7,8	9,0	6,9	9,7	3,3	
	7,2	4,5	6,0	6,3	7,4	10,0	7,9	9,1	7,0	9,8	3,4	10_02_2007
	5,6	4,4	5,5	5,2	5,9	7,8	7,4	7,9	6,3	7,7	3,1	
	5,7	4,5	5,6	5,3	6,0	7,9	7,5	8,0	6,4	7,8	3,2	
	6,6	5,3	6,6	6,9	7,1	9,3	8,6	8,6	7,5	9,2	3,7	
	6,7	5,4	6,7	7,0	7,2	9,4	8,7	8,7	7,6	9,3	3,8	
	6,6	5,0	6,4	6,7	6,7	9,2	8,5	8,9	7,8	9,2	3,8	11_02_2007
	6,7	5,1	6,5	6,8	6,8	9,3	8,6	9,0	7,9	9,3	3,9	
	7,0	5,4	6,8	7,0	7,2	9,7	8,6	9,4	7,9	9,8	3,7	
	7,1	5,5	6,9	7,1	7,3	9,8	8,7	9,5	8,0	9,9	3,8	
	6,9	5,5	6,6	6,6	6,8	8,8	7,9	8,6	7,3	8,5	3,3	
	7,0	5,6	6,7	6,7	6,9	8,9	8,0	8,7	7,4	8,6	3,4	11_02_2007
	6,2	4,9	6,1	6,1	6,3	8,5	7,9	8,2	6,6	9,5	3,3	
	6,3	5,0	6,2	6,2	6,4	8,6	8,0	8,3	6,7	8,6	3,4	
	7,1	5,2	6,8	6,8	7,3	10,2	9,3	9,8	7,3	10,2	3,5	
	7,2	5,3	6,9	6,9	7,4	10,3	9,4	9,9	7,4	10,3	3,6	
	7,1	5,4	6,8	6,7	6,8	9,9	9,2	9,8	8,4	10,2	3,6	11_02_2007
	7,2	5,5	6,9	6,8	6,9	10,0	9,3	9,9	8,5	10,3	3,7	
	7,2	5,5	6,7	7,5	7,2	9,8	9,2	9,5	8,1	10,1	3,6	
	7,3	5,6	6,8	7,6	7,3	9,9	9,3	9,6	8,2	10,2	3,7	
Manhã	6,2	5,1	6,3	6,4	6,8	8,2	8,0	8,4	7,5	10,8	4,0	27_03_2007
	6,3	5,2	6,4	6,5	6,9	8,3	8,1	8,5	7,6	10,9	4,1	
Tarde	6,3	5,3	6,1	6,5	6,8	8,4	8,4	9,3	7,6	11,8	4,2	28_03_2007
	6,4	5,4	6,2	6,6	6,9	8,5	8,5	9,4	7,7	11,9	4,3	
Manhã	6,3	5,3	6,2	6,2	6,4	8,3	8,0	8,5	8,0	10,2	4,3	28_03_2007
	6,4	5,4	6,3	6,3	6,5	8,4	8,1	8,6	8,1	10,3	4,4	
Tarde	6,3	5,5	6,4	6,5	6,6	7,9	7,5	7,7	7,1	10,2	4,2	28_03_2007
	6,4	5,6	6,5	6,6	6,7	8,0	7,6	7,8	7,2	10,3	4,3	
Manhã	4,5	4,5	5,1	4,6	5,7	7,3	7,0	6,6	6,2	9,5	3,6	03_04_2007
	4,6	4,6	5,2	4,7	5,8	7,4	7,1	6,7	6,3	9,6	3,7	
Manhã	5,4	4,7	5,1	5,1	5,3	6,2	6,1	6,3	5,9	7,7	4,6	04_04_2007
	5,5	4,8	5,2	5,2	5,4	6,3	6,2	6,4	6,0	7,8	4,7	
Tarde	6,0	5,1	5,9	6,0	6,7	8,4	8,2	8,1	7,4	9,0	4,9	04_04_2007
	6,1	5,2	6,0	6,1	6,8	8,5	8,3	8,2	7,5	10,0	5,0	
Conclusão:												
•Alterando a posição do espéculo e do ponto de focalização na imagem, e por muito pequena que essa alteração seja, há variação dos resultados; contudo, verifica-se estabilidade, repetibilidade e proporcionalidade nos resultados obtidos.												
Notas:												
•Os ensaios relativos aos dias 27 e 28-03-2007 e 03 e 04-04-2007 foram realizados no Hospital Pedro Hispano, antecedendo os ensaios clínicos realizados nas referidas datas, de forma a controlar a estabilidade, repetibilidade e proporcionalidade do protótipo;												
•Os valores das medições são em mV.												

Tabela 6.2: Avaliação estatística das medições obtidas.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
								
membrana tímpano normal			otite resolvida	membrana tímpano com otite média aguda "5 a 8" diminui gravidade "a gravidade aumenta com a temperatura (febre), dor e cor (mais vermelha)"				crónica

Medições registadas na (Tabela 6.1)

Ensaio realizado em:

	4,3			8,8				28_01_2007
	4,2			10,1				
	4,4			9,9				
	4,4			7,8				10_02_2007
	5,3			9,3				
	5,0			9,2				
	5,4			9,7				11_02_2007
	5,5			8,8				
	4,9			8,5				
	5,2			10,2				
Manhã	5,1			8,2			No Hospital Pedro Hispano	27_03_2007
Tarde	5,3			8,4				
Manhã	5,3			8,3				28_03_2007
Tarde	5,5			7,9				
Manhã	4,5			7,3				03_04_2007
Manhã	4,7			6,2				
Tarde	5,1			8,4				04_04_2007
$\mu=5,0\pm0,2$		desvio superior 5,2 média 5 desvio inferior 4,8		$\mu=8,8\pm0,5$		desvio superior 9,3 média 8,8 desvio inferior 8,3		
μ - Intervalo de normalidade com 95% confiança				μ - Intervalo de patologia com 95% confiança				

Notas:

- O protótipo por cada imagem que analisa apresenta uma medição com uma oscilação de 0,1 mV. Na fase de ensaio, foram registados ambos os valores observados: ver por exemplo no Anexo A7 a Tabela A7.1; contudo, por questões práticas, na introdução dos dados no software SPSS, definiu-se que os valores a considerar seriam os de menor valor observado;
- Os valores das medições são em mV.

Perante os resultados obtidos nos vários ensaios laboratoriais, podemos concluir que para valores na ordem dos **5,0±0,2** está-se perante casos de membrana do **tímpano normal** e que para valores na ordem dos **8,8±0,5**, estamos perante casos de membrana do tímpano com patologia, nomeadamente com **otite média aguda**. Pode-se concluir ainda que o intervalo entre o desvio superior de normalidade e o desvio inferior de patologia é de 3,1 mV (8,3-5,2) valor que, relativamente às medições globais, garante uma confortável margem de segurança no julgamento do diagnóstico efectuado, Tabela 6.2.

6.4 Ensaaios clínicos

Após demonstração do protótipo do otoscópio óptico-electrónico no Hospital Pedro Hispano, Unidade Local de Saúde de Matosinhos, e executados os procedimentos legais envolvidos, foram definidos os objectivos e a data de início para a realização dos ensaios.

Relativamente aos objectivos, definiu-se realizar ensaios a 100 amostras da membrana do tímpano, de forma a que estatisticamente fosse possível traçar a curva da normalidade da membrana do tímpano e, por confrontação com o intervalo de confiança encontrado, avaliar a capacidade do protótipo óptico-electrónico na detecção de valores anormais associados a patologias.

Os ensaios clínicos, em vivo, foram realizados com a colaboração dos profissionais de saúde da consulta externa de Otorrinolaringologia do referido Hospital, *Figura 6.16*, que ao utilizarem o protótipo na observação da membrana timpânica dos doentes, garantiram a validação das medições obtidas assim como o diagnóstico associado.

Os dados obtidos durante os ensaios foram registados em tabelas criadas para o efeito tendo-se previamente definido quais os parâmetros a registar (ver *Anexo A8, Tabela A8.1*).

6.4.1 Análise estatística

Os dados registados relativamente aos ensaios clínicos realizados em ambiente real, foram, tal como nos ensaios laboratoriais, introduzidos no *software* de análise estatística SPSS. Os resultados obtidos foram agrupados segundo três análises estatísticas distintas: global aos ensaios clínicos realizados; relativa à membrana do tímpano com diagnóstico normal; relativa à membrana do tímpano com diagnóstico patológico. Cada uma das respectivas fases será descrita a seguir.

a) Análise estatística global

Da análise estatística global, aos ensaios clínicos realizados, *Tabela 6.3*, constata-se essencialmente o seguinte: o número de amostras total da membrana do tímpano foi de 114 (duas amostras por doente); 56,1% das amostras são do sexo feminino; 84% das amostras foram diagnosticadas como normais; a data em que se verificou um maior número de ensaios foi o dia 4 de Abril de 2007, quarto dia dos ensaios, na ordem dos 52,6% do total de ensaios realizados, facto relacionado, principalmente, com o número de

doentes considerados e com a dinâmica associada à divulgação dos objectivos inicialmente definidos.

Tabela 6.3: Dados gerais relativamente aos ensaios clínicos realizados.

N.º de amostras da membrana timpânica	114 amostras	Frequência	
		N.º de amostras	Percentagem
Sexo	F	64	56,1%
	M	50	43,9%
Ouvido	Esquerdo	57	50%
	Direito	57	50%
Data do ensaio clínico	27-Março-2007	16	14%
	28-Março-2007	26	22,8%
	03-Abril-2007 (manhã)	12	10,5%
	04-Abril-2007	114	52,6%
Diagnóstico	Normal	85	84%
	Patológico	29	16%

b) Membrana com diagnóstico normal

Da análise estatística relativa à membrana do tímpano com diagnóstico normal, *Tabela 6.4*, constata-se o seguinte: o número de amostras da membrana timpânica com diagnóstico normal foi de 85; 62% das amostras são do sexo feminino e 52,9% são do ouvido direito.

Os dados apresentados na *Tabela 6.4*, relacionados com os valores das medições, registadas no protótipo, permitiram uma análise gráfica segundo diferentes variáveis. Assim, definiram-se como as mais relevantes para o estudo da normalidade da membrana timpânica as seguintes: frequência de medição; frequência dos ensaios clínicos segundo a idade e o sexo; intervalo de confiança de normalidade segundo a idade e o sexo; intervalo de confiança de normalidade segundo o ouvido e o sexo; intervalo de confiança de normalidade segundo o profissional de saúde.

Relativamente a cada uma das variáveis indicadas, são apresentadas nas alíneas seguintes algumas considerações gerais obtidas.

Tabela 6.4: Dados relativos aos ensaios clínicos realizados com diagnóstico normal.

N.º de amostras da membrana timpânica	85 amostras	Frequência	
		N.º de amostras	Porcentagem
Sexo	F	53	62%
	M	32	37,6%
Ouvido	Esquerdo	45	47,1%
	Direito	40	52,9%
Data do ensaio clínico	27-Março-2007	13	15,3%
	28-Março-2007	19	22,4%
	03-Abril-2007 (manhã)	7	8,2%
	04-Abril-2007	46	54,1%

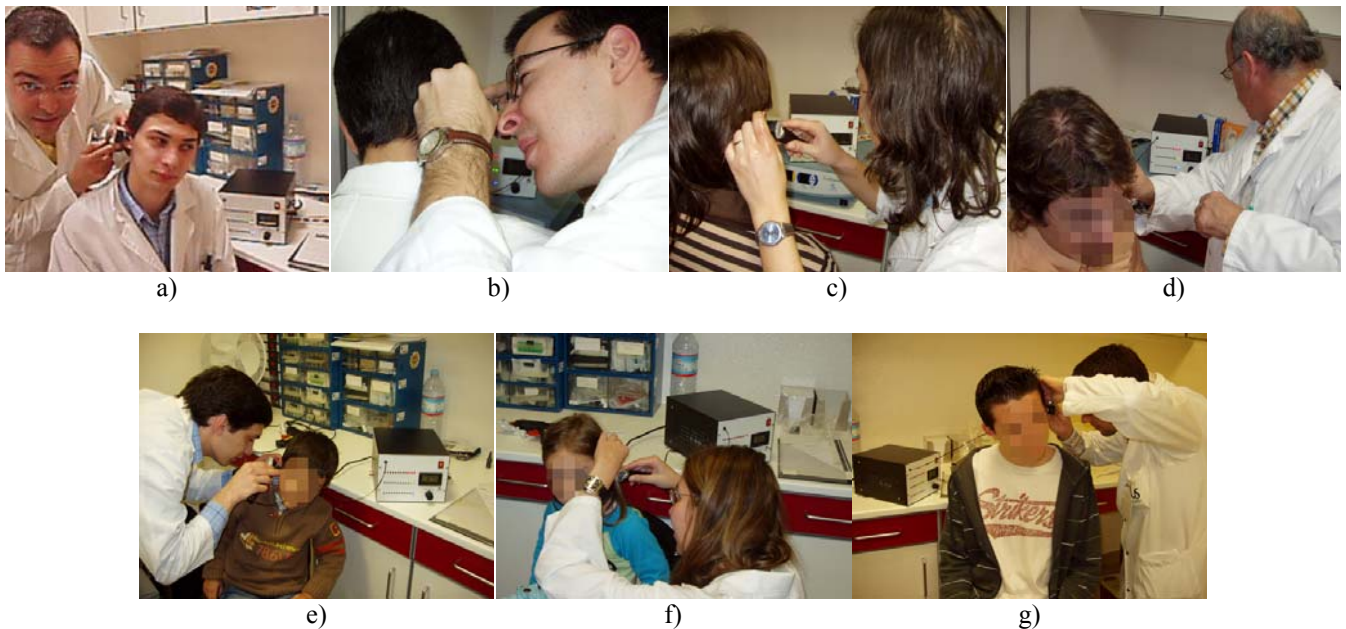
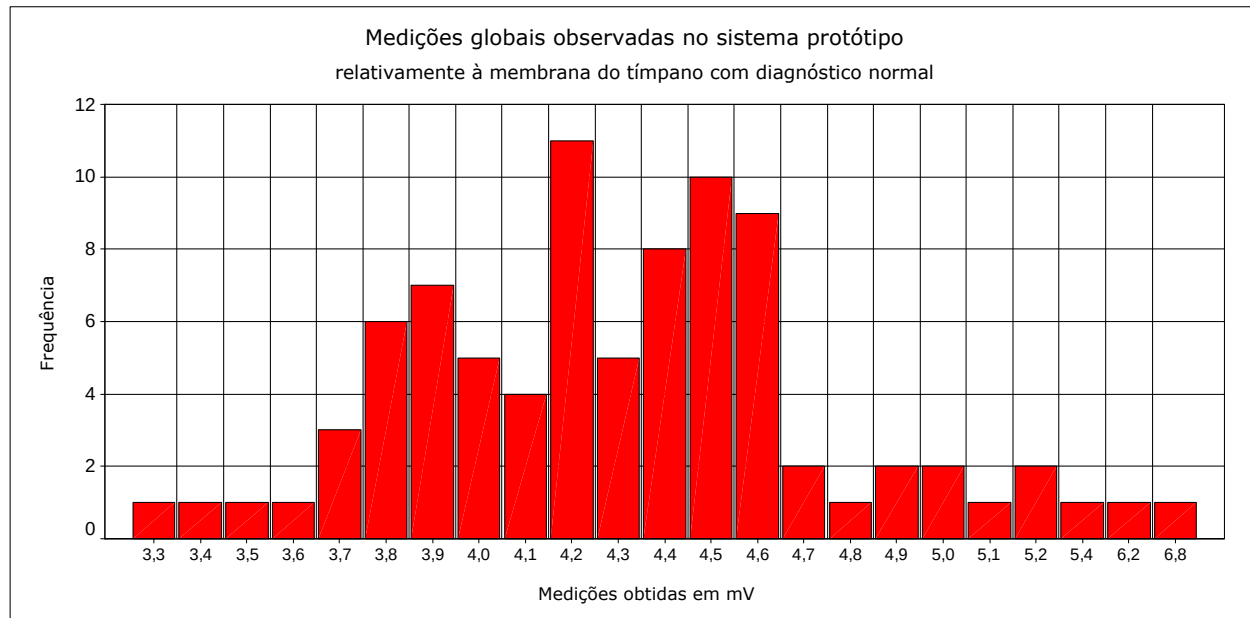


Figura 6.16: Ensaio clínico, realizados pelos profissionais de saúde de Otorrinolaringologia do Hospital Pedro Hispano, com o protótipo desenvolvido: a) Dr. Gustavo Lopes; b) Dr. Joaquim Vieira; c) Dr.ª Marta Neves; d) Dr. Cunha Moura; e) Dr. Miguel Viana; f) Dr.ª Joana Pires; g) Dr. Nuno Oliveira.

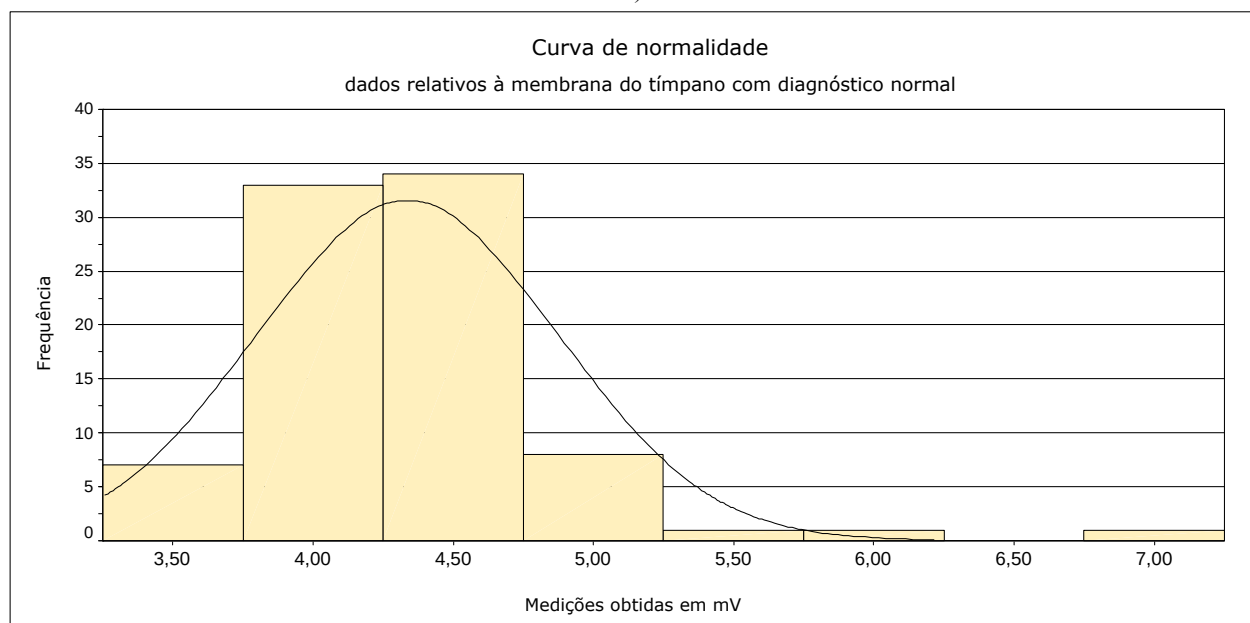
b.1) Relativamente à frequência das medições da membrana do tímpano com diagnóstico normal, *Figura 6.17*, constata-se o seguinte:

- O valor que mais se repetiu durante os ensaios foi 4,2 mV;
- O valor mínimo registado foi 3,3 mV;
- O valor máximo registado foi 6,8 mV;
- A amplitude dos valores observados no *display* do protótipo foi 3,5 mV;

- A média dos valores registados foi 4,3 mV.
- O intervalo de confiança da curva de normalidade é de $4,3 \pm 0,1$ mV (Intervalo de confiança com 95%).



a)



b)

μ - Intervalo de normalidade com 95% confiança

Análise estatística

$$\mu = 4,3 \pm 0,1$$

limite superior 4,4
média 4,3
limite inferior 4,2

média 4,3
moda 4,2
mediana 4,3
desvia padrão 0,5
variância 0,3
amplitude 3,5
mínimo 3,3
máximo 6,8

c)

Figura 6.17: Dados relativos à frequência das medições da membrana do tímpano com diagnóstico normal: a) medições globais observadas no protótipo; b) curva da normalidade; c) respectiva análise estatística.

b.2) Frequência dos ensaios clínicos segundo a idade e o sexo

Relativamente à frequência dos ensaios clínicos segundo a idade e o sexo, *Figura 6.18*, constata-se o seguinte:

- Existência de diversidade de amostras, factor de relevância para a adequada definição da curva da normalidade;
- Frequência máxima feminina registada para idades entre os 9 e 24 anos;
- Frequência máxima masculina registada para a idade de 30 anos.

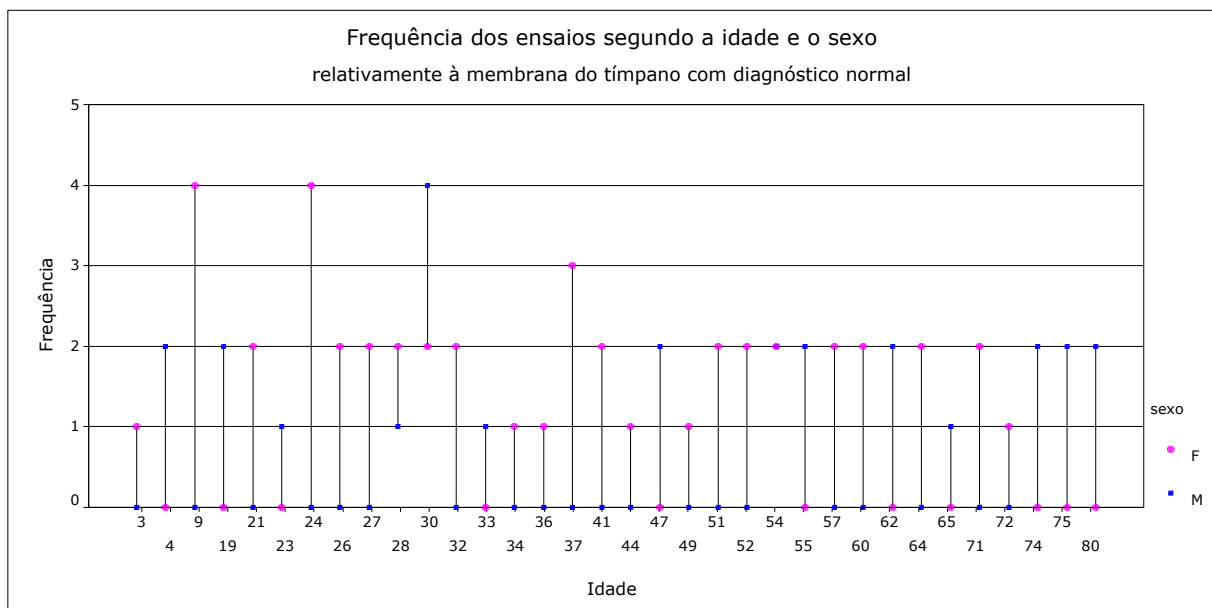


Figura 6.18: Frequência dos ensaios clínicos segundo a idade e o sexo.

b.3) Intervalo de confiança de normalidade segundo a idade e o sexo

Relativamente ao intervalo de confiança de normalidade segundo a idade e o sexo, *Figura 6.19*, constata-se o seguinte:

- A amplitude das medições varia segundo a idade e o sexo, destacando-se para o sexo feminino nas idades entre 28 e 52 anos, e para o sexo masculino entre 4, 54 e 80 anos.

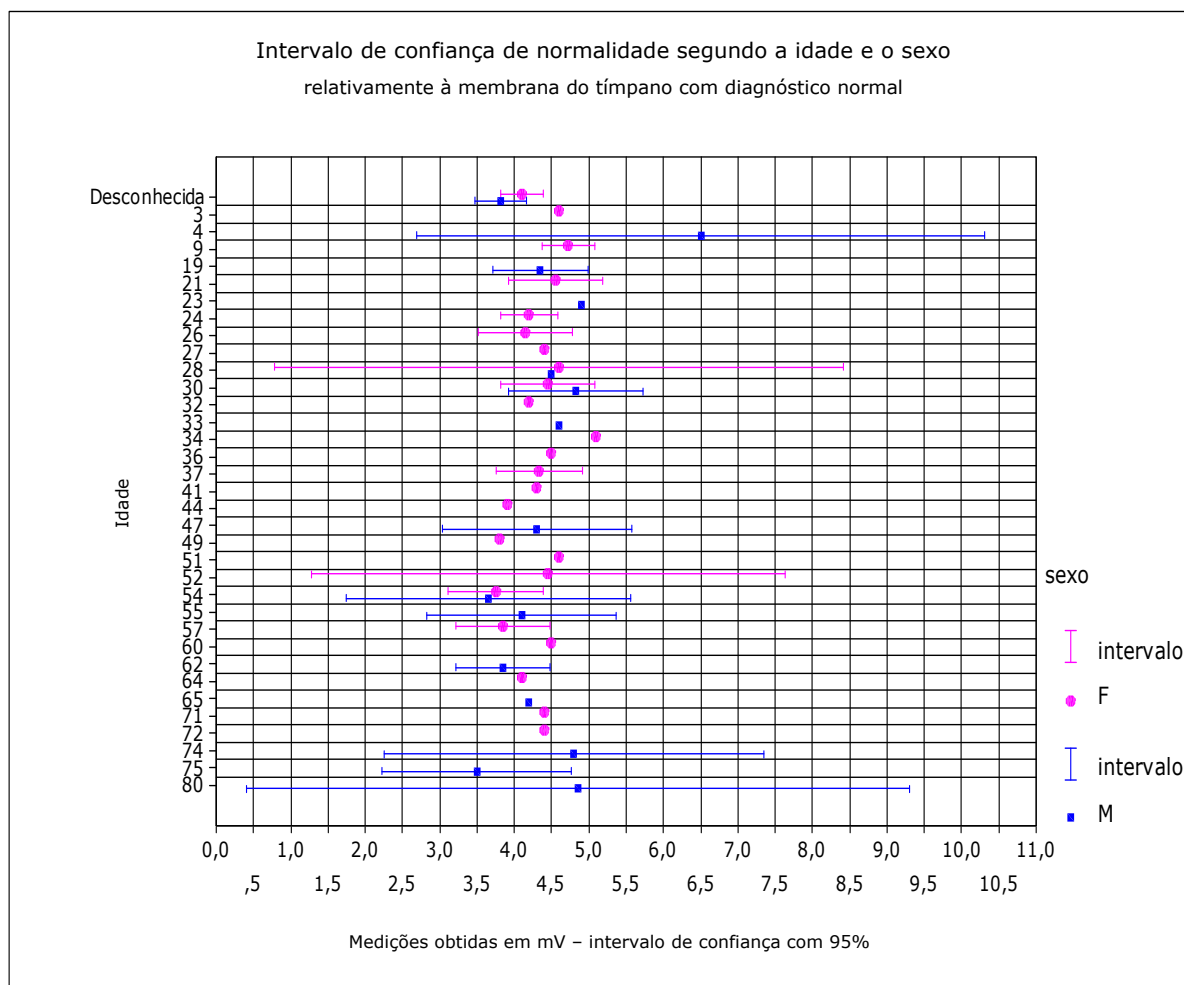


Figura 6.19: Intervalo de confiança da normalidade segundo a idade e o sexo.

b.4) Intervalo de confiança de normalidade segundo o ouvido e o sexo

Relativamente ao intervalo de confiança de normalidade segundo o ouvido e o sexo, *Figura 6.20*, pode-se constatar o seguinte:

- Que as amostras referentes ao sexo feminino, tanto para o ouvido esquerdo como para o direito apresentam um intervalo de confiança semelhante, entre 4,2 e 4,45 mV, sendo a amplitude na ordem dos 0,25 mV, menor quando comparada com a amplitude referente ao sexo masculino que apresenta uma amplitude de 0,88 mV;
- Relativamente ao sexo masculino, o ouvido direito apresenta valores médios superiores aos do ouvido direito na ordem dos 0,13 mV.

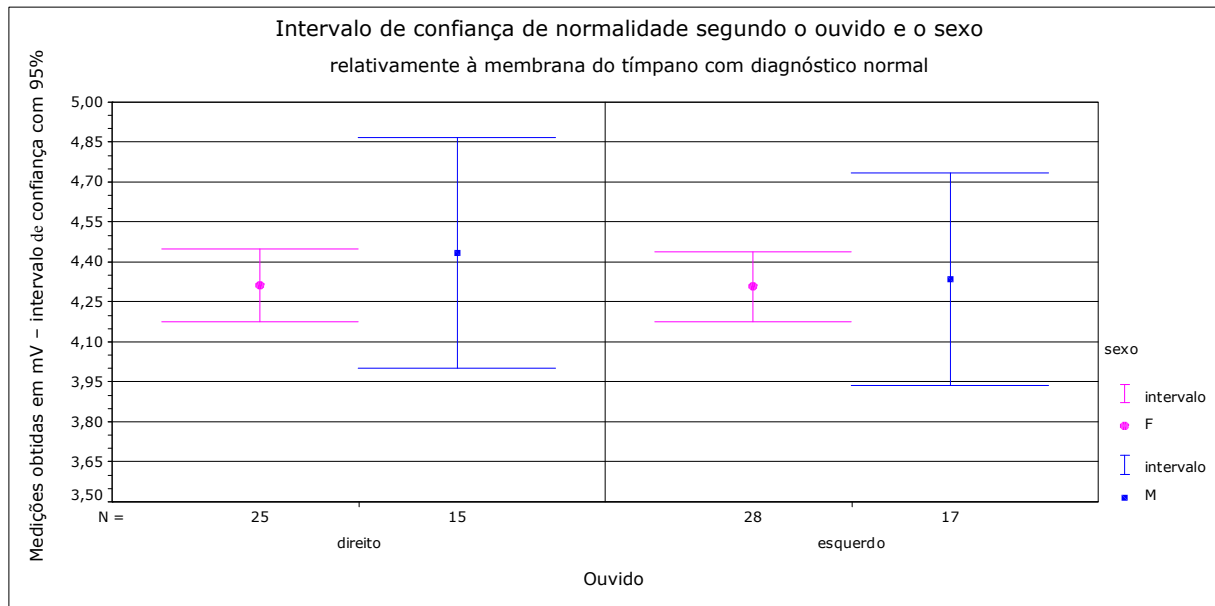


Figura 6.20: Intervalo de confiança de normalidade segundo o ouvido e o sexo.

b.5) Intervalo de confiança de normalidade segundo o profissional de saúde

Relativamente ao intervalo de confiança de normalidade segundo o profissional de saúde, *Figura 6.21*, constata-se o seguinte:

- A amplitude e o valor médio das medições variam segundo o profissional de saúde que realiza a observação, independentemente das idades dos doentes observados.

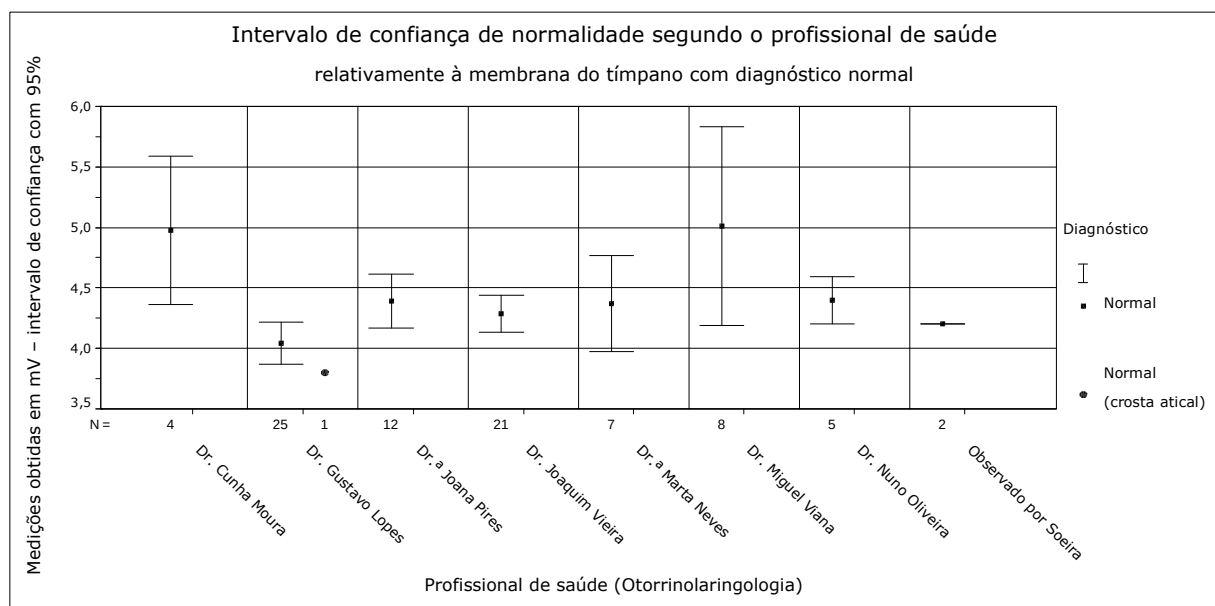


Figura 6.21: Intervalo de confiança de normalidade segundo o profissional de saúde.

c) Membrana com diagnóstico patológico

Da análise estatística relativa à membrana do tímpano com diagnóstico patológico, *Tabela 6.5*, constata-se o seguinte:

- O número de amostras da membrana timpânica com diagnóstico patológico foi de 29;
- 62,1% das amostras são do sexo masculino;
- 58,6% das amostras referem-se ao ouvido direito.

Tabela 6.5: Dados relativamente aos ensaios clínicos realizados com diagnóstico patológico.

N.º de amostras da membrana timpânica	29 amostras	Frequência	
		N.º de amostras	Percentagem
Sexo	F	11	37,9%
	M	18	62,1%
Ouvido	Esquerdo	12	41,4%
	Direito	17	58,6%
Data do ensaio clínico	27-Março-2007	3	10,3%
	28-Março-2007	7	24,1%
	03-Abril-2007 (manhã)	5	17,2%
	04-Abril-2007	14	48,3%

Os dados apresentados na *Tabela 6.5*, relacionados com os valores das medições registadas no protótipo, *Tabela 6.6*, permitem a confrontação gráfica das patologias com o intervalo de confiança de normalidade apurado, *Figura 6.17*.

Perante a análise gráfica, podem ser apresentadas as seguintes considerações gerais:

- Existência de diversidade de patologias associadas às variáveis idade e ouvido. Diversidade essa que confere uma mais valia para a avaliação do protótipo relativamente à diferenciação dos casos patológicos em função dos casos normais;
- Dos 29 casos de patologias, apenas dois apresentam valores dentro do intervalo de normalidade e acima do valor médio; nomeadamente, o caso da otite média aguda diagnosticada a um doente de 44 anos do sexo feminino no ouvido direito, e o caso da patologia otite média crónica diagnosticada a um doente de 72 anos do sexo feminino no ouvido esquerdo, *Tabela 6.6*. Todos os restantes diagnósticos patológicos foram detectados pelo protótipo como anormais.

Tabela 6.6: Análise à capacidade do protótipo na detecção de patologias do ouvido médio relativamente ao intervalo de confiança de 95% da curva de normalidade (continua).

Medição	8,0							
	7,7				30 anos	M oe		
	7,6			30 anos	M oe			
	7,5						30 anos	M od
	5,7							
	5,6							
	5,2							
	5,1							
	5,0			28 anos	M od			
	4,9							
	4,8	2 anos	M oe					
	4,7							
	4,5					5 anos	M oe	
	4,45	limite superior de normalidade						
	4,4							
	4,33	média						
	4,3							
	4,22	limite inferior de normalidade						
	4,1							
	3,7							
	3,3			53 anos	F od			
	2,7		55 anos	M oe				
Frequência	1	1	1	2	1	1	1	
Diagnóstico	Efusão serosa	Membrana timpânica com cicatrização	Membrana tímpanoesclerose	Miringoesclerose	Obstrução tubar	Otite	Otite serosa	
Medição	8,0					40 anos	F od	
	7,7							
	7,6							
	7,5							
	5,7							
	5,6						53 anos	F oe
	5,2							
	5,1							
	5,0			3 anos	F od			
	4,9							
	4,8							
	4,7	36 anos	F oe					
	4,5					40 anos	F oe	
	4,45	limite superior de normalidade						
	4,4	44 anos	F od	72 anos	F oe			
	4,33	média						
	4,3							
	4,22	limite inferior de normalidade						
	4,1			3 anos	M od			
				3 anos	M oe			
	3,7							
	3,3							
2,7					55 anos	M od		
Frequência	1	1	2	1	2	1	1	
Diagnóstico	Otite média serosa (zona em anel)	Otite média aguda	Otite média com efusão	Otite média crónica	Otite média crónica simples	Otite média crónica simples com mais humidade	Otite media crónica supurada	

Legenda: F (sexo feminino); M (sexo masculino); oe (ouvido esquerdo); ed (ouvido direito); Intervalo de normalidade com 95% e Patologia .

Tabela 6.6: Análise à capacidade do protótipo na detecção de patologias do ouvido médio relativamente ao intervalo de confiança de 95% da curva de normalidade (conclusão).

Medição	8,0						
	7,7						
	7,6						
	7,5						
	5,7			23 anos M oe			
	5,6		33 anos M od				
	5,2	30 anos M od					
	5,1				2 anos M od		
	5,0		5 anos M od			34 anos F od	
	4,9						49 anos M od
	4,8		37 anos F od		49 anos M oe		
	4,7						
	4,5		65 anos M od				
	4,45	limite superior de normalidade					
	4,4	média					
	4,33						
	4,3						
	4,22	limite inferior de normalidade					
	4,1						
	3,7					49 anos F od	
	3,3						
	2,7						
Frequência	1	4	1	1	1	2	1
Diagnóstico	Otite média em resolução	Ouvido com cera	Pós-operatório de 1 semana (Timpanoplastia tipo 2)	Pós-operatório de 6 meses (Timpanoplastia tipo 1)	Retracção	Timpanoplastia	Timpanoplastia (1996)

Legenda: F (sexo feminino); M (sexo masculino); oe (ouvido esquerdo); ed (ouvido direito); Intervalo de normalidade com 95% e Patologia .

6.4.2 Associação da componente pneumática à tecnologia óptica

Embora a componente pneumática associada à componente óptica não fosse parte integrante do objectivo inicial do desenvolvimento e concepção do sistema óptico-electrónico, numa fase final, perante as potencialidades observadas e registadas durante os ensaios laboratoriais, constatou-se que a associação da componente pneumática à tecnologia óptica seria uma mais valia para o auxílio do profissional de saúde no diagnóstico das patologias do ouvido médio.

Sendo assim, procurou-se validar esta associação através de ensaios clínicos. Contudo, estes ensaios não foram possíveis uma vez que o protótipo, nomeadamente o dispositivo, otoscópio *Heine mini 2000* usado como suporte condutor das fibras ópticas ao canal auditivo, não garantiu, apesar dos esforços para o efeito, *Figura 6.22*, as condições herméticas necessárias de forma a garantir a pressão adequada para uma correcta análise da mobilidade da membrana timpânica.

Contudo, perante os ensaios realizados, quer laboratoriais quer em ambiente clínico, estima-se, pelos registos das medições obtidas, que o protótipo apresenta potencialidades para a detecção do movimento da membrana timpânica, provocado pela componente pneumática, através da aproximação ou afastamento da membrana à posição da fibra óptica.

Perante estas considerações, e ainda pelo reforço da opinião dos profissionais de saúde envolvidos na importância da componente pneumática para o diagnóstico das patologias do ouvido médio, a componente pneumática será considerada no *redesign* a propor.

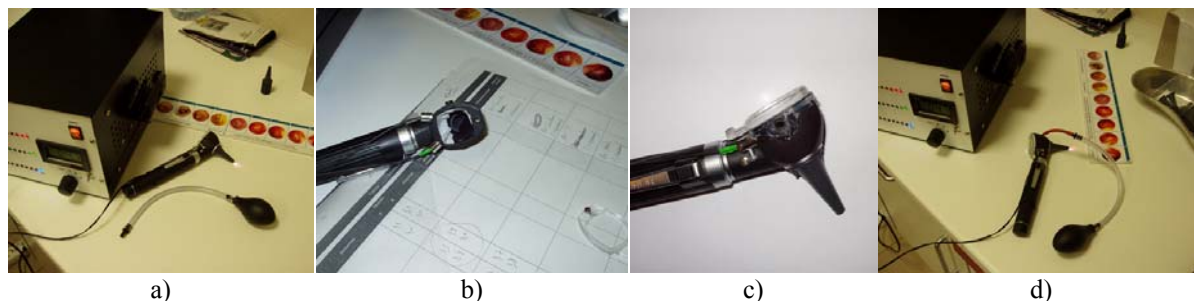


Figura 6.22: Adaptação do otoscópio *Heine mini 2000* para o ensaio da componente pneumática: a) otoscópio e elemento pneumático; b) vedação dos furos existentes na parte interna; c) pormenor da vedação com cola térmica na zona exterior; d) componente pneumático acoplado ao otoscópio.

6.5 Sumário e conclusões

Neste capítulo, foram apresentados os ensaios realizados ao protótipo e analisados os principais resultados obtidos. Os ensaios dividiram-se em três fases principais: a primeira, de “ajuste”, definição e controlo de parâmetros; a segunda, em ambiente laboratorial, com todos os parâmetros definidos e controlados, e numa terceira fase, em ambiente real, isto é ensaios clínicos.

A primeira e segunda fase dos ensaios, embora laboratoriais, foram de extrema importância pois permitiram avaliar a capacidade do sistema e introduzir melhoramentos, controlar e definir parâmetros que tornaram o protótipo capaz de responder adequadamente às expectativas. A segunda fase, constituída pelos ensaios laboratoriais finais, permitiu analisar e confirmar a fiabilidade do protótipo desenvolvido, de forma a estimar intervalos de confiança relativamente aos resultados das medições fundamentais para a comparação com os ensaios reais. A terceira e última fase, ensaios clínicos, ao proporcionarem o contacto com a realidade para o qual todo o projecto foi desenvolvido, foi enriquecedora a vários níveis: forneceram os dados imprescindíveis para avaliar as capacidades do protótipo do otoscópio óptico-electrónico para o auxílio do profissional de saúde no diagnóstico das patologias do ouvido médio, e foram uma fonte de conhecimentos que tornaram mais consciente as necessidades reais intrínsecas ao projecto, consciência essa que foi projectada no *redesign* proposto no Capítulo 7.

Os resultados dos ensaios realizados, na segunda e terceira fase referidas, foram sujeitos a uma análise estatística e, embora seja evidente a diferença entre o intervalo de confiança a

95% de normalidade da membrana timpânica, entre os ensaios laboratoriais e clínicos reais, na ordem dos 0,7 mV médios, pode-se constatar que o protótipo óptico-electrónico apresenta boa capacidade para o auxílio do profissional de saúde no diagnóstico das patologias do ouvido médio.

Podemos ainda concluir que o princípio tecnológico do protótipo do otoscópio óptico-electrónico, pelas diversas potencialidades tecnológicas demonstradas, nomeadamente, fiabilidade, repetibilidade, estabilidade e proporcionalidade, poderá ser uma mais valia a considerar em diferentes domínios.

7.1 Introdução

Neste capítulo, é apresentado o *redesign* do protótipo de otoscópio óptico-electrónico desenvolvido.

Este capítulo, está dividido em cinco secções: a secção seguinte, apresenta a definição dos parâmetros principais a implementar no *redesign*, após reflexão sobre os objectivos definidos inicialmente e, principalmente, sobre a construção do protótipo e dos resultados dos ensaios observados, em ambiente laboratorial e clínico; a terceira secção, apresenta o *redesign* do protótipo, em três modelos diferentes, baseados no mesmo princípio tecnológico óptico. As diferenças entre os modelos devem-se principalmente a condicionalismos tecnológicos. A quarta secção, apresenta as dimensões principais relativamente ao *redesign*; na quinta, e última secção deste capítulo, é apresentado um sumário.

7.2 Redesign do otoscópio óptico-electrónico

Após os ensaios realizados com o protótipo desenvolvido, foi feita uma reflexão sobre o seu *redesign* de forma a torna-lo num dispositivo viável e de eleição no auxílio ao profissional de saúde ou doente no diagnóstico das patologias usuais do ouvido médio.

A referida reflexão incidiu sobre os objectivos inicialmente definidos no Capítulo 5, e em determinados factores constatados durante a concepção do protótipo e respectivos ensaios, quer laboratoriais, quer em ambiente clínico. Assim, numa primeira fase, foram definidos os parâmetros principais a considerar no *redesign* do otoscópio óptico-electrónico de forma a satisfazer as necessidades do consumidor e a adequação ao seu uso. Os parâmetros principais foram devidamente agrupados e são os seguintes:

a) Funcionalidades

Relativamente às funcionalidades, os modelos propostos, devem garantir:

- Iluminação adequada do tímpano;
- Visualização do tímpano pelo utilizador;
- Processamento da informação proveniente da reflexão da membrana timpânica e respectiva informação numérica e luminosa em *display*;
- Protecção da lente (lente usada para ampliação da membrana do tímpano);
- Protecção do cone receptor dos espéculos a elementos estranhos e sujidade;
- Sistema para acoplamento de espéculos no cone receptor do otoscópio;

- Consideração da componente pneumática para a avaliação da mobilidade da membrana timpânica;
- Botões para a navegação em menus que permitam o acesso a parâmetros programáveis; como por exemplo a regulação da cor da luz emitida segundo a utilização pretendida;
- Tratamento das medições e registo em base de dados;
- Armazenamento de espéculos;
- Acoplamento para diferentes dispositivos existentes ou a desenvolver, através de zona roscada existente no corpo do otoscópio;
- Fibra óptica emissora e receptora posicionada na extremidade do cone receptor dos espéculos;
- Orientação da luz emitida e recebida pela fibra óptica ao centro da extremidade cónica do espéculo.

b) Materiais

Relativamente aos materiais a utilizar no *redesign*, são propostos os polímeros para a maioria dos componentes, à excepção da zona roscada existente no casquilho fixado no “corpo” do otoscópio, que poderá ser em alumínio, garantindo assim a durabilidade do componente face ao acoplamento por roscagem de outros dispositivos existentes no mercado, segundo diferentes fins, e que possam usufruir da tecnologia disponibilizada pelo otoscópio óptico-electrónico.

A opção generalizada pelos polímeros para a produção da maioria dos componentes que compõem o *redesign*, está relacionada com a elevada aplicabilidade destes materiais nos processos produtivos por injeção, actualmente bastante desenvolvidos e implementados, e ainda pelas características que oferecem, como por exemplo: leveza, resistência ao choque, diversidade na cor, elasticidade, ser esterilizáveis, apresentar rugosidades agradáveis ao toque, serem isolantes, recicláveis, apresentar custos relativamente reduzidos, etc..

Sendo assim, são apresentadas a seguir sugestões de materiais para os principais componentes do otoscópio óptico-electrónico proposto no *redesign*, segundo a sua designação técnica, assim como as características principais que fundamentam a sua aplicabilidade, [Mink, 1997].

b.1) Estojo da unidade de diagnóstico e unidade de diagnóstico

Material: Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS);

Características principais: rigidez, resistência ao choque e ao envelhecimento, estável até temperaturas de 60 a 80 °C, sem prejuízo estrutural, apresentar estabilidade face a ácidos débeis, como benzina, óleos, massas lubrificantes, e ser fisiologicamente inócuo.

b.2) Espuma para a acomodação da unidade de diagnóstico no estojo

Material: Espuma de Poliuretano flexível com propriedades antiestáticas (PU);

Características principais: moldável, possibilita a protecção dos componentes relativamente a choques e é antiestático.

b.3) Lente da unidade de diagnóstico

Material: Policarbonato (PC);

Características principais: alta resistência mecânica e estabilidade dimensional ao calor, sem prejuízo estrutural até à temperatura máxima de 110/135 °C, estabilidade ao envelhecimento, reduzida absorção de água, estabilidade a ácidos débeis, como o álcool, benzina, óleos e massas lubrificantes.

b.4) Espéculos

Material: Polietileno de baixa pressão e alta densidade PE (HD);

Características principais: Elevada rigidez, estabilidade estrutural a temperaturas máximas na ordem dos 105 °C, estabilidade na presença de ácidos, como o álcool e produtos alcalinos, resistência à ebulição e a esterilização.

b.5) Apoios antideslizantes da base do estojo e bolsa para insuflação de ar comprimido

Material: Cloruro de polivinilo-PVC-flexível (PVCw);

Características principais: elevada elasticidade, semelhante à borracha, temperatura máxima de uso sem prejuízo estrutural na ordem dos 40/70 °C e estabilidade perante produtos químicos débeis.

b.6) *Display*

Material: Polimetil-metacrilato (PMMA);

Características principais: elevada resistência mecânica, elevada dureza superficial, estabilidade à temperatura, transparência semelhante ao vidro, estabilidade a ácidos débeis e a produtos alcalinos.

c) Formas

Quanto às formas, estas devem garantir a usabilidade associada à sua exequibilidade, de forma a facilitar a produção dos modelos a propor, através de processos de injeção de polímeros.

No que diz respeito a rugosidades, propõem-se que sejam as mínimas possíveis e adequadas à limpeza do dispositivo.

d) Mecanismos

As soluções mecânicas a propor no *redesign* visam:

- Simplicidade produtiva e custos associados reduzidos;
- Simplicidade operacional, fiabilidade e durabilidade;
- Protecção da fibra óptica;
- Transporte do dispositivo no bolso ou em estojo;
- Facilidade e segurança na acomodação dos espelhos;
- Segurança nos mecanismos de abertura e fecho;
- O acoplamento prático e normalizado de outros dispositivos associados.

e) Sistema energético

A alimentação do dispositivo será feita recorrendo à rede eléctrica geral ou a bateria recarregável interna.

f) Cores

Relativamente à cor, de forma a conferir ao dispositivo alguma sobriedade, propõe-se a predominância dos tons cinza, em contraste, cinza escuro e claro “cinza prata”, destacando-se no logótipo as 3 cores primárias (*Red, Green, Blue*).

g) Utilizadores

Os modelos a propor no *redesign* estão direccionados para o consumidor alvo, previamente definido na *Tabela 5.1* apresentada no Capítulo 5, nomeadamente: profissionais de saúde e doentes (uso doméstico).

Numa segunda fase, foram esboçados diversas alternativas para o *redesign*, relativamente a formas e mecanismos, *Figura 7.1*.

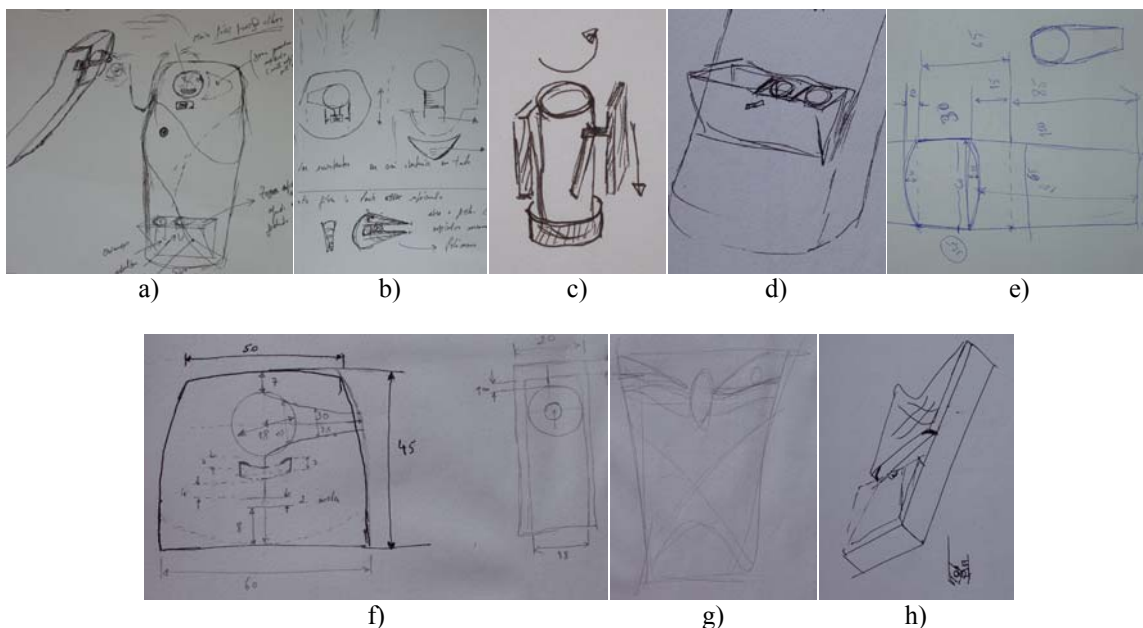


Figura 7.1: Esboços para o *redesign* do protótipo: a) representação do conjunto; b) cone condutor das fibras à ponta dos espelhos; c) veio rotativo e acoplador dos espelhos; d) gaveta para espelhos; e) geometria do conjunto; f) estrutura da cabeça do otoscópio; g) posicionamento da bolsa de ar do sistema pneumático na zona superior central e traçagem para formas ergonómicas; h) otoscópio com gaveta para os espelhos.

Numa terceira fase, os esboços foram materializados através de modelação em pasta, o que permitiu a percepção e a avaliação de determinados factores; nomeadamente, de estética, funcionalidade e dimensão, *Figura 7.2*.

Por fim, o otoscópio óptico-electrónico foi modelado tridimensionalmente em *SolidWorks*, de forma a simular e refinar o otoscópio óptico-electrónico em determinados parâmetros; nomeadamente, as formas e vários aspectos construtivos.

Foram modelados três modelos diferentes que são apresentados nas secções seguintes.

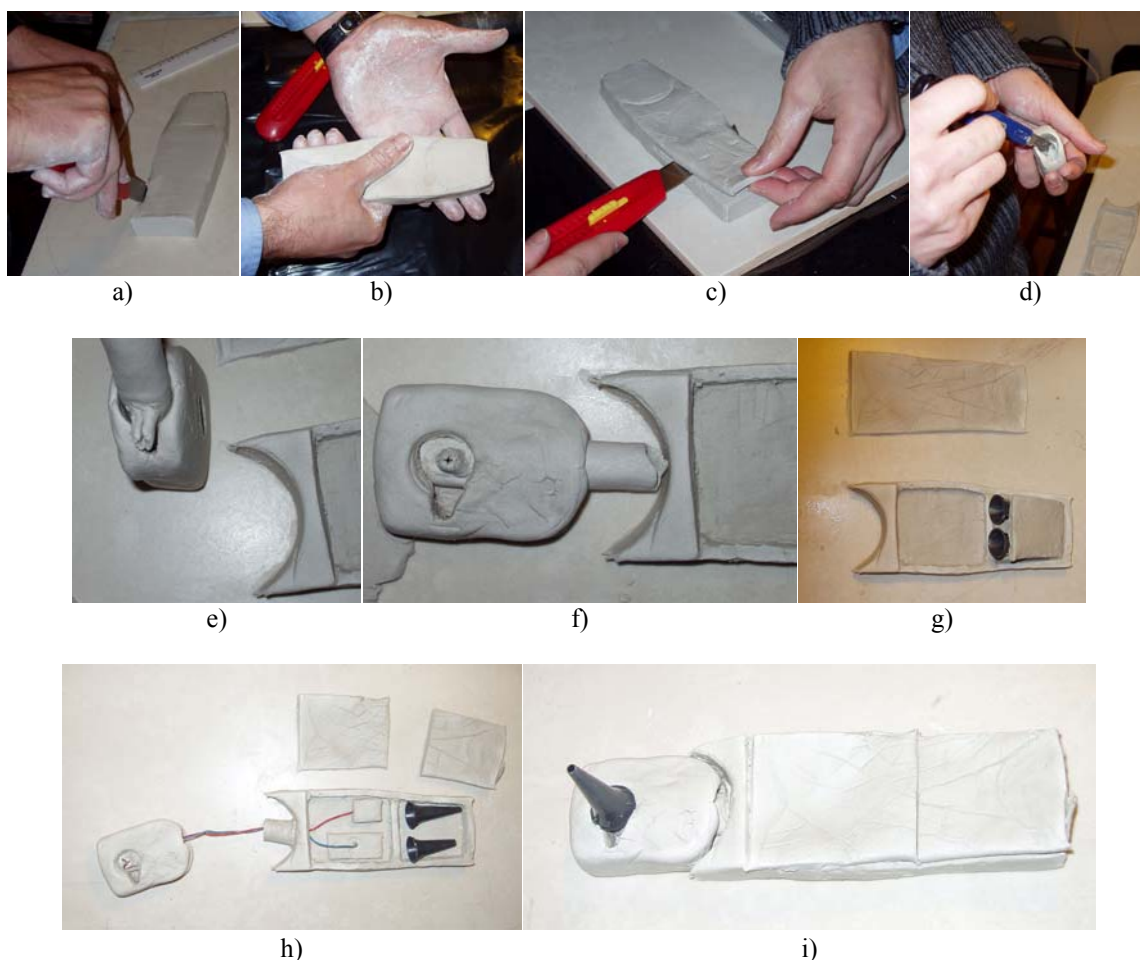


Figura 7.2: Modelação em pasta do otoscópio óptico-electrónico: a) corte do conjunto em bruto; b) demarcação das zonas ergonómicas; c) e d) remoção de material e concepção das cavidades; e) encaixe dos componentes; f) veio rotativo para recepção do espéculo; g) gaveta para espéculos; h) simulação do princípio de funcionamento; i) aspecto final do conjunto.

7.2.1 Modelo_1

O otoscópio óptico-electrónico *modelo_1*, é uma aproximação máxima à realidade imposta pelo protótipo concebido e testado, de forma a potencializar a sua exequibilidade e funcionalidade. Sendo assim, esta solução, propõe um estojo, a unidade de diagnóstico e um cabo de ligação entre estes, *Figura 7.3*.

O *modelo_1*, destina-se principalmente ao uso pelo profissional de saúde, devido à emissão de luz (R,G,B) disponível que poderá ser usado para diferentes finalidades; como por exemplo: pela combinação de cor (R,G,B) segundo o tipo de patologias a tratar através da cor (cromoterapia), [Wikipedia, 2006]; em oftalmologia, no contraste disponível pela cor azul para a visualização de úlceras provocadas pelo herpes na córnea.

A seguir são apresentados os dois elementos principais e integrantes do *modelo_1*, estojo e unidade de diagnóstico, segundo várias vistas, funcionalidades e principais aspectos construtivos.

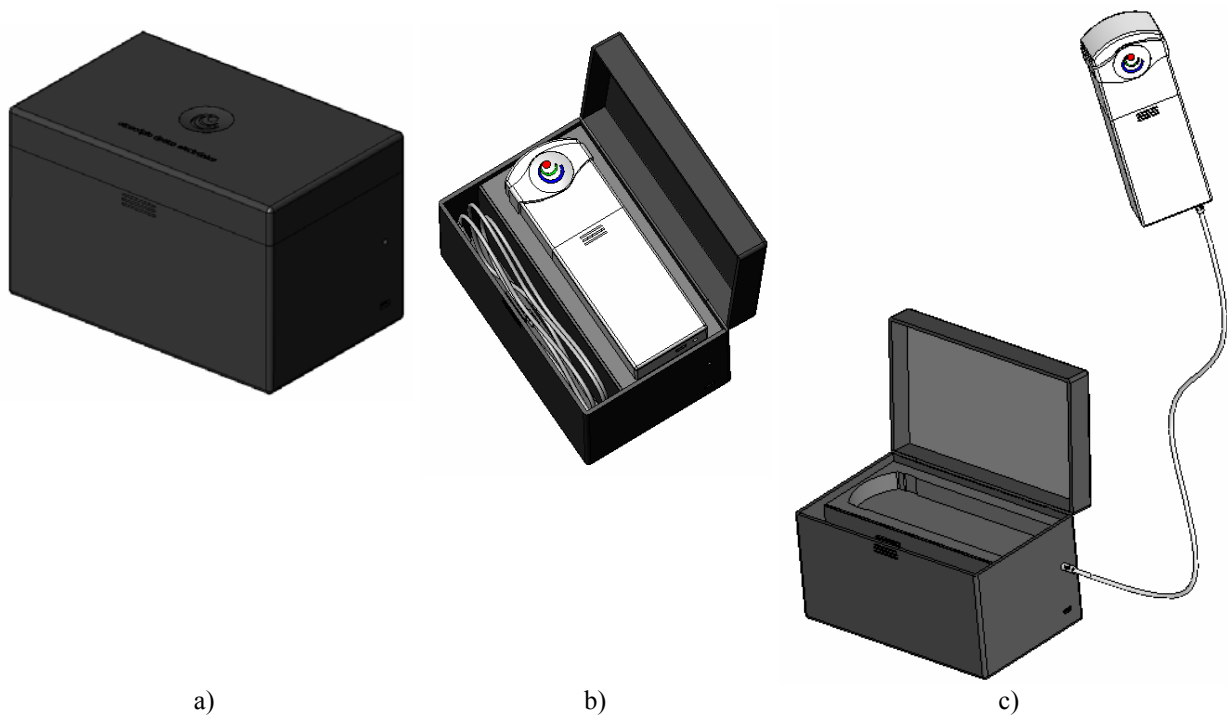


Figura 7.3: *Modelo_1* do otoscópio óptico-electrónico: a) estojo do otoscópio; b) alojamento da unidade de diagnóstico e do cabo de ligação no estojo; c) ligação do estojo à unidade de diagnóstico.

a) Estojo

O estojo é o elemento que permite a acomodação dos principais componentes electrónicos do dispositivo, da unidade de diagnóstico e do cabo que faz a ligação entre o estojo e a unidade de diagnóstico. As vistas exteriores do estojo são apresentadas na *Figura 7.4*.

As principais funcionalidades e aspectos construtivos do estojo são:

- Identificação do dispositivo, através do logótipo e da designação, gravado na tampa vista de cima, *Figura 7.5*;
- Antideslizamento, relativamente à superfície de contacto, através de apoios em polímero, situados na base do estojo, *Figura 7.6a*;
- Dissipação de calor, através das ranhuras existentes na base, situadas na zona do *led* emissor de cor (*R,G,B*), *Figura 7.6b*.

As ranhuras foram colocadas na zona do *led* emissor de cor devido à tendência deste componente para gerar calor. A elevação provocada pelos apoios antiderrapantes do estojo também contribui para esta dissipação.

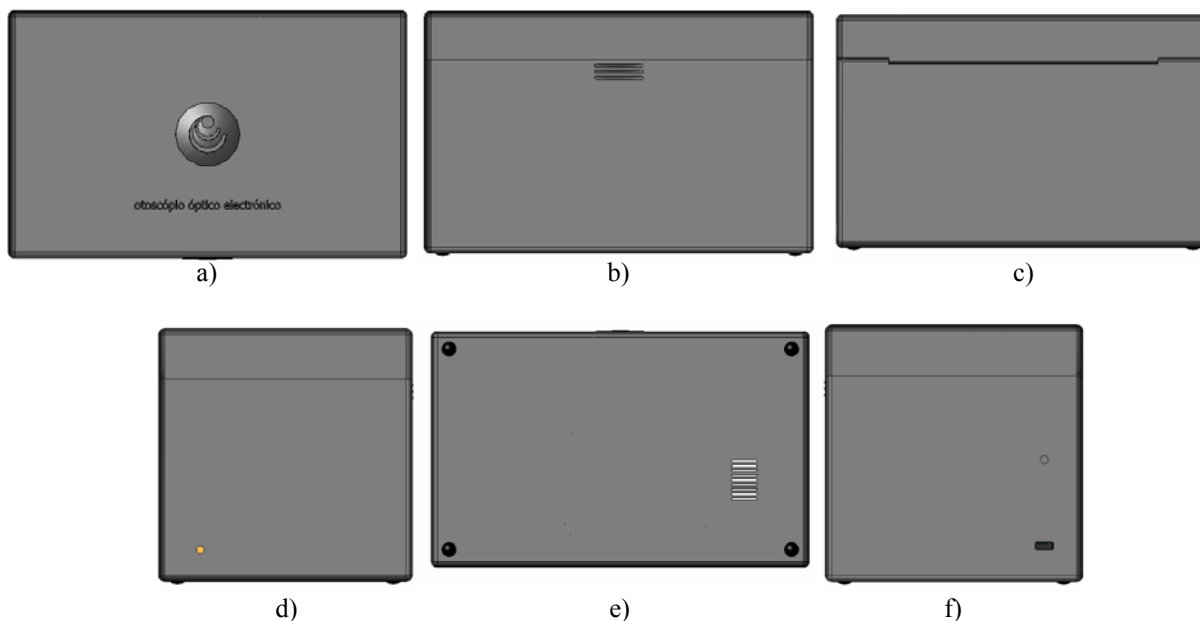


Figura 7.4: Vistas exteriores do estojo: a) vista de cima, tampa; b) vista de frente; c) vista de trás; d) vista lateral esquerda; e) vista de baixo; f) vista lateral direita.



Figura 7.5: Identificação do estojo: logótipo e designação do dispositivo gravados na sua tampa.

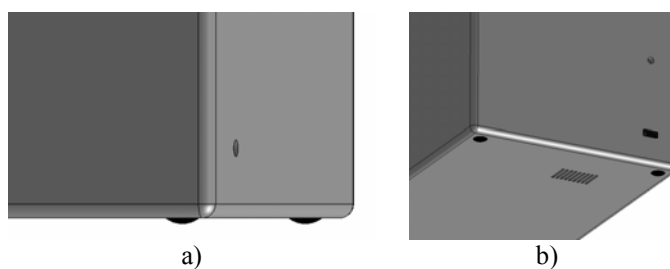


Figura 7.6: Aspectos construtivos e funcionais relativos à base do estojo: a) apoios antiderrapantes; b) ranhuras para ventilação e respectiva dissipação de calor.

- Alimentação, por energia eléctrica, do sistema electrónico, através do orifício existente no painel esquerdo, *Figura 7.7*, destinado ao acoplamento de um cabo para o efeito;
- Armazenamento de energia eléctrica através de bateria interna, *Figura 7.7*;

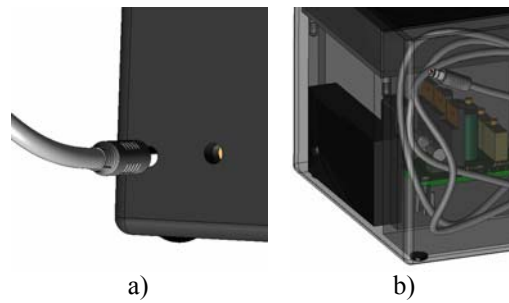


Figura 7.7: Aspectos construtivos e funcionais relativos ao painel esquerdo do estojo: a) orifício para alimentação energética da unidade de diagnóstico por cabo; b) bateria para armazenamento da energia e respectivo posicionamento no estojo.

- Fecho e abertura da tampa do estojo, através de um mecanismo comum entre a tampa e o corpo do estojo. A abertura da tampa faz-se pressionando a zona demarcada nos frisos em relevo situados no painel frontal junto à tampa na zona central, *Figura 7.8*;

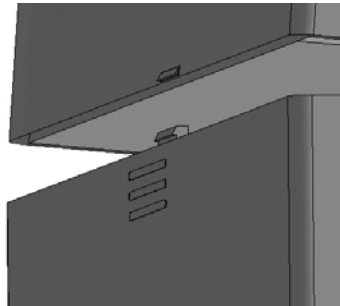


Figura 7.8: Mecanismo de fecho da tampa do estojo.

- Abertura da tampa do estojo através de uma dobradiça existente entre a tampa e o corpo do estojo. O movimento de rotação da tampa é garantido pelo veio comum, introduzido nos furos passantes entre a tampa e o corpo do estojo, *Figura 7.9*;

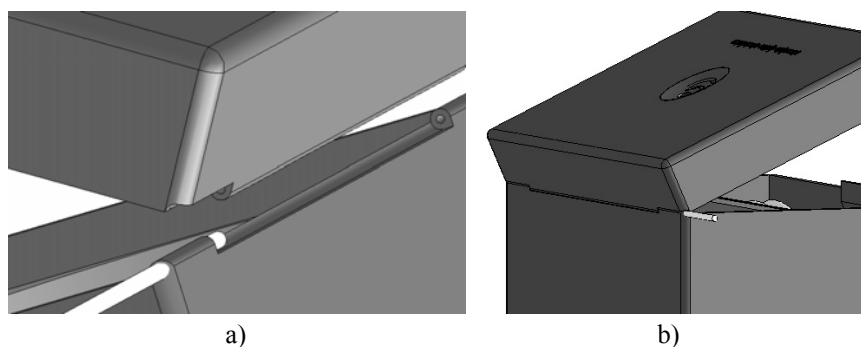


Figura 7.9: Aspectos construtivos e funcionais relativos ao painel de trás: a) montagem da dobradiça; b) aspecto da dobradiça após a montagem dos elementos que a compõem, e pormenor do movimento de rotação sobre o veio fixador.

- Transmissão de dados e variação de parâmetros, através de sistema *Bluetooth* existente no painel direito, *Figura 7.10*;
- Acoplamento entre o estojo e a unidade de diagnóstico, através de um cabo transmissor das grandezas eléctricas e ópticas, pelo orifício situado no painel direito, *Figura 7.10*;

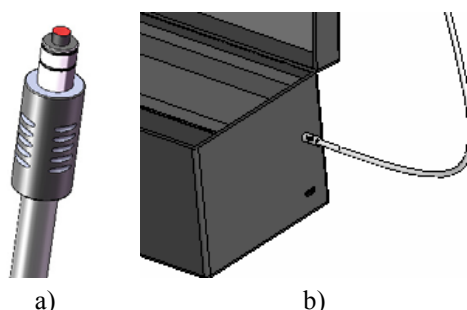


Figura 7.10: Aspectos construtivos e funcionais relativos ao painel direito do estojo: a) conector do cabo para a transmissão de grandezas eléctricas e ópticas entre o estojo e a unidade de diagnóstico; b) cabo acoplado ao estojo e sistema *Bluetooth* situado no painel direito, junto ao vértice inferior direito.

- Protecção da unidade de diagnóstico através da espuma existente no estojo, no corpo e no interior da tampa, que absorve os impactos e, pela sua conformação, garante a posição da unidade de diagnóstico dentro do estojo, *Figura 7.11*;
- Alojamento do cabo transmissor das grandezas eléctricas e ópticas entre o estojo e a unidade de diagnóstico, *Figura 7.11*;
- Acesso e separação entre os componentes electrónicos do estojo e o alojamento da unidade de diagnóstico, através de uma placa fixa por parafusos aos posicionadores em altura existentes na estrutura base do estojo. O acesso à placa divisória é feito após a remoção da espuma que aloja a unidade de diagnóstico, *Figura 7.11*. A fixação da placa por parafusos facilita o acesso ao sistema electrónico;
- Alojamento dos componentes electrónicos, nomeadamente, a bateria para armazenamento da energia eléctrica, placa electrónica principal do sistema, sensor de cor (R,G,B) e respectiva placa electrónica conversora, *led* emissor de luz (R,G,B) e respectiva lente, vedante, cápsula e suporte em alumínio (usado como dissipador de calor), *Figura 7.12*;
- Os componentes electrónicos situados no interior do estojo, foram desenhados à escala real, à excepção da bateria recarregável, placa electrónica principal do sistema, suporte do *led* emissor de luz (R,G,B), e do dissipador de calor em alumínio, componentes que foram desenhados com dimensões adaptáveis ao estojo, sem colocar em causa a sua viabilidade construtiva e tecnológica;

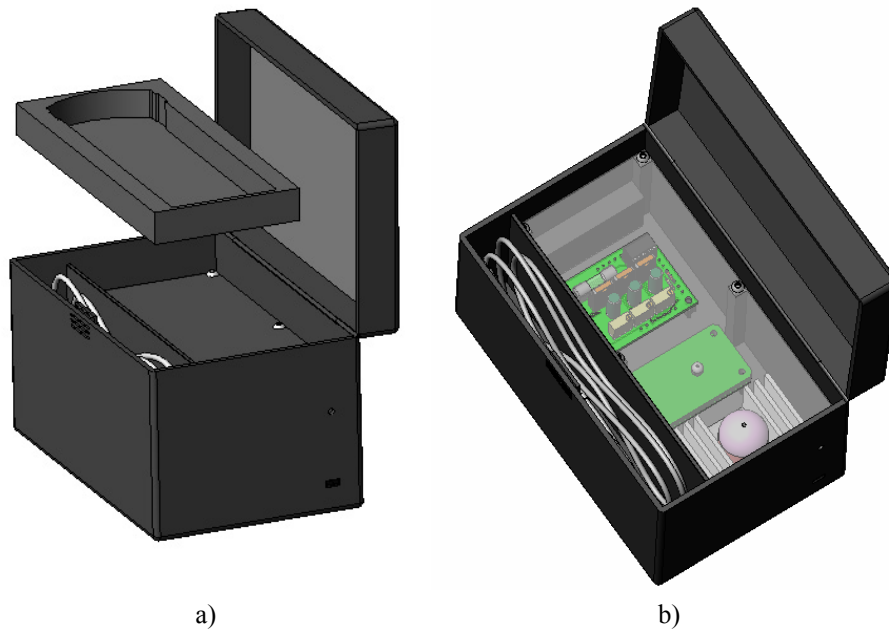


Figura 7.11: Aspectos construtivos e funcionais relativos ao interior do estojo: a) espuma protectora da unidade de diagnóstico e tampa separadora dos componentes electrónicos; b) pormenor do alojamento do cabo ligação e dos componentes electrónicos no estojo.

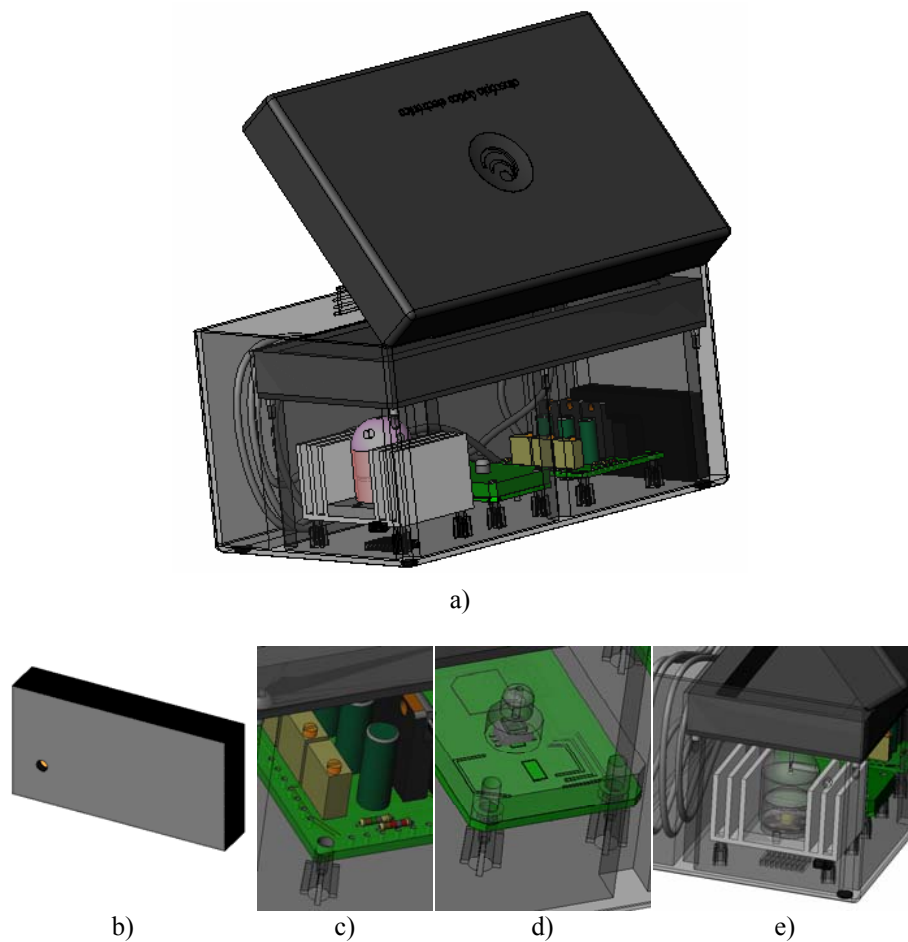


Figura 7.12: Alojamento dos componentes electrónicos: a) disposição dos componentes no interior do estojo; b) bateria para armazenamento de energia eléctrica; c) placa electrónica principal; d) sensor de cor (R,G,B) e respectiva placa electrónica conversora; e) led emissor de luz (R,G,B) e respectiva lente, vedante, cápsula e suporte em alumínio.

- Os componentes electrónicos são fixos por parafusos, sobre apoios existentes no fundo do estojo, *Figura 7.12*, de forma a garantir a distância de segurança dos componentes ao corpo do estojo e facilitar a sua ventilação.

b) Unidade de diagnóstico

A unidade de diagnóstico é o elemento que permite a observação e interacção da tecnologia óptica e pneumática, entre o dispositivo e a membrana timpânica do doente, de forma a auxiliar o profissional de saúde no diagnóstico das patologias do ouvido médio. As vistas exteriores da unidade de diagnóstico são apresentadas na *Figura 7.13*.

As principais funcionalidades e aspectos construtivos da unidade de diagnóstico são:

- Identificação do otoscópio óptico-electrónico, através do logótipo situado na tampa da unidade de diagnóstico, *Figura 7.13*;
- Protecção da lente e fibra óptica, aplicada no cone de fixação do espéculo, através da tampa móvel, *Figura 7.14*;
- Ampliação do tímpano através de lente e orifício concêntrico com o espéculo. *Figura 7.14*;
- Fixação da tampa, na sua posição de fechada e aberta, pelos ressaltos situados no rasgo lateral, *Figura 7.14*;
- Iluminação da membrana do tímpano, através da fibra óptica aplicada e truncada na extremidade do cone que suporta os espéculos, *Figura 7.15*.

Notas:

O mecanismo para o posicionamento da fibra óptica no espéculo, proposto no esboço, *Figura 7.1 e 7.2*, modelado em *SolidWorks*, *Figura 7.16*, permite o movimento por rotação de um veio interno, posicionador da fibra óptica no cone receptor do espéculo. O objectivo deste mecanismo era o de aproximar ao máximo o *redesign* proposto para o protótipo, de forma a garantir a sua funcionalidade. Contudo, o mesmo foi abandonado, em detrimento da solução apresentada na *Figura 7.15*, fibra truncada na extremidade do cone receptor do espéculo, pelos seguintes factores:

- Inconsistência do dispositivo, relativamente à distância da fibra à ponta do espéculo, pela necessidade do uso de diferentes tamanhos de espéculos segundo a idade do doente ou prognóstico associado à patologia;

- Os valores das medições registadas nos ensaios laboratoriais, apresentados no Capítulo 6, distância das fibras à imagem (ver *Anexo 7, Tabela A7.8*), estimam resultados favoráveis na aplicação de uma fibra, única, que internamente agrupe a emissora e receptora na ponta do cone do dispositivo, destinada ao acoplamento dos espéculos, sem prejuízo da funcionalidade do otoscópio óptico-electrónico.

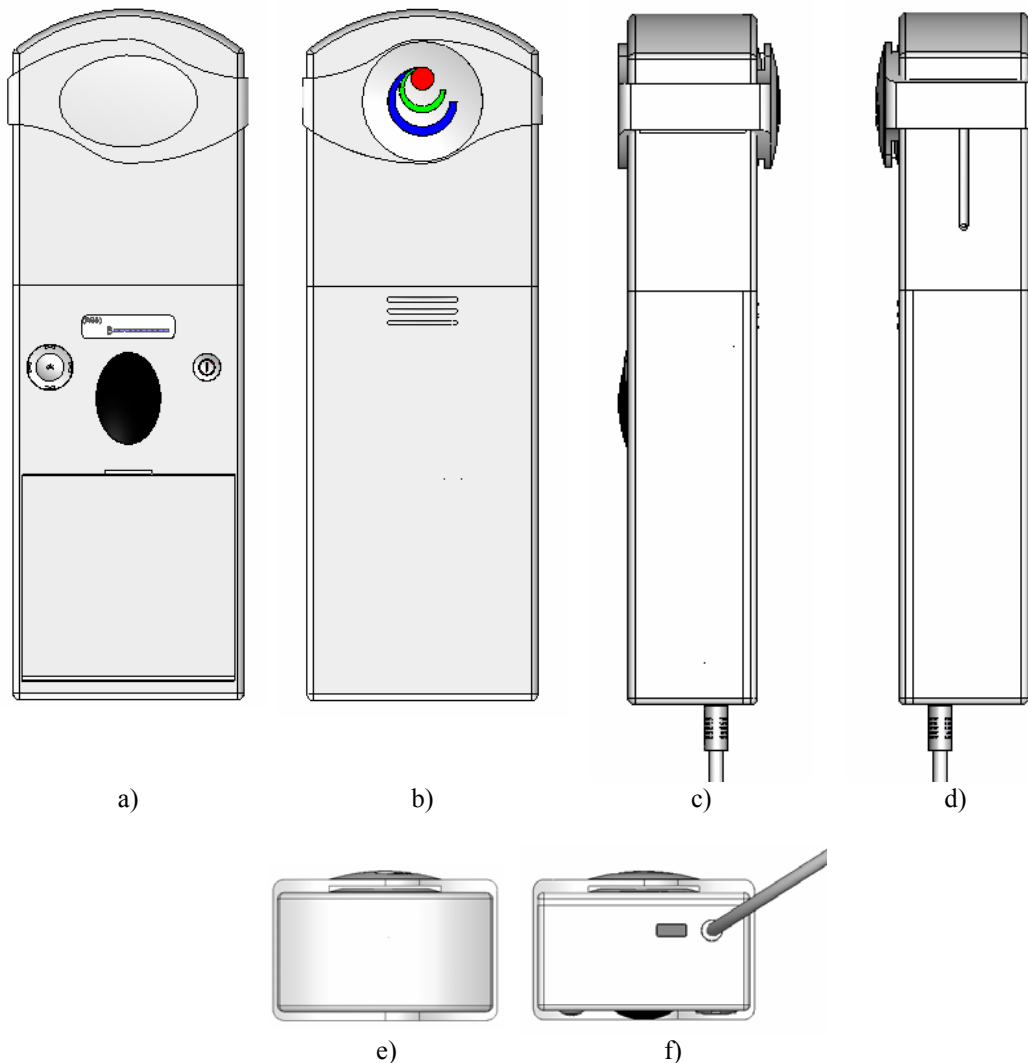


Figura 7.13: Vistas exteriores da unidade de diagnóstico: a) vista frente; b) parte de trás; c) vista lateral esquerda; d) vista lateral direita; e) vista de cima; f) vista de baixo.

A solução construtiva, com a fibra truncada na extremidade do cone receptor dos espéculos, apresentada no *redesign* final, *Figura 7.15*, confere uma maior consistência ao sistema em diversos aspectos:

- Protecção da própria fibra óptica, evitando degradação pelo movimento e acomodação idealizado inicialmente;

- Impossibilidade de obstrução da fibra óptica, posicionada próxima da ponta do espéculo, pela cera existente no canal auditivo, que põe em causa a transmissão da luz, facto constatado nos ensaios clínicos realizados com o protótipo;
- Simplicidade no processo produtivo, baixa manutenção requerida e custos reduzidos associados;
- Sistema pneumático incorporado no corpo da unidade de diagnóstico, através de uma membrana situada na zona central para gerar ar comprimido. O ar comprimido é conduzido por um tubo até à face do cone receptor dos espéculos, *Figura 7.17*. A posição central da membrana no corpo da unidade de diagnóstico tem como objectivo facilitar a operação de pressurização, de forma a minimizar a variação da posição do espéculo relativamente à membrana timpânica. A vibração da membrana do tímpano, origina um diferencial na distância da membrana à fibra receptora e uma consequente variação na intensidade de luz reflectida pela membrana. O sensor de cor (R,G,B) e respectiva placa conversora detectam essas pequeníssimas variações e os resultados são visíveis no *display*, ajudando a avaliar a mobilidade da membrana. A saída do ar no cone receptor do espéculo minimiza a possibilidade de embaciamento da lente, *Figura 7.17*.

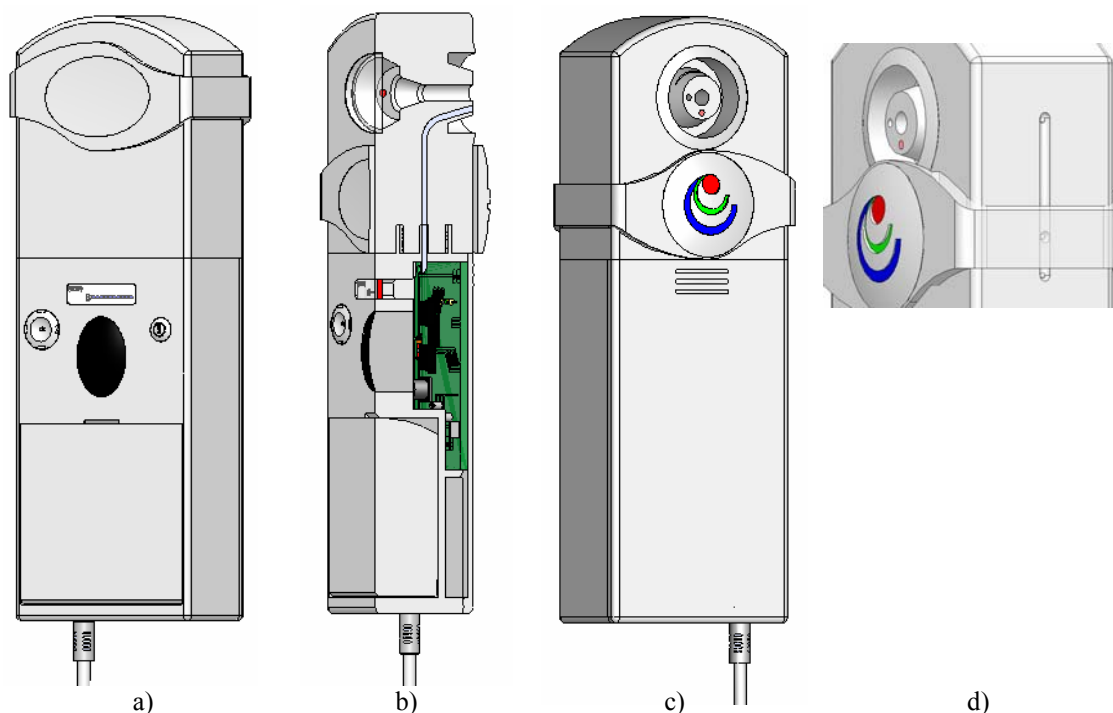


Figura 7.14: Vistas exteriores da unidade de diagnóstico: a) da unidade de diagnóstico com a tampa na posição fechada; b) visualização em corte do canal condutor da fibra óptica ao cone receptor dos espéculos; c) unidade de diagnóstico com a tampa aberta e logótipo gravado na mesma; d) ressaltos que fixam a tampa nas posições de fechada e aberta.

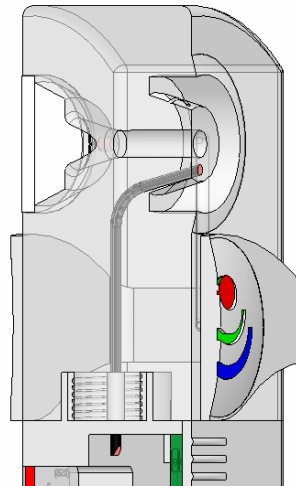


Figura 7.15: Iluminação através da fibra óptica truncada na extremidade do cone que suporta os espéculos.

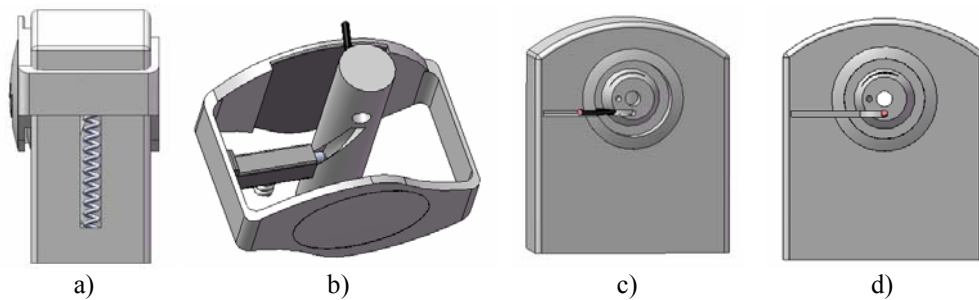


Figura 7.16: Mecanismo posicionador da fibra óptica no espéculo: a) tampa na posição de fechado pela acção de uma mola e ressalto; b) mecanismo que origina o movimento de rotação do veio posicionador da fibra óptica; c) movimentação da fibra pelo alojamento; d) fibra na posição final, ao centro da zona inferior do cone receptor do espéculo.

- Armazenamento de espéculos, na gaveta, compartimentada e móvel, acessível no painel frontal na zona inferior do corpo, *Figura 7.18*. Para facilitar a abertura da gaveta, existe uma ranhura no seu topo. As suas posições de aberta e fechada são garantidas por ressaltos e o curso de abertura é limitado por batentes de forma a evitar a queda e consecutiva contaminação dos espéculos, *Figura 7.18*.

No interior da gaveta existe uma divisória conformada para a acomodação dos espéculos, e no fundo da mesma um rebordo para garantir a posição dos espéculos, evitando o contacto com as paredes da unidade de diagnóstico, *Figura 7.17*. As formas das paredes internas da gaveta foram concebidas com o objectivo de facilitar a acomodação e remoção dos espéculos e ainda facilitar operações de limpeza.

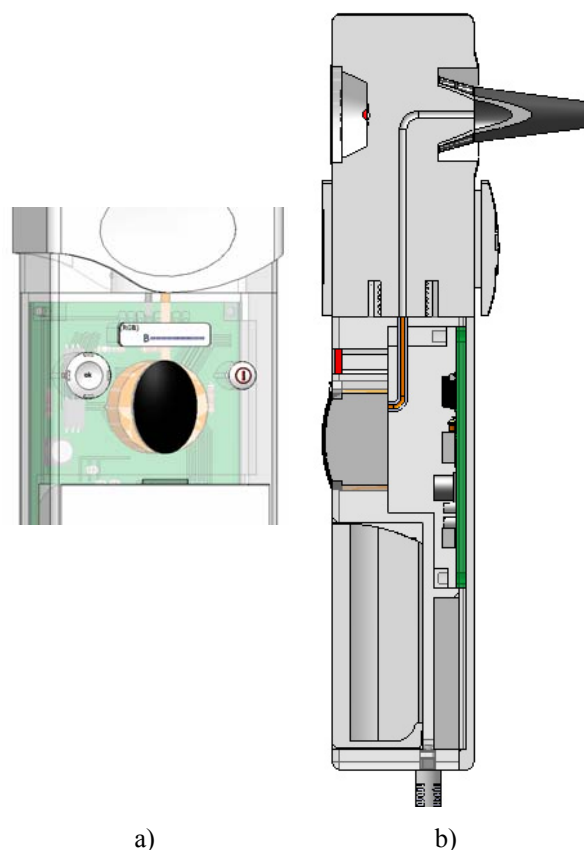


Figura 7.17: Sistema pneumático incorporado na unidade de diagnóstico: a) imagem em transparência onde se pode verificar a membrana para gerar ar comprimido; b) análise em corte onde se pode visualizar a posição do canal condutor do ar comprimido ao cone suporte do espéculo.

- Fixação dos espéculos sobre o cone receptor de espéculos da unidade de diagnóstico, através da roscagem do espéculo pelo ressalto esférico existente na zona cónica interna do espéculo, sobre o rasgo em espiral existente no cone receptor, *Figura 7.19*. O rasgo existente no cone receptor de espéculos possui um batente limitador do movimento de roscagem, *Figura 7.19*. A fixação, segundo o princípio construtivo proposto, garante a orientação da emissão e recepção da luz pela fibra óptica à zona central da extremidade do cone do espéculo, sem prejuízo da funcionalidade, *Figura 7.19*.

Notas:

O mecanismo para a fixação dos espéculos foi também objecto de análise, tendo-se idealizado a fixação dos espéculos fazendo-se o aproveitamento da tampa protectora da lente e da fibra óptica emissora e receptora, através da compressão feita pela tampa sobre o espéculo por acção de uma mola incluída no mecanismo, *Figura 7.20*. Contudo, a solução que aparentemente permitia uma maior liberdade na fixação e

utilização de espéculos de diferentes tipos e formas foi abandonada em detrimento da solução apresentada no *redesign* final, *Figura 7.19*, rasgo para a fixação de espéculos desenhados exclusivamente para a unidade de diagnóstico, devido aos seguintes factores:

- Necessidade de garantir o ajuste adequado do espéculo para que a orientação da emissão e recepção da luz pela fibra óptica não seja posta em causa, *Figura 7.17*;
- Previsão de possível desconforto provocado pela tampa que, para fixar o espéculo, contacta mais com o pavilhão auditivo, (orelha), *Figura 7.20*;
- Diminuição do comprimento útil do espéculo, relativamente ao tímpano, provocado pela tampa em contacto com a orelha;
- Diversidade de modelos e formas construtivas disponíveis no mercado, Capítulo 5, *Figura 5.2*, que apresentam risco elevado de falha no ajuste do espéculo ao cone receptor, pondo em causa a orientação da emissão e recepção da luz pela fibra e consecutiva perda de confiança nos valores medidos e registados pelo protótipo;
- Aumento do custo de produção e manutenção, devido ao mecanismo de movimento e ao desgaste da mola que garante a pressão da tampa sobre o espéculo, *Figura 7.20*;

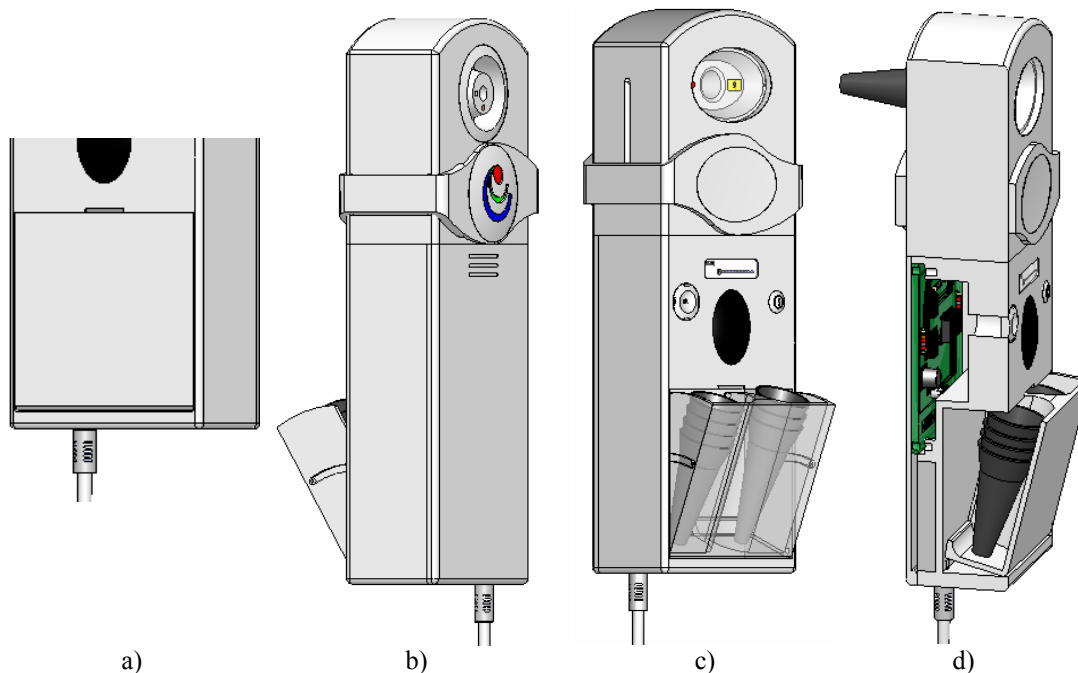


Figura 7.18: Armazenamento dos espéculos: a) ranhura para facilitar a abertura da gaveta; b) curso para a abertura da gaveta e ressaltos fixadores; c) imagem em transparência onde é visível a acomodação dos espéculos; d) imagem em corte para visualização do interior da gaveta, principalmente o rebordo existente no fundo para garantir a posição correcta dos espéculos.

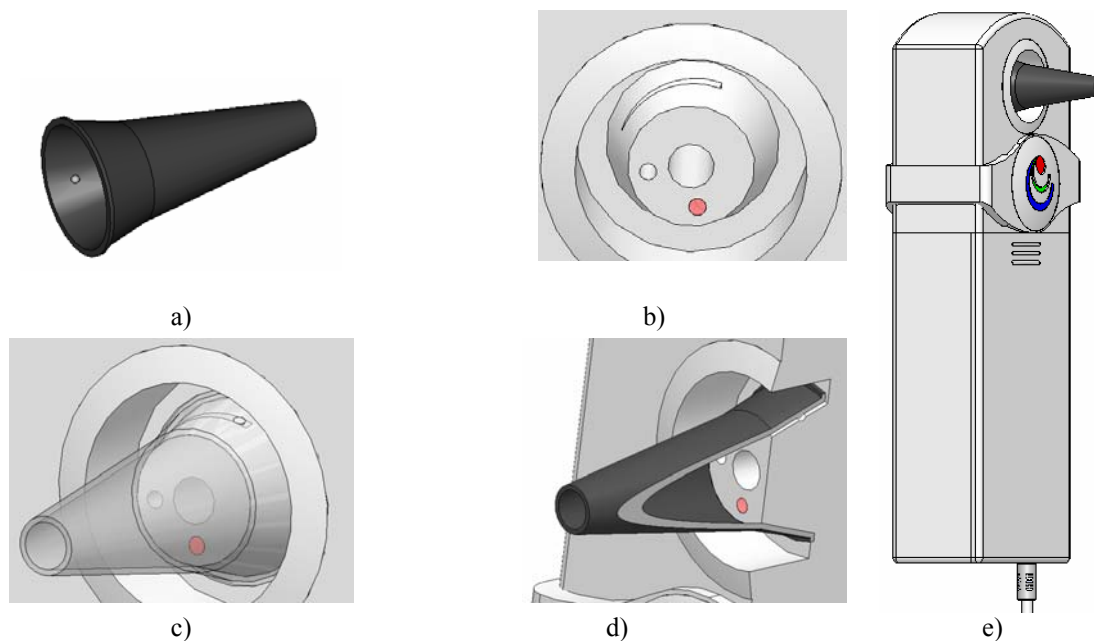


Figura 7.19: Fixação dos espelhos no cone receptor de espelhos da unidade de diagnóstico: a) espelho e ressalto esférico interno; b) rasgo existente no cone para roscagem dos espelhos; c) transparência para visualização da roscagem do ressalto esférico do espelho sobre o rasgo do cone receptor; d) imagem em corte do ressalto e rasgo; e) aparência do espelho fixo na unidade de diagnóstico.

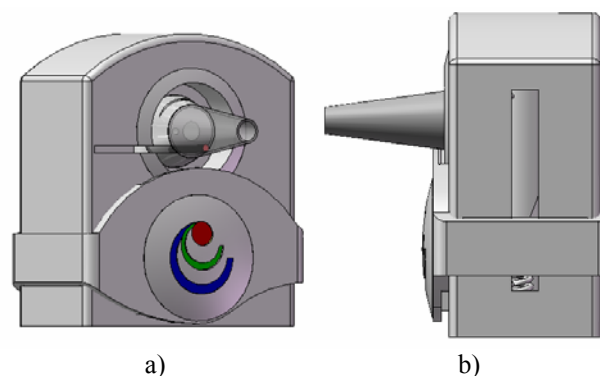


Figura 7.20: Fixação dos espelhos através da tampa protectora da lente e fibra: a) *design* da tampa adaptado para a fixação do espelho; b) vista lateral da tampa a fixar o espelho por acção da mola existente no rasgo lateral da cabeça da unidade de diagnóstico.

- Registo numérico e sinalizador luminoso interno, existente na zona de visão do observador localizada na cabeça da unidade de diagnóstico para confirmação do diagnóstico, *Figura 7.21*. A cor vermelha do sinalizador luminoso, *led*, indica a existência de patologia no ouvido médio;

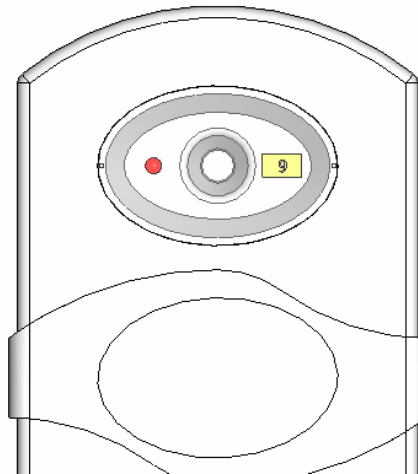


Figura 7.21: Registo numérico e sinalizador luminoso.

- Botões de alimentação e de navegação que permitem a selecção de parâmetros disponibilizados pela unidade de diagnóstico, *Figura 7.22*, como por exemplo: acesso a base de dados, ajuste de parâmetros de cor para variação da tonalidade da luz emitida, que devidamente controlada poderá ser aplicada no tratamento de patologias, tratamento pela cor, como a cromoterapia [Ouvido, 2005; Wikipédia, 2005];
- Visualização da informação disponibilizada pelo dispositivo no *display* externo localizado na parte superior do corpo, *Figura 7.22*;

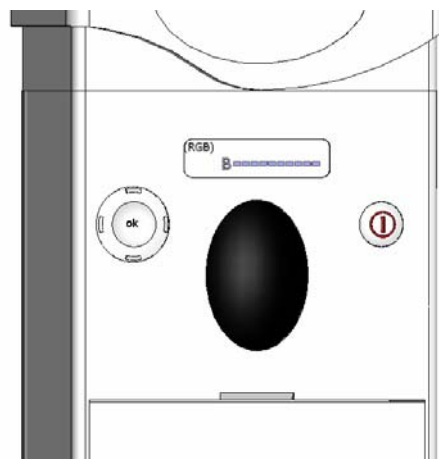


Figura 7.22: Botões de alimentação, de navegação e *display* informativo

- Orifício de conexão para o cabo que conduz a fibra óptica e os condutores electrónicos entre o estojo e a unidade de diagnóstico, *Figura 7.23b*;
- Sistema *Bluetooth* para a transmissão de dados e ajuste de parâmetros, *Figura 7.23*;

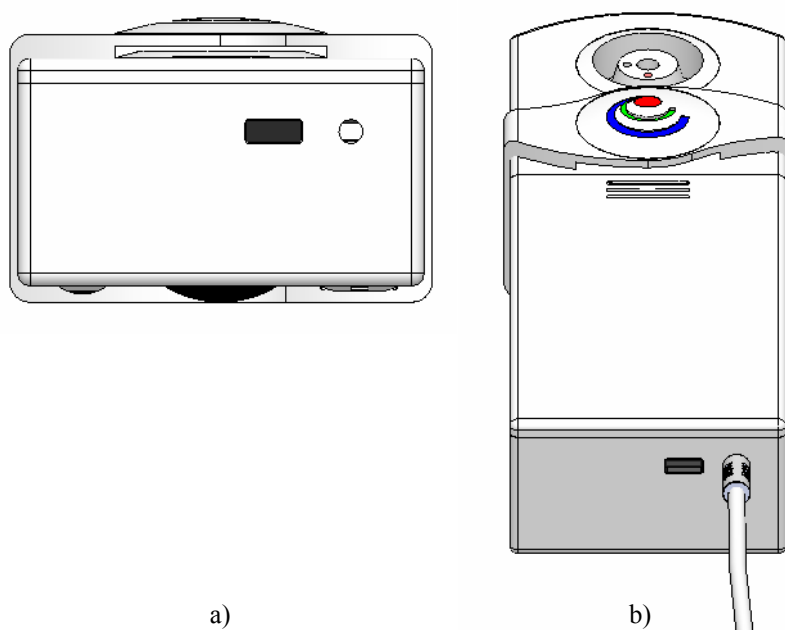


Figura 7.23: Transmissão de dados: a) sistema *Bluetooth* para transmissão de dados e ajuste de parâmetros e orifício (tomada) para o acoplamento do cabo condutor entre a unidade de diagnóstico e o estojo; b) pormenor do acoplamento do conector e respectivo cabo na unidade de diagnóstico.

- Acesso à placa electrónica existente na unidade de diagnóstico, através da remoção da tampa deslizante existente no painel traseiro da unidade de diagnóstico. A tampa desliza nas calhas laterais, depois de pressionada a zona com frisos em relevo e possui elementos fixadores, por sistema de ressalto, para a posição de fechada e aberta, *Figura 7.24*;
- Sistema de encaixe, para acoplamento da cabeça ao corpo da unidade de diagnóstico, *Figura 7.25*. No encaixe rápido, existe uma guia para posicionamento, e a fixação entre o corpo e a cabeça é feita por ressaltos esféricos. Este encaixe rápido tem como objectivo garantir a correcta posição dos componentes e consecutiva transmissão das grandezas do corpo à cabeça da unidade de diagnóstico. O mesmo encaixe permite o fácil acesso à zona roscada do casquilho adaptável em alumínio, existente na zona central do elemento de encaixe, situado no topo do corpo da unidade de diagnóstico, para diferentes tipos de dispositivos existentes no mercado, independentemente da sua função, que possam beneficiar da tecnologia disponibilizada pelo otoscópio óptico-electrónico;

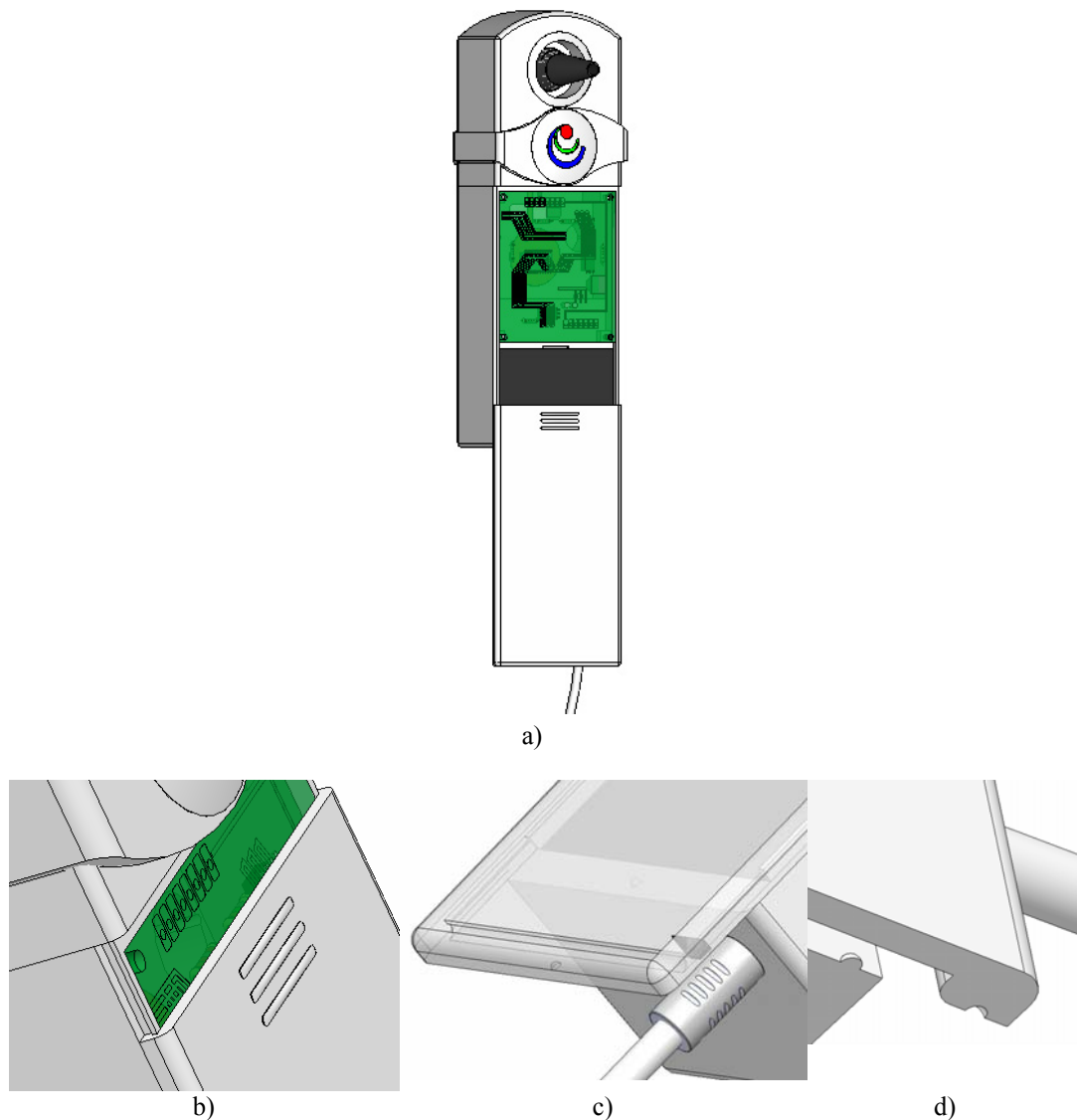


Figura 7.24: Remoção da tampa que permite o acesso à bateria e aos componentes electrónicos: a) tampa deslizando; b) calha lateral para o deslize da tampa e frisos em relevo para auxílio da abertura; c) figura em transparência para visualização do ressalto fixador da posição aberto e fechado da tampa; d) ressalto em corte.

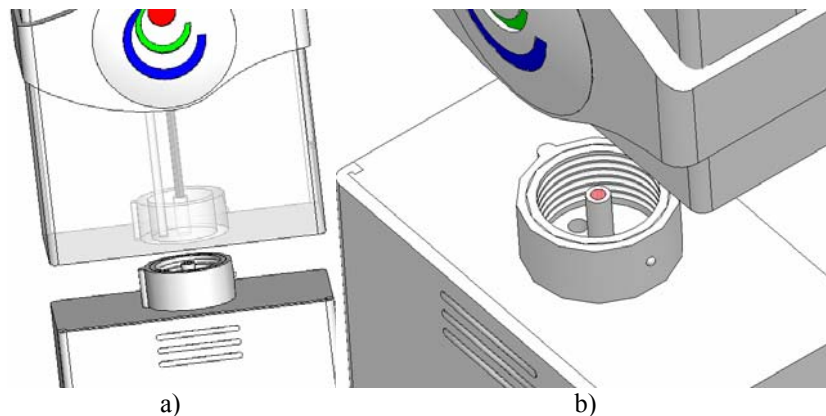


Figura 7.25: Sistema de encaixe para acoplamento do corpo e a cabeça da unidade de diagnóstico ou de um outro dispositivo compatível: a) imagem em transparência onde se pode verificar a guia para o encaixe e o ressalto esférico para a fixação; b) casquilho roscado para a utilização de outros dispositivos.

7.2.2 Modelo_2

Tendo-se verificado nos ensaios com o protótipo que os resultados obtidos através da iluminação feita por uma lâmpada de halogéneo, lâmpada já existente no otoscópio utilizado para a realização dos ensaios laboratoriais, eram idênticos aos resultados obtidos através do *led* emissor de luz (R,G,B) (ver Anexo A7, Tabela 7.16 e Anexo A8, Tabela A8.1, registo n.º 35.1), foi idealizado o *modelo_2* que permite todas as funcionalidades do *modelo_1* com a excepção do controlo da cor.



Figura 7.26: *Modelo_2* para o otoscópio óptico-electrónico: a) visualização do modelo; b) placa electrónica onde se visualiza a lâmpada de halogéneo; c) espéculo fixo no cone e emissão de luz branca pela fibra óptica; d) elementos de comando e *display*.

Este modelo por não incluir a tecnologia para à obtenção da cor, *Figura 7.26*, permite um sistema electrónico menos complexo, *Figura 7.27*, sendo as dimensões da placa electrónica

adequadas ao *redesign* do otoscópio, tornando o *modelo_2* independente do estojo comparativamente com o *modelo_1*.

7.2.3 Modelo_3

O otoscópio óptico-electrónico *modelo_3* permite todas as funcionalidades do *modelo_1*, com a particularidade de conter internamente todo o sistema electrónico, *Figura 7.27*, particularidade essa que permite excluir a dependência ao estojo. Contudo, este modelo prevê a adaptação total da tecnologia à necessidade construtiva.

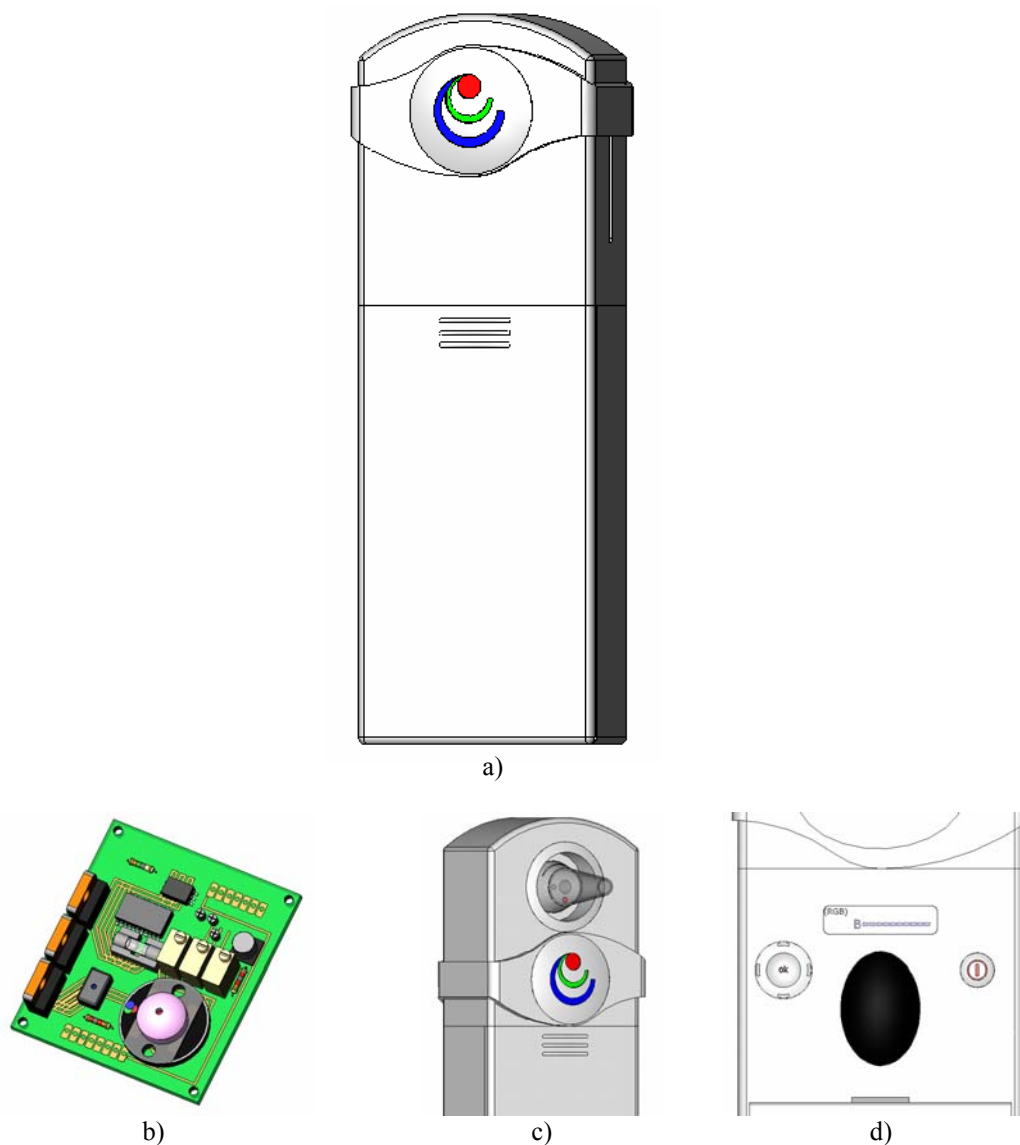


Figura 7.27: *Modelo_3* do otoscópio óptico-electrónico: a) visualização do modelo; b) placa electrónica onde se visualiza o *led* emissor de luz (*R,G,B*) e o sensor de cor (*R,G,B*), incorporados na mesma placa electrónica; c) pormenor do espéculo fixo no cone e emissão de luz colorida pela fibra óptica; d) pormenor dos elementos de comando e do *display*.

7.3 Dimensões

Para que se possa fazer um julgamento sobre o tamanho do estojo e do otoscópio, são apresentadas na *Figura 7.28a*, as dimensões principais do estojo e na *Figura 7.28b*, as do otoscópio.

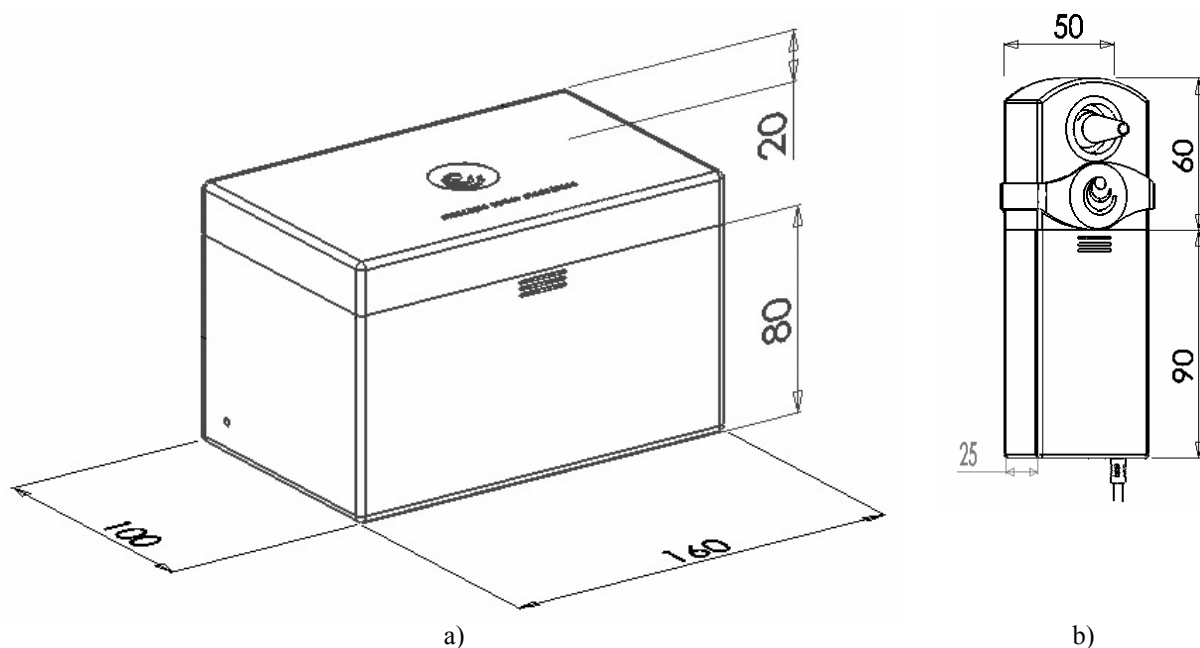


Figura 7.28: Dimensões principais do estojo e do otoscópio: a) dimensões do estojo; b) dimensões do otoscópio.

7.4 Logótipo

Ao otoscópio óptico-electrónico foi atribuído um logótipo identificativo, *Figura 7.29*.

A marca criada tem como conceito base a luz, elemento fundamental no desenvolvimento do projecto em questão. A convergência luminosa para um ponto fulcral, está directamente fundamentada com os pressupostos de diagnóstico das patologias do ouvido médio.

Graficamente, assenta numa construção geométrica de formas simples: arcos resultantes das intersecções de círculos que se tocam num ponto. Em última análise, uma “discreta” referência visual ao ouvido humano. Em termos cromáticos, uma clara opção pelas três cores/luz primárias (*Red, Green, Blue*) usadas.



Figura 7.29: Logótipo do otoscópio óptico-electrónico.

7.5 Sumário

Este capítulo encerra a materialização dos conceitos, refinados, pelo *design* final do otoscópio óptico-electrónico, segundo os objectivos definidos para o mesmo.

Numa primeira fase, a reflexão e definição dos parâmetros a introduzir no *redesign* foi de grande importância, pois permitiu direccionar todo o desenvolvimento para a satisfação das necessidades do consumidor identificadas no Capítulo 4, oferecendo ainda inovação tecnológica diferenciadora capaz de tornar o dispositivo viável e de eleição para o diagnóstico das doenças do ouvido médio.

Na segunda fase, o *redesign* do protótipo em *SolidWorks* foi fundamental para testar todos os conceitos e refinar o *design* do mesmo segundo diferentes aspectos construtivos e tecnológicos, traçando bases orientadoras para desenvolvimentos futuros, no que diz respeito ao dispositivo e às suas funcionalidades. Procurou-se que o *redesign* fosse o mais abrangente possível, para garantir a adequada adaptação a dispositivos já existentes no mercado e a desenvolver futuramente de forma a rentabilizar o princípio de funcionamento óptico.

Por fim, a identificação do otoscópio óptico-electrónico com o logótipo concebido, faz sobressair no dispositivo todo o seu carácter inovador.

Capítulo 8

Conclusões Finais e Perspectivas de Desenvolvimento Futuro

8.1 Conclusões Finais

Neste relatório, foram apresentadas as principais etapas da concepção e desenvolvimento do sistema óptico-electrónico desenvolvido ao longo desta Dissertação.

No que diz respeito à metodologia aplicada, segundo o processo genérico interactivo e dinâmico [Ulrich, 2003], concluiu-se que é fundamental seleccionar, adaptar e definir a metodologia que servirá de base às diferentes etapas dos trabalhos a realizar, pois só assim se poderão rentabilizar recursos humanos e tecnológicos.

A metodologia adoptada neste trabalho chama a atenção para determinados factores associados a projectos desta natureza; como, por exemplo: a identificação e clarificação de intenções, os objectivos definidos e compreendidos, o envolvimento adequado da parte dos elementos orientadores, os apoios financeiros adequados, a motivação e harmonia, a liberdade, a responsabilidade, o companheirismo e a confiança entre todos os elementos envolvidos no projecto, assim como a gestão de toda a equipa e da sua interdisciplinaridade. Foram confirmadas, ao longo da realização dos trabalhos, a importância incondicional de todas estas considerações, que caso falhem, podem colocar em risco o projecto.

No que diz respeito à fase do estudo da anatomia e fisiologia do ouvido humano, concluiu-se que esta etapa foi indispensável para a compreensão do problema, motivação e estímulo para que a equipa direccionasse o conhecimento e concentrasse os esforços na tentativa de encontrar soluções para satisfazer as necessidades sociais envolvidas.

A fase de identificação das necessidades do consumidor, através de inquéritos e de troca de impressões com profissionais de saúde, validou a proposta de trabalho e permitiu identificar outras necessidades importantes e desconhecidas até então e que foram consideradas no desenvolvimento do produto. Por outro lado, os inquéritos promoveram a divulgação da iniciativa que gerou análise crítica, umas vezes positiva, verificada pelo interesse e satisfação relativamente à iniciativa, e outras vezes menos positiva, factores indicadores do grau de sucesso e aceitação do dispositivo pelo mercado, que num crescendo se verificou cada vez mais positiva.

A fase de concepção e desenvolvimento do protótipo permitiu: avaliar os conceitos; uma maior consciência sobre o custo, o tempo, as orientações e obrigações estabelecidas por lei para garantir a qualidade e segurança na concepção de dispositivos desta natureza; fazer uma avaliação entre o custo/benefício comparativamente com os dispositivos existentes no mercado para o mesmo objectivo, e a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de técnicas usadas na concepção e desenvolvimento do protótipo e modelação de conceitos.

Durante esta fase, surgiram diversas dificuldades associadas ao domínio tecnológico que impulsionaram a equipa a ultrapassar ou a redireccionar os objectivos estabelecidos. Os avanços e recuos inerentes ao projecto reforçaram a capacidade da equipa para o desenvolvimento de futuros projectos.

A fase dos ensaios ao protótipo foi extensiva devido à diversidade de parâmetros a controlar e a definir. Os ensaios permitiram detectar falhas na concepção que foram, na medida do possível, melhoradas.

Através dos ensaios realizados, puderam-se avaliar os resultados esperados e comprovar a capacidade do protótipo para colmatar as necessidades previamente identificadas.

Procurou-se explorar ao máximo alguns parâmetros principais que condicionariam o *redesign* do protótipo; como, por exemplo, o afastamento da fibra óptica à membrana do tímpano, uma vez que se verificou, durante os ensaios, que o desempenho do protótipo baixa significativamente à medida que se afasta a fibra da imagem a observar. Tal é devido ao cone de luz que se forma no interior do espéculo e condiciona a capacidade para que o sensor apresente uma resposta diferenciadora. Este facto foi objecto de análise na fase do *redesign* e deve ser considerado em desenvolvimentos futuros.

Ainda relativamente à fase dos ensaios, é de realçar a importância e o enriquecimento da confrontação dos conceitos e desenvolvimentos tecnológicos considerados em ambiente real, importância essa constatada durante os ensaios realizados com o protótipo no Hospital Pedro Hispano.

Relativamente ao *redesign* do protótipo, pode-se concluir que o mesmo proporcionou uma reflexão geral sobre todo o desenvolvimento, e permitiu explorar as possibilidades e a tomada de consciência dos condicionamentos, principalmente tecnológicos, estimulando possíveis projecções futuras.

O trabalho realizado disponibiliza um dispositivo inovador, óptico-electrónico, que incrementa oportunidades de melhoria do diagnóstico das patologias do ouvido humano, que se reflectirão numa maior satisfação por parte do utilizador e do doente e numa redução de custos associados a tratamentos incorrectos. Também se confirma que a aplicação do sistema óptico, no seu conjunto *led* emissor de luz (*R,G,B*), sensor de cor, fibra óptica (que garante uma boa condução da cor, [Wikipedia, 2006]) é uma mais valia a implementar e a desenvolver em projectos desta natureza. Este trabalho procura ainda estimular a investigação e melhoramento do sistema óptico-electrónico desenvolvido de forma a rentabilizar toda as suas potencialidades latentes.

8.2 Perspectivas de Trabalho Futuro

No futuro, o protótipo desenvolvido, poderá ser melhorado de forma a satisfazer diferentes necessidades (segundo o mesmo princípio de funcionamento), tais como:

- Incorporação de um sistema sonoro, que pode funcionar como elemento de entretenimento do doente a examinar, nomeadamente a criança, uma vez que o choro provoca aumento do rubor do tímpano, ou como elemento de diagnóstico relativamente à avaliação da capacidade auditiva do doente, bem como da mobilidade da membrana do tímpano;
- Desenvolvimento de um sistema para registo de exames destinado ao acompanhamento historial do doente e análise estatística;
- Ensaios com o dispositivo noutras áreas de aplicação, como por exemplo: em dermatologia, no diagnóstico do cancro da pele (melanoma) [INCA, 2006]; em estomatologia, na selecção da cor da massa de um dente a tratar, por comparação de cor; em oftalmologia, no contraste disponível pela cor azul para a visualização de úlceras provocadas pelo herpes na córnea; bem como em diferentes domínios segundo o princípio tecnológico disponibilizado pelo dispositivo;
- Desenvolvimento de base de dados baseadas na combinação de cor (R,G,B), segundo o tipo de patologias a tratar através da cor (cromoterapia), [Wikipedia, 2006].
- Testar a componente pneumática associada à tecnologia óptica, proposta no *redesign*, para o diagnóstico associado à mobilidade timpânica;
- Materializar os modelos propostos, modelados em *SolidWorks*, apresentados no Capítulo 7 (*Redesign*).

Bibliografia

[**Acústica, 2005**] – *Acústica*

Acústica - Produção do som; transmissão do som; qualidades do som

[http://www.unime.it/weblab/awardarchivio/ondulatória/acustica.htm#produção do som](http://www.unime.it/weblab/awardarchivio/ondulatória/acustica.htm#produção%20do%20som)
acesso em 8-11-2005

[**Allyn, 2006**] – *Welch Allyn-Medical Products*

Otoscópios

<http://www.welchallyn.com>

acesso em 23-11-2006

[**Antibióticos, 2006**] – *Antibióticos*

Uso correcto de antibióticos

<http://www.antibioticos.com.pt>

acesso em 14-07-2006

[**Bevan, 1986**] – *James Bevan*

O mundo da medicina enciclopédia familiar

2º Volume-A medicina e as práticas médicas

Resomnia Editores - 1986

[**Bluestone, 2005**] – *Charles D. Bluestone, Margaretha L. Casselbrant, Joseph E. Dohar, Tânia Sih*

Complexo Otite Média

<http://www.iapo.org.br/port/manual/2004manual/orelha/01.pdf>

acesso em 27-02-2007

[**Ciência, 2005**] – *Ciência Viva - Ministério da Ciência e da Tecnologia*

Constituição do sistema auditivo humano; perdas e prevenção da capacidade auditiva

http://telecom.inescn.pt/research/audio/cienciaviva/index_audicao.htm

acesso em 7-11-2005

[**Coden, 2007**] – *Coden Co., Ltd.*

Earscope

<http://www.coden.co.jp/earscopeTV/earscopetv07.jpg>

acesso em 27-07-2007

[**Course, 2005**] – *Pneumatic Otoscopy Review Course*

Visualization of tympanic membrane landmarks

<http://www.aap.org/otitismedia/www/vc/ear/rvw/rvw2.cfm>

acesso em 18-11-2005

[**Cunha, 2004**] – *Rodrigo Cunha*

Acerca da palavra Design

Idade da imagem n.º 10 - Janeiro/Abril 2004, 0.54

[**EarCheck, 2005**] – *EarCheck*

Otoscópios

<http://www.earchek.com>

acesso em 23-11-2006

[**Editora, 2005**] – *Porto Editora, Lda.*

O ouvido humano

Diciopédia 2005

[**Gentil, 2005**] – *F. Gentil, R.M.Natal Jorge, A.M.Ferreira, M.P.L.Parente, M.Moreira, E.Almeida*

Estudo Biomecânico do ouvido médio considerando os ligamentos dos ossículos

Congresso de Métodos Numéricos en Ingenieria 2005; Granada; SEMNI, España 2005

[**Hamamatsu, 2005**] – *Hamamatsu Photonics K.K.*

Color sensor evaluation circuit - C9331

<http://sales.hamamatsu.com/index.php?id=13201057&language=1> &

acesso em 28-02-2007

[**Hamamatsu, 2005**] – *Hamamatsu Photonics K.K.*

Si photodiode S9032-02

<http://sales.hamamatsu.com/index.php?id=13201020&language=1> &

acesso em 28-02-2007

[**Heine, 2005**] – *Heine-Optotechnik*

Otoscópios Heine

<http://www.heine.com>

acesso em 23-11-2006

[**INCA, 2006**] – *INCA-Instituto Nacional de Câncer*

Câncer de Pele-Melanoma

http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=469

acesso em 29-12-2006

[**Infarmed, 1995**] – *Gabinete Jurídico e Contencioso Infarmed*

Decreto-Lei n.º 273/95, de 23 de Outubro

http://www.infarmed.pt/pt/prod_saude/disp_medicos/index.html

acesso em 11-01-2006

[**Infarmed, 2006**] – *Instituto Nacional da Farmácia e do Medicamento Infarmed*

Legislação Farmacêutica Compilada; Dispositivos Médicos

<http://www.infarmed.pt/index2.html>

acesso em 11-01-2006

[**Johnson, 2003**] – *Mary T. Johnson*

Otitis Media: A Disease Presentation

<http://www.silentpartners.org/ENT/patients/earinfect.htm>

acesso em 08-11-2005

[**Jorge, 2004**] – *António Jorge*

História do Design

Mestrado em Design Industrial-FEUP 2004/05

[**Löbach, 2001**] – *Bernd Löbach*
Design Industrial, 1ª edição
Editora Edgard Blücher - 2001

[**Loyens, 2004**] – *Dirk Loyens*
Usabilidade
Mestrado design industrial, ESAD-2004/05

[**Marxt, 2005**] – *Christian Marxt, Fredrik Hacklin*
Design, product development, innovation: all the same in the end? A short discussion on terminology
Journal of Engineering Design, vol.16 n.º 4, Agosto 2005, 413-421

[**Medikatalogo, 2006**] – *Medikatalogo*
Catálogo equipamento médico
<http://WWW.medikatalogo.com>
acesso em 27-11-2006

[**MedlinePlus, 2005**] – *MedlinePlus*
Otoscopic exam of the ear
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/imagepages/8991.htm>
acesso em 18-11-2005

[**Mercado-Libre, 2006**] – *Mercado-Libre*
Otoscópios
<http://www.Mercadolibre.com>
acesso em 27-11-2006

[**Merck, 2005**] – *Manual Merck*
Ouvido, Nariz e Garganta
http://www.msd-brazil.com/msd43/m_manual/mm_sec19_209.htm
acesso em 08-11-2005

[**Mink, 1997**] – *Walter Mink*
Inyección de Plásticos
Editora Gustavo Gili: Barcelona - 1997

[**Noru, 2007**] – *Noru - Modulos Electrónicos*
Voltímetro a Leds de 4 a 16 V NR-108-9790
<http://www.noru.es.htm>
acesso em 13-07-2007

[**Oído, 2005**] – *Examen Físico del Oído*
Examen Físico Del Oído
<http://escuela.med.puc.cl/paginas/publicaciones/ApuntesOtorrino/ExFisicoOido4.html>
acesso em 18-11-2005

[**Ouvido, 2005**] – *Ouvido Humano*

O Ouvido Humano

<http://students.fct.unl.pt/users/ascb/ouvido.htm>

acesso em 07-11-2005

[**PreçoMania**] – *PreçoMania*

Preço de otoscópios

<http://www.PreçoMania.com.br>

acesso em 27-11-2006

[**Qkits, 2007**] – *Qkits, Limited*

PMLCDL: 3-1/2D LCD Digital Panel Meter

<http://store.qkits.com/moreinfo.cfm/PMLCDL>

acesso em 27-07-2007

[**Qualidade, 1997**] – *Instituto Português da Qualidade*

NP EN ISO 8402 Gestão da qualidade e garantia da qualidade-vocabulário

Elaboração CT80 (APQ)

1997

[**Riester, 2005**] – *Riester*

Otoscópio Fibra Óptica Riester

<http://www.buscavenda.com.br/>

acesso em 18-11-2005

[**Riester, 2006**] – *Riester*

Otoscópios Riester

<http://www.riester.de.html>

acesso em 23-11-2006

[**Rimed, 2006**] – *Rimed*

Bolsa de curvin para otoscópio

<http://www.rimed.com.br>

acesso em 18-11-2006

[**Roithner, 2006**] – *Roithner Lasertechnik GmbH*

High Power Three Color Led

http://www.roithner-laser.com/LED_HP_single_chip.html

acesso em 26-01-2007

[**Roithner, 2007**] – *Roithner Lasertechnik GmbH*

Fibre Compling Optic 10034, fiber compling led optic

http://www.roithner-laser.com/All_Datasheets/LEDs/Fibre_Coupling_Optic.pdf

acesso em 26-01-2007

[**Rozenfeld, 2006**] – *Henrique Rozenfeld, Fernando Antônio Forcellini, Daniel Capaldo Amaral, José Carlos de Toledo, Sergio Luis da Silva, Dário Henrique Alliprandini, Régis Kovacs Scalice*

Gestão de Desenvolvimento de Produtos

Editora Saraiva

<http://www.pdp.org.br/ModeloLivroWeb/www/visao.htm>

acesso em 06-02-2006

[**Saúde, 2005**] – *ABC da Saúde e prevenção, Ltda*

Otite média aguda

<http://www.abcdasaude.com.br/>

acesso em 09-01-2006

[**Ulrich, 2003**] – *Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger*

Product Design and Development 3rd edition

McGraw-Hill - 2003

[**Vilela, 2005**] – *Ana Luisa Miranda Vilela*

O Mecanismo da Audição – Anatomia e Fisiologia Humanas

<http://www.afh.bio.br/sentidos/Sentidos4.asp>

acesso em 7-11-2005

[**Wikipédia, 2005**] – *Wikipedia a enciclopédia livre*

Fibra óptica

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:Fibreoptic.jpg>

acesso em 24-02-2006

[**Wikipedia, 2006**] – *Wikipedia a enciclopédia livre*

Cromoterapia

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Cromoterapia>

acesso em 29-12-2006

[**Wikipedia, 2007**] – *Wikipedia a enciclopédia livre*

Ouvido médio-ossículos

[http://pt.wikipedia.org/wiki/ouvido médio](http://pt.wikipedia.org/wiki/ouvido_médio)

acesso em 22-02-2007

A1 – Inquéritos (Capítulo 4)

Esta secção disponibiliza a compilação dos dados recolhidos nos inquéritos realizados aos profissionais de saúde, pais ou acompanhantes do doente.

De forma a facilitar o processo identificador das necessidades do consumidor, os inquéritos foram numerados e os dados compilados nas *Tabelas A1.1 a A1.4*, segundo o público alvo, nomeadamente, os profissionais de saúde, pais ou acompanhantes do doente, e segundo o assunto em análise: uso do otoscópio e diagnóstico das patologias do ouvido médio.

A2 – Ficha técnica dos componentes principais (Capítulo 5)

Esta secção agrupa a informação técnica dos principais componentes, montados no protótipo, nomeadamente:

- Fonte de alimentação;
- *High power three color led* - led emissor de luz (R,G,B), *Figura A2.1*;
- *Fibre coupling optic* (lente do led), *Figura A2.2*;
- *Si photodiode S9032-02* - sensor de cor (R,G,B), *Figura A2.3*;
- *Color sensor evaluation circuit C9331* - placa electrónica do sensor de cor, *Figura A2.4*;
- Vuímetros, *Figura A2.5*;
- *Display*, *Figura A2.6*.

Relativamente à fonte de alimentação usada no protótipo do otoscópio óptico-electrónico o fabricante designa-se por *MEAN WELL (MW)*, o modelo da fonte de alimentação é o n.º DR-4512 fabricado em *Taiwan* e as características técnicas são as seguintes:

- Grandezas de entrada: tensão 100 a 240 V, corrente alternada, intensidade de corrente eléctrica 1,5 A e frequência 50/60 Hz;
- Grandezas de saída: tensão 12 V, corrente contínua, e intensidade de corrente eléctrica de 3,5 A.

A3 – Placa electrónica aplicada no protótipo (Capítulo 5)

A *Figura A3.1a*, apresenta o circuito electrónico desenvolvido de forma esquemática, e a *Figura A3.1b*, apresenta o desenho da placa electrónica concebida.

A4 – Desenhos dos principais componentes produzidos (*Capítulo 5*)

Esta secção disponibiliza os desenhos dos principais componentes concebidos e aplicados no protótipo do otoscópio óptico; nomeadamente:

- Cápsula do *led* emissor de luz (R,G,B), *Figura A4.1*;
- Veio móvel da cápsula do *led* emissor de luz (R,G,B), *Figura A4.2*;
- Suporte da placa electrónica do sensor de cor (R,G,B), *Figura A4.3*;
- Veio móvel do suporte da placa electrónica do sensor de cor (R,G,B), *Figura A4.4*;
- Suporte esquerdo do vuímetros, *Figura A4.5*;
- Suporte direito do vuímetros, *Figura A4.6*;
- Suporte da bateria do *Display*, *Figura A4.7*;
- Fixadores das fibras no otoscópio, *Figura A4.8*;
- Fixadores das fibras no veio da cápsula do *led* e do suporte da placa electrónica do sensor, *Figura A4.9*.

A5 – Planificação da caixa do protótipo (*Capítulo 5*)

Esta secção, disponibiliza a planificação da caixa do protótipo do otoscópio óptico-electrónico, nomeadamente:

- Chassis, *Figura A5.1*;
- Painel traseiro, *Figura A5.2*;
- Painel direito, *Figura A5.3*;
- Painel frontal, *Figura A5.4*.

A caixa do protótipo do otoscópio óptico-electrónico possui as seguintes dimensões em mm: 200 (largura) x 250 (comprimento) x 140 (altura).

A6 – Relação de materiais aplicados no protótipo (*Capítulo 5*)

Esta secção disponibiliza a relação dos principais componentes aplicados na fase final do protótipo e dos custos associados, *Tabela A6.1*.

A7 – Ensaios laboratoriais para “ajuste” do protótipo (Capítulo 6)

Esta secção disponibiliza o registo dos ensaios realizados para a definição dos parâmetros essenciais ao “ajuste” do protótipo; nomeadamente:

- Avaliação da quantidade de cor medida pelo sensor, segundo os respectivos canais de cor (R,G,B), relativamente às percentagens de cor emitidas pelo *led* emissor de luz (R,G,B) na sua intensidade máxima e de forma independente, sobre as imagens de ensaio, *Tabela A7.1*;
- Avaliação da quantidade de cor medida pelo sensor, segundo os respectivos canais de cor (R,G,B) relativas às combinações de percentagens de cor emitidas pelo *led* emissor de luz (R,G,B) sobre as imagens de ensaio, *Tabela A7.2*;
- Tabela orientadora, da mistura das três componentes de cor, segundo as suas percentagens R (vermelho), G (verde) e B (azul), *Tabela A7.3*;
- Combinação de cor (R,G,B) que origina o maior valor medido, *Tabela A7.4*;
- Combinação de cor (R,G,B) que mais se aproxima do branco, *Tabela A7.5*;
- Uso de lentes sobre o *led* emissor de luz e sensor de cor (R,G,B), *Tabela A7.6*;
- Verificação da influência da luz ambiente no sensor, *Tabela A7.7*;
- Verificação da distância da fibra à imagem; *Tabela A7.8*;
- Verificação da influência da luz ambiente na imagem do tímpano, *Tabela A7.9*;
- Verificação da distância da fibra à lente do *led*, *Tabela A7.10*;
- Verificação da distância da fibra ao sensor, *Tabela A7.11*;
- Verificação da fibra óptica emissora acoplada ao conjunto de fibras de vidro do otoscópio, *Tabela A7.12*;
- Verificação do efeito das pontas das fibras descarnadas, *Tabela A7.13*;
- Verificação do efeito do cone convergente da luz do *led* em metal e em não-metal, *Tabela A7.14*;
- Verificação de diferentes tipos e diâmetros de fibra óptica, *Tabela A7.15*;
- Verificação dos efeitos do uso da iluminação do *led* (R,G,B), do otoscópio e de ambos (*led*+otoscópio), *Tabela A7.16*.

A8 – Ensaios em ambiente clínico (Capítulo 6)

Esta secção disponibiliza a compilação dos ensaios clínicos, em vivo, realizados no Hospital Pedro Hispano, Unidade Local de Saúde de Matosinhos, *Tabela A8.1*.

Tabela A1.1: Inquéritos realizados aos profissionais de saúde relativamente ao uso do otoscópio (continua).

Grupo em análise	Sexo	M	M	F	F	F	M
	Idade	53	39	30	30	34	38
	N.º de filhos	2	1	0	0	0	0
	Especialidade	Otorrino	Otorrino	Médica (clínica geral)	Médica (clínica geral)	Médica (clínica geral)	Pediatra
	Experiência	30 Anos	Muita	6 Anos	Média	Média	Grande
Perguntas		Respostas _ Inquéritos					
		1	2	3	4	5	6
Qual o tipo e modelo que usa habitualmente?		Microscópio	-	Heine Mini-set	Heine (portátil ou fixo)	Otoscópio convencional	Otoscopia
Permite-lhe diagnosticar a otite média aguda com facilidade?		Sim	Sim	A maior parte das vezes	Média	Mais ou menos	Sim
É agradável ao toque?		Sim	-	Sim	Sim	Sim	Sim
É de fácil manuseamento?		Relativamente	Sim	Sim	Sim	Mais ou menos	Sim
Provoca receio no doente?		Não	Não	Alguma (principalmente a crianças)	Não	Sim	Não
Provoca dor no doente?		Não	Não	Penso que não	Não	Por vezes	Não
Serve para todo o tipo de doente?		Sim	Sim	Penso que sim	Sim	Que remédio! É o que há	Sim
Tem adaptadores à idade do doente?		Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Pode causar danos no tímpano?		Não	Não	Depende do estado da membrana, mas geralmente não	Não	Eventualmente, se não for imobilizado o doente	Não
Usa com frequência a componente pneumática?		Ocasionalmente	Não	Não	Não	Não dispomos	Não
Acha necessário a visualização do tímpano, mesmo que o instrumento fosse de diagnóstico totalmente electrónico?		Indispensável	Sim	Sim	Sim	Sim, as máquinas valem o que valem...	Sim
A iluminação do tímpano, pelo instrumento, é suficiente?		Excelente	Sim	Sim	Razoável	Por vezes	Fraca
Como é feita a alimentação energética do instrumento (ex. baterias) e qual a duração média?		Corrente eléctrica	Bateria	Pilhas	Portátil (baterias) duração média 1ano; fixo corrente eléctrica	Bateria ou pilhas alcalinas; variável	Baterias mais ou menos 3 dias
Se alimentado por baterias, quando a carga destas está baixa tem confiança no diagnóstico efectuado?		-	Não	-	Não	Não	Não percebo
A lente é suficiente para a visualização da membrana do tímpano.		Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
A intensidade luminosa normal do dispositivo é suficiente para uma correcta visualização do tímpano e dos problemas associados ao mesmo?		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Por vezes não
A limpeza e esterilização dos componentes são fáceis de fazer? Como?		Sim	Sim	Desconhecida	Substituição do espéculo; lavagem com detergente	Não sei	Sim
Acha de interesse componentes adaptativos ao instrumento que o tornem mais atractivo e distraiam os doentes?		Não	Não	Sim	Não	Talvez	Sim
Quais as modificações que fazia no instrumento?		-	Nenhuma	Cone menos rígido	Não sei	Vocês são os engenheiros	Mudar ampliação e iluminação

Tabela A1.1: Inquéritos realizados aos profissionais de saúde relativamente ao uso do otoscópio (continuação).

Grupo em análise	Sexo	F	F	M	F	M	M
	Idade	26	25	51	46	47	56
	N.º de filhos	0	0	-	2	2	2
	Especialidade	Pediatra	Pediatra	-	Pediatra	Medicina	Otorrino
	Experiência	Bastante	Alguma	24 Anos	Sim	20 Anos	24 Anos
Perguntas		Respostas _ Inquéritos					
		7	8	9	10	11	12
Qual o tipo e modelo que usa habitualmente?		Welch Allyn	Não sei	Welch Allyn	Modelo pneumático	Microscópio	?
Permite-lhe diagnosticar a otite média aguda com facilidade?		Sim	Mais ou menos	Sim	Sim	Sim	Sim
É agradável ao toque?		Sim	Mais ou menos	Sim	Sim	Sim	Sim
É de fácil manuseamento?		Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Provoca receio no doente?		Sim	Sim	Não	Não	Não	Não, após esclarecimento
Provoca dor no doente?		Por vezes	Sim	Não	Sim	Não	Não se correctamente manipulado
Serve para todo o tipo de doentes?			Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Tem adaptadores à idade do doente?		Sim	Não	Não	Sim	Sim	Nem sempre
Pode causar danos no tímpano?		Não	Não	Não	Não	Não	Não
Usa com frequência a componente pneumática?		Não	Não	Esporadicamente	Não	Sim/não	Sim
Acha necessário a visualização do tímpano, mesmo que o instrumento fosse de diagnóstico totalmente electrónico?		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
A iluminação do tímpano, pelo instrumento, é suficiente?		Sim	Mais ou menos	Sim	Sim	Sim	Sim
Como é feita a alimentação energética do instrumento (ex. baterias) e qual a duração média?		Baterias; duração desconhecida	Não sei	Baterias	24h	Eléctrico Fibra óptica	Bateria
Se alimentado por baterias, quando a carga destas está baixa tem confiança no diagnóstico efectuado?		Não	Sim	Não	Sim	-	Não
A lente é suficiente para a visualização da membrana do tímpano.		Por vezes não	Mais ou menos	Sim	Não	Sim	Sim
A intensidade luminosa normal do dispositivo é suficiente para uma correcta visualização do tímpano e dos problemas associados ao mesmo?		Frequentemente	Mais ou menos	Sim	Sim	Sim	Sim
A limpeza e esterilização dos componentes são fáceis de fazer? Como?		Sim	Não sei	Sim	Sim	Sim	Sim
Acha de interesse componentes adaptativos ao instrumento que o tornem mais atractivo e distraiam os doentes?		Sim	Sim	Sim	Sim	Provavelmente	Não
Quais as modificações que fazia no instrumento?		Mais colorido	-	-	Não sei	De carácter estético	Nenhuma

Tabela A1.1: Inquéritos realizados aos profissionais de saúde relativamente ao uso do otoscópio (conclusão).

Grupo em análise	Sexo	M	M	M	M	M	M
	Idade	30	57	53	55	61	52
	N.º de filhos	2	2	1	2	2	2
	Especialidade	Otorrino	Otorrino	Médico (clínica geral)	Médico (clínica geral)	Otorrino	Otorrino
	Experiência	Alguma	37 Anos	Sim	-	-	Sim
Perguntas	Respostas _ Inquéritos						
	13	14	15	16	17	18	
Qual o tipo e modelo que usa habitualmente?	Espelho frontal	Não uso	Microscópio	Welch Allyn 3.5 halogéneo por vezes c/recurso pneumático	Por vezes (Welch Allyn)	Sieble	
Permite-lhe diagnosticar a otite média aguda com facilidade?	Sim	Não uso	Sim	Sim	Com frequência	Não usa na otite média aguda	
É agradável ao toque?	Sim	Não uso	Sim	Sim	-	Sim	
É de fácil manuseamento?	Sim	Não uso	Sim	Não	-	Sim	
Provoca receio no doente?	Não	Não uso	Não dá segurança	Não	-	Não	
Provoca dor no doente?	Não	Não uso	-	Sim	-	Não	
Serve para todo o tipo de doentes?	Não	Não uso	Sim	Sim	-	?	
Tem adaptadores à idade do doente?	Sim	Não uso	Sim	Sim	-	Não necessita	
Pode causar danos no tímpano?	Não	Não uso	Não	Não	-	Não, se usado convenientemente	
Usa com frequência a componente pneumática?	Não	Não uso	Sim	Não	?	Sim	
Acha necessário a visualização do tímpano, mesmo que o instrumento fosse de diagnóstico totalmente electrónico?	Sim	Sim	-	Sim	Sim	Sim	
A iluminação do tímpano, pelo instrumento, é suficiente?	Sim	Não uso	Sim	Sim	-	Uso o espelho frontal	
Como é feita a alimentação energética do instrumento (ex. baterias) e qual a duração média?	Pilhas; duração não faz ideia	Não uso	Eléctrica	Baterias recarregáveis	-	Não uso aparelho com pilhas	
Se alimentado por baterias, quando a carga destas está baixa tem confiança no diagnóstico efectuado?	-	Não uso	-	Não acontece	-	Não uso aparelho com pilhas	
A lente é suficiente para a visualização da membrana do tímpano.	Sim	Não uso	-	Sim	Sim	Sim	
A intensidade luminosa normal do dispositivo é suficiente para uma correcta visualização do tímpano e dos problemas associados ao mesmo?	Sim	Não uso	-	Sim	-	A iluminação é feita com espelho frontal	
A limpeza e esterilização dos componentes são fáceis de fazer? Como?	Sim; Anticéptico líquido	Não uso	?	Sim	-	Sim, por autoclave	
Acha de interesse componentes adaptativos ao instrumento que o tornem mais atractivo e distraiam os doentes?	Não	Não uso	-	Não necessariamente	-	Não	
Quais as modificações que fazia no instrumento?	-	Não uso	-	nenhuma	-	Espéculos de calibre mais grosso	

Tabela A1.2: Inquéritos realizados aos profissionais de saúde relativamente ao diagnóstico (continua).

Grupo em análise	Sexo	M	M	F	F	F	M
	Idade	53	39	30	30	34	38
	N.º de filhos	2	1	0	0	0	0
	Especialidade	Otorrino	Otorrino	Médica (clínica geral)	Médica (clínica geral)	Médica (clínica geral)	Pediatra
	Experiência	30 Anos	Muita	6 Anos	Média	Média	Grande
Perguntas		Respostas _ Inquéritos					
		1	2	3	4	5	6
O instrumento que usa habitualmente é fiável no diagnóstico da otite média aguda?		Muito bom	-	Sim	Não	Mais ou menos	Sim
É necessária muita experiência para detectar adequadamente uma otite média aguda, usando o instrumento?		Alguma	Sim	Alguma	Sim	Alguma	Alguma
Habitualmente surgem-lhe dúvidas de diagnóstico através da visualização da membrana do tímpano?		Não	Não	Algumas vezes	Sim	Por vezes	Sim
O tratamento adequado é definido em função de que procedimento de diagnóstico?		Sim	Otoscópio por microscópio	Sim	Otoscópio normal	Visualização do tímpano e arredores	Sim
Tem dificuldade em manter a distância adequada da extremidade do componente que é introduzido no canal auditivo à membrana timpânica?		Não	Não	Sim	Não	Por vezes	Não
A diferença de coloração da membrana timpânica e da sua textura são claramente perceptíveis?		Sim	Sim	Sim	Não	Nem sempre	Sim
Utiliza habitualmente outros dispositivos de diagnóstico de otites? Quais?		-	Microscópio	Não	Não	Não ... o Otorrino!	Não
Qual o dispositivo de diagnóstico que prefere para os casos de otites? Porquê?		Microscópio; ampliação e limpeza do ouvido em simultâneo	Microscópio	-	Confirmação por Otorrino	Outra vez a mesma pergunta?	Otoscópio

Tabela A1.2: Inquéritos realizados aos profissionais de saúde relativamente ao diagnóstico (continuação).

Grupo em análise	Sexo	F	F	M	F	M	M
	Idade	26	25	51	46	47	56
	N.º de filhos	0	0	-	2	2	2
	Especialidade	Pediatra	Pediatra	-	Pediatra	Medicina	Otorrino
	Experiência	Bastante	Alguma	24 Anos	Sim	20 Anos	24 Anos
Perguntas		Respostas _ Inquéritos					
		7	8	9	10	11	12
O instrumento que usa habitualmente é fiável no diagnóstico da otite média aguda?		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
É necessária muita experiência para detectar adequadamente uma otite média aguda, usando o instrumento?		Sim	Mais ou menos	Não	Sim	Não	Não
Habitualmente surgem-lhe dúvidas de diagnóstico através da visualização da membrana do tímpano?		Sim	Sim	Não	Por vezes	Não	Não
O tratamento adequado é definido em função de que procedimento de diagnóstico?		Sim	Sim	Exame clínico e histórico do doente	Otoscópio	Sim	Otoscópio
Tem dificuldade em manter a distância adequada da extremidade do componente que é introduzido no canal auditivo à membrana timpânica?		Não	Mais ou menos	Não	Não	Não	Não
A diferença de coloração da membrana timpânica e da sua textura são claramente perceptíveis?		Por vezes não	Mais ou menos	Sim	Sim	Sim	Sim
Utiliza habitualmente outros dispositivos de diagnóstico de otites? Quais?		Não	Não	Sim; espelho auricular	Não	Não	Microscópio
Qual o dispositivo de diagnóstico que prefere para os casos de otites? Porquê?		Otoscópio; diagnóstico rápido	Otoscópio	Otoscópio Simplicidade	Otoscópio	Microscópio	Microscópio permite, uma melhor visualização e as duas mãos livres

Tabela A1.2: Inquéritos realizados aos profissionais de saúde relativamente ao diagnóstico (conclusão).

Grupo em análise	Sexo	M	M	M	M	M	M
	Idade	30	57	53	55	61	52
	N.º de filhos	2	2	1	2	2	2
	Especialidade	Otorrino	Otorrino	Médico (clínica geral)	Médico (clínica geral)	Otorrino	Otorrino
	Experiência	Alguma	37 Anos	Sim	-	-	Sim
Perguntas		Respostas _ Inquéritos					
		13	14	15	16	17	18
O instrumento que usa habitualmente é fiável no diagnóstico da otite média aguda?		Sim	Sim	Sim	Sim	-	Sim
É necessária muita experiência para detectar adequadamente uma otite média aguda, usando o instrumento?		Não	Alguma	Sim	Alguma	Sim	Mais ou menos
Habitualmente surgem-lhe dúvidas de diagnóstico através da visualização da membrana do tímpano?		Sim	-	Por vezes	Sim	-	Sim
O tratamento adequado é definido em função de que procedimento de diagnóstico?		Sim	Diagnóstico correcto	Sim	Otoscopia pneumática; acumetria e exames complementares	-	Sim
Tem dificuldade em manter a distância adequada da extremidade do componente que é introduzido no canal auditivo à membrana timpânica?		Não	Não	Não	Não	-	Mais ou menos
A diferença de coloração da membrana timpânica e da sua textura são claramente perceptíveis?		Mais ou menos	Sim	Sim	Sim	-	Mais ou menos
Utiliza habitualmente outros dispositivos de diagnóstico de otites? Quais?		Tímpanograma	Espelho frontal e/ou microscópio	-	Espelho frontal e microscópio	-	Não
Qual o dispositivo de diagnóstico que prefere para os casos de otites? Porquê?		Microscópio que permite uma melhor visualização	Espelho frontal; muito prático e fácil	-	Espelho frontal e microscópio	Otoscópio permite um diagnóstico rápido	Otoscópio

Tabela A1.3: Inquéritos realizados aos pais ou acompanhantes relativamente ao otoscópio (continua).

Grupo em análise	Sexo	F	F	F	-
	Idade	32	32	39	-
	N.º de filhos	2	2	2	1
	Especialidade	Médica	Administrativa	Trabalhador independente	-
Perguntas		Respostas _ Inquéritos			
		1	2	3	4
Como é que detecta que o seu filho tem problemas de ouvidos?		Dor e febre	Quando não ouve	Dores	Dores ouvidos
Usa algum instrumento para saber se o seu filho tem otite média aguda (problemas de ouvido)? Qual?		Sim	Não	Não	Não
O seu filho tem medo de médicos e dos instrumentos usados para diagnóstico das doenças do ouvido?		Sim	Não	Não	Não
Acha que o médico demora muito tempo a elaborar o diagnóstico relativo ao ouvido do seu filho?		Não	Não	Não	-
Acha o instrumento de diagnóstico usado pelo médico atraente, ou sente receio ao ser aplicado no ouvido do seu filho?		Não é atraente	Não	Acho atraente	Não receio
Acha que ter um instrumento de diagnóstico de otites em casa, que evitasse deslocações desnecessárias ao médico, tempos de espera, agravamento do problema e todos os custos associados era vantajoso?		Sim	Não	Não	Não
Estava disposto a comprar um instrumento de diagnóstico de otites adequado a ser usado em casa?		Sim	Não	Não	Não
Quanto estava disposto a pagar pelo instrumento de diagnóstico de otites?		Até 100 €	-	-	Nada

Tabela A1.3: Inquéritos realizados aos pais ou acompanhantes relativamente ao otoscópio (conclusão).

Grupo em análise 75% Mulheres 25% Anónimo Idade média: 34 anos Média n.º filhos: 2	Sexo	-	F	F	F
	Idade	-	38	40	23
	N.º de filhos	-	2	2	1
	Especialidade	-	Secretária	Médica (clínica geral)	Vendedora
Perguntas		Respostas _ Inquéritos			
		5	6	7	8
Como é que detecta que o seu filho tem problemas de ouvidos?		Toque e queixas associadas	Eles avisam	Eles dizem	Pressiono ou ouvidos
Usa algum instrumento para saber se o seu filho tem otite média aguda (problemas de ouvido)? Qual?		Não	Não	Não	Não
O seu filho tem medo de médicos e dos instrumentos usados para diagnóstico das doenças do ouvido?		Não	Não	Não	Não
Acha que o médico demora muito tempo a elaborar o diagnóstico relativo ao ouvido do seu filho?		Não	Não	Não	Por vezes
Acha o instrumento de diagnóstico usado pelo médico atraente, ou sente receio ao ser aplicado no ouvido do seu filho?		Não sinto receio, mas não acho atraente	Não há receios	Não sinto receio	Não
Acha que ter um instrumento de diagnóstico de otites em casa, que evitasse deslocações desnecessárias ao médico, tempos de espera, agravamento do problema e todos os custos associados era vantajoso?		Não	Talvez tivesse utilidade	Não	Sim
Estava disposto a comprar um instrumento de diagnóstico de otites adequado a ser usado em casa?		Não	Sim	Não	Em casos frequentes
Quanto estava disposto a pagar pelo instrumento de diagnóstico de otites?		-	Não sei	-	Não sei

Tabela A1.4: Inquéritos realizados aos pais ou acompanhantes relativamente ao diagnóstico (continua).

Grupo em análise 75% Mulheres 25% Anónimo Idade média: 34 anos Média n.º filhos: 2	Sexo	F	F	F	-
	Idade	32	32	39	-
	N.º de filhos	2	2	2	1
	Especialidade	Médica	Administrativa	Trabalhador independente	-
Perguntas		Respostas _ Inquéritos			
		1	2	3	4
O seu filho (s) costumam ter episódios de otite? Qual a frequência de ocorrência?		1º e 2º ano	Sim, de vez em quando	Não	Não
Quais são os sintomas habituais?		Choro, dor e febre	Secreções nasais esverdeadas	-	-
Que tipo de medicação, normalmente o médico receita?		Antibiótico	Antibiótico + anti-histamínico	Antibiótico	-
O tratamento indicado costuma resultar, ou implica várias idas ao médico?		Sim	Sim	Costuma resultar	-
Acha-se capaz de usar um dispositivo que faça automaticamente o rastreio da otite no seu próprio filho.		Sim	Sim	Não	Não

Tabela A1.4: Inquéritos realizados aos pais ou acompanhantes relativamente ao diagnóstico (conclusão).

Grupo em análise 75% Mulheres 25% Anónimo Idade média: 34 anos Média n.º filhos: 2	Sexo	-	F	F	F
	Idade	-	38	40	23
	N.º de filhos	-	2	2	1
	Especialidade	-	Secretária	Médica (clínica geral)	Vendedora
Perguntas		Respostas _ Inquéritos			
		5	6	7	8
O seu filho (s) costumam ter episódios de otite? Qual a frequência de ocorrência?		Sim de 2 em 2 meses, mais ou menos	Mais ou menos	Não quase nunca	Não, teve 1 otite
Quais são os sintomas habituais?		Dores e febre	Dor	Febre e dores	Dor e febre
Que tipo de medicação, normalmente o médico receita?		Antibiótico	Antibiótico em último lugar	Antibiótico	Antibiótico
O tratamento indicado costuma resultar, ou implica várias idas ao médico?		Várias vezes ao médico	Resulta	Resulta	Resulta
Acha-se capaz de usar um dispositivo que faça automaticamente o rastreio da otite no seu próprio filho.		Não	Sim	Sim	Sim

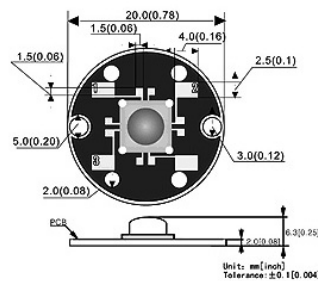
					
Modelo		Queda de tensão $V_f(V)$		Comprimento de onda $\lambda_o(nm)$	
				Intensidade de corrente $I_f=150\text{ mA}$	
C20C3-HRGB-60	AlGaInP	Min.	Max.	Min.	Max.
	InGaIn	1,9	2,5	620	640
	InGaIn	3,0	3,8	515	525
		Min.	Max.	Min.	Max.
		3,0	3,8	460	470

Figura A2.1: Ficha técnica do led emissor de luz (R,G,B), High Power Three Color led, aplicado no protótipo do otoscópio óptico-electrónico (imagem adaptada de [Roithner, 2006]).

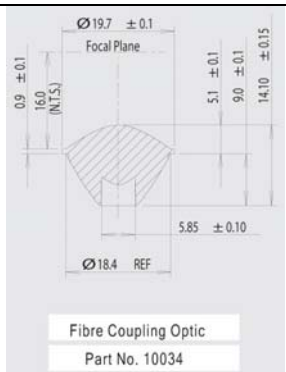
Fibre Coupling Optic  ● Optimised for Luxeon LED's ● High optical coupling efficiency ● Fits standard holders ● Optical Grade Polycarbonate ● Can be used for edge illumination ● Designed for 6mm, 0.48NA Fibre Bundles The Fibre Coupling Optic is the ideal lens for feeding light into a fibre optic bundle. The optic is compatible with the Luxeon range of High Brightness LED's. The Fibre Coupling Optic is also useful for edge illumination, for example, to feed light into a Perspex backlighting sheet.		 Fibre Coupling Optic Part No. 10034
--	--	---

Figura A2.2: Ficha técnica da lente do led, Fibre Coupling Optic, aplicada no protótipo do otoscópio óptico-electrónico (imagem adaptada de [Roithner, 2007]).

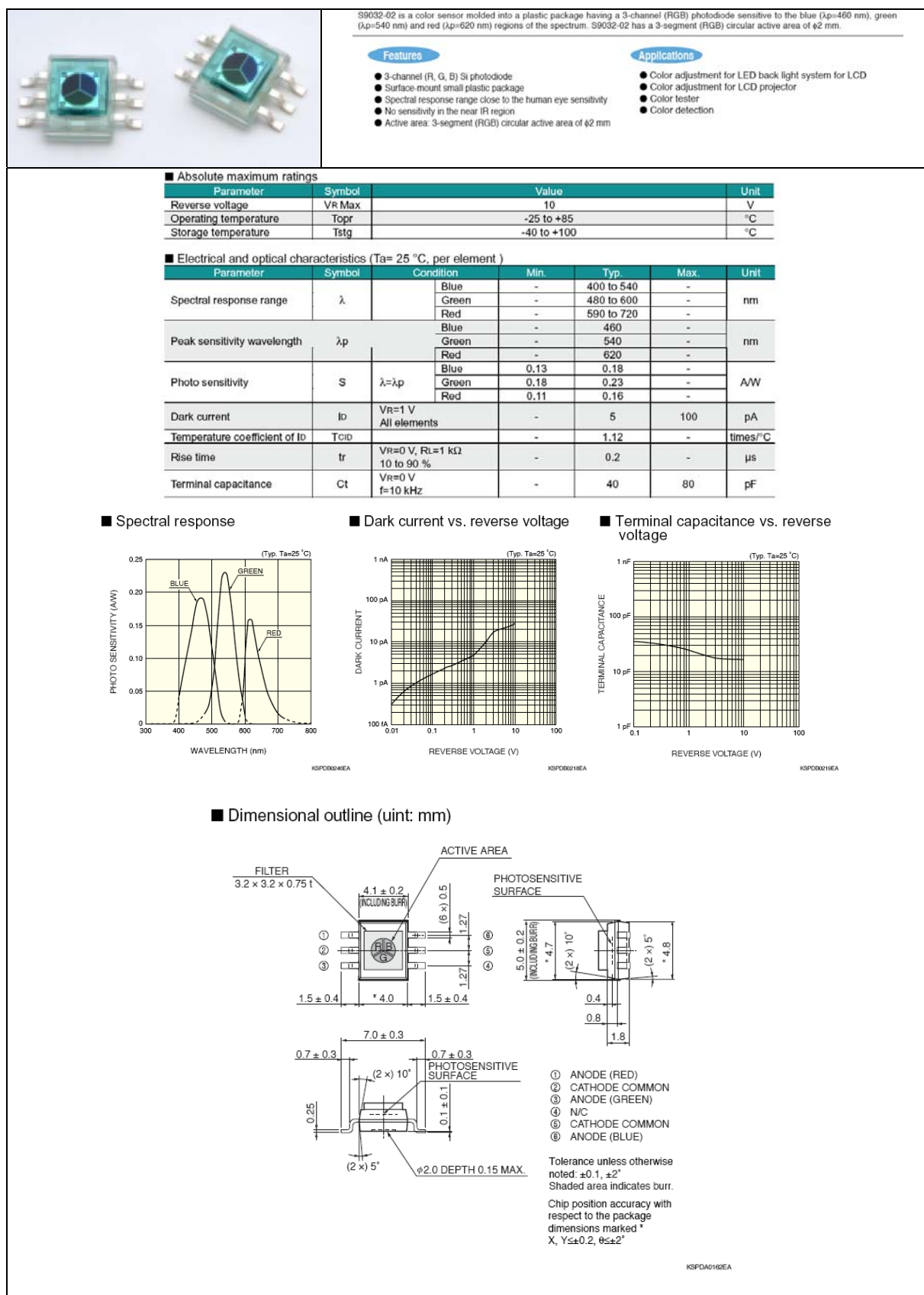


Figura A2.3: Ficha técnica do sensor de cor (R,G,B), Si photodiode S9032-02, aplicado no protótipo do otoscópio óptico-eletrónico (imagem adaptada de [Hamamatsu, 2007]).

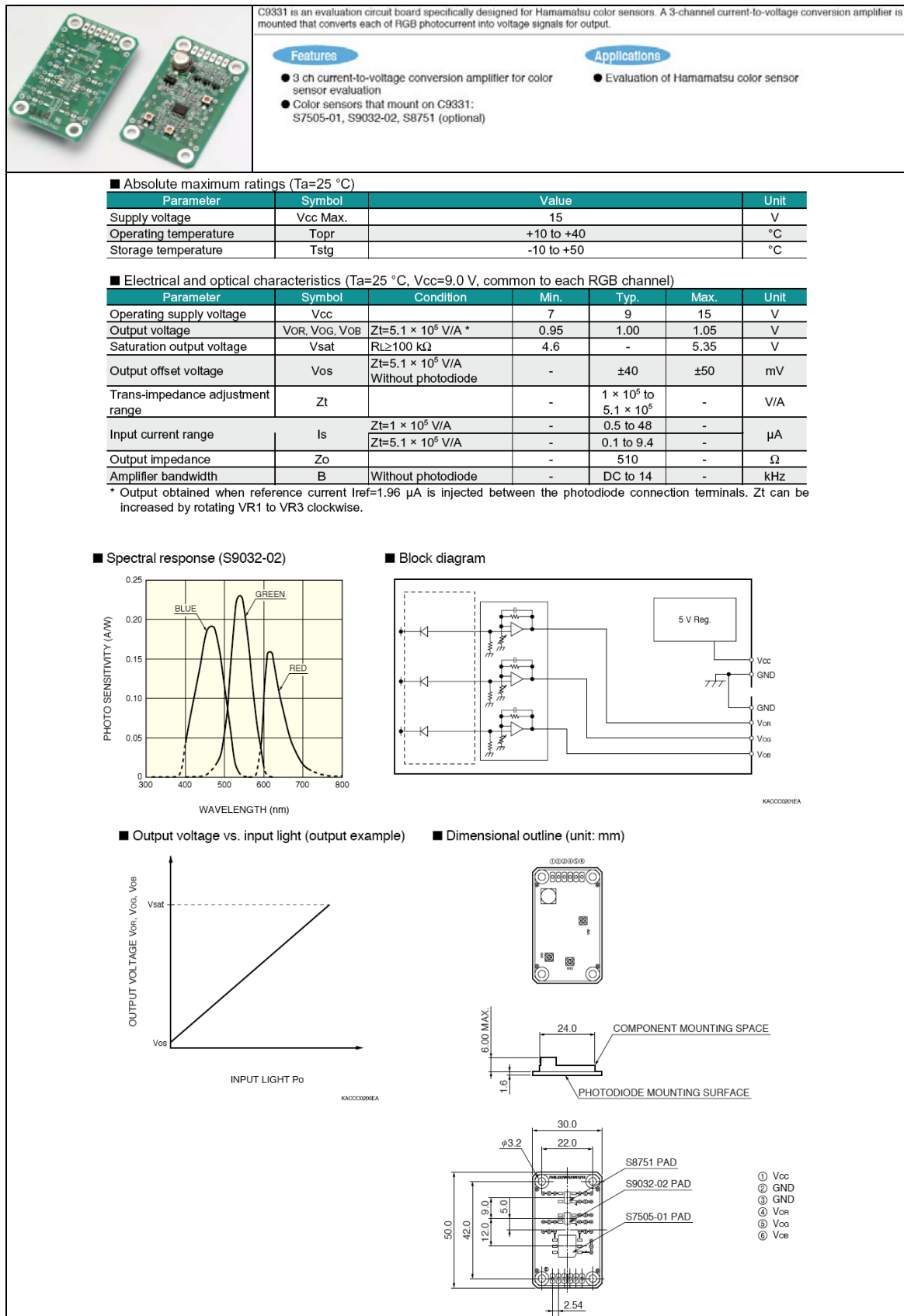


Figura A2.4: Ficha técnica da placa electrónica do sensor de cor (R,G,B), *Color sensor evaluation circuit C9331*, aplicado no protótipo do oscópio óptico-electrónico (imagem adaptada de [Hamamatsu, 2005]).

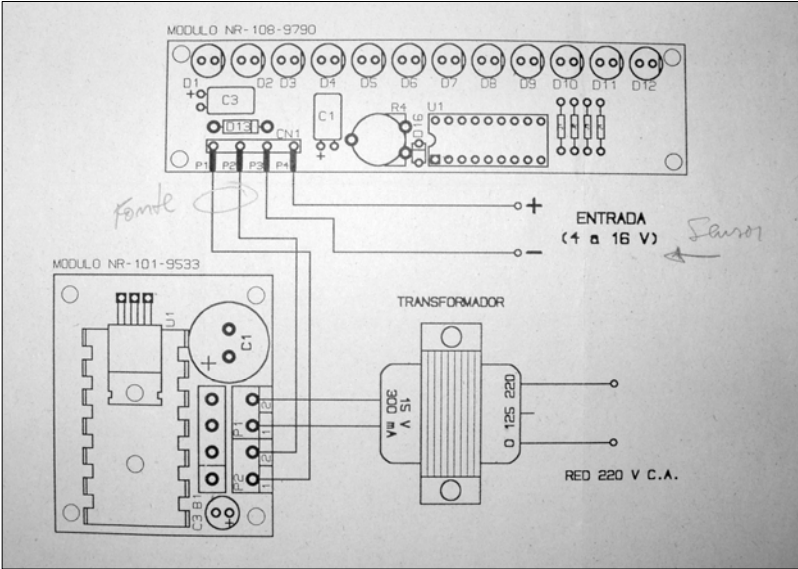


Figura A2.5: Ficha técnica dos vuímetros, aplicados no protótipo do otoscópio óptico-eletrónico, (retirado de [Noru, 2007]).

4. PANEL HOLE FOR FIXING PMLCDI

5. OPERATION:

A) If needed, added proper voltage dividers (not included) and decimal point wire jumper:

Max. Voltage to be measured	Proper Voltage Divider	Decimal Point
200mV	-	Shortcircuit P3
20V	Disconnect wire jumper in RB. RB=9.9 Mohms RA=100 Kohms	Shortcircuit P2
200V	Disconnect wire jumper in RB. RB=9.99 Mohms RA=10 Kohms	Shortcircuit P3
500V	Disconnect wire jumper in RB. RB=9.999 Mohms RA=1 Kohm	-

RA and RB are 1/2W 0.5% Metal Film Resistors.
B) Connect an 8-12V DC power supply to panel meter.
C) For ranges other than 200mV, input accurate 1/2 x Max. Voltage generated by calibrator (e.g. 100.0V for 200.0V range) and carefully adjust semifixed resistor R2 to have the same reading in LCD.
D) Connect the input voltage to be measured to Vin and GD. The input voltage should be DC only.

6. WIRING DIAGRAM:

3-1/2D LCD Digital Panel Meter PMLCDI

1. FEATURES

- 200mV full scale input sensitivity
- Single 9V DC operation
- Decimal Point selectable
- 13mm LCD figure height
- Automatic Polarity Indication
- Guaranteed zero reading for 0 volts input
- High input impedance (>100 Mohm)

2. APPLICATIONS

Voltmeter	Current Meter
Thermometer	Capacitance Meter
PH Meter	Lux Meter
dB Meter	LCR meter
Watt Meter	Other Industrial & Domestic Uses

3. SPECIFICATIONS

Maximum Input:	199.9mV DC
Maximum Display:	1999 counts (3-1/2 Digit) with automatic polarity indication
Indication Method:	LCD display
Measuring Method:	Dual-Slope Integration A/D converter system
Overrange Indication:	"1" shown in the display
Reading rate time:	2-3 readings per sec.
Input Impedance:	>100 Mohms
Accuracy:	±0.5% (23±5°C, <80% RH)
Power Dissipation:	1 mA DC
Decimal Point:	Selectable with wire jumper
Supply Voltage:	8-12V DC
Size:	68mm x 44mm

Figura A2.6: Ficha técnica do *display* aplicado no protótipo do otoscópio óptico-eletrónico (retirado de [Qkits, 2007]).

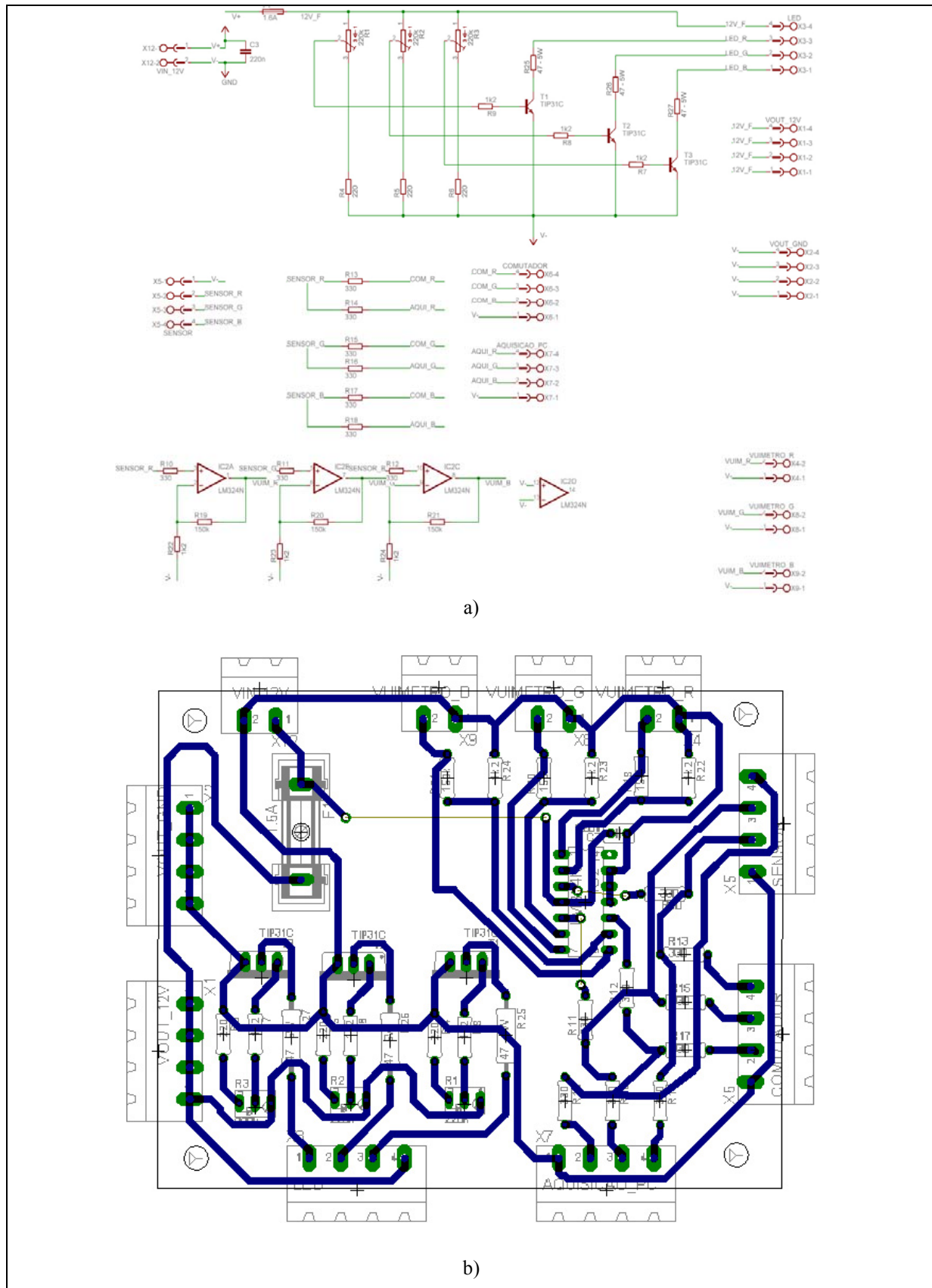


Figura A3.1: Placa electrónica aplicada no protótipo: a) circuito esquemático; b) desenho da placa electrónica concebida.

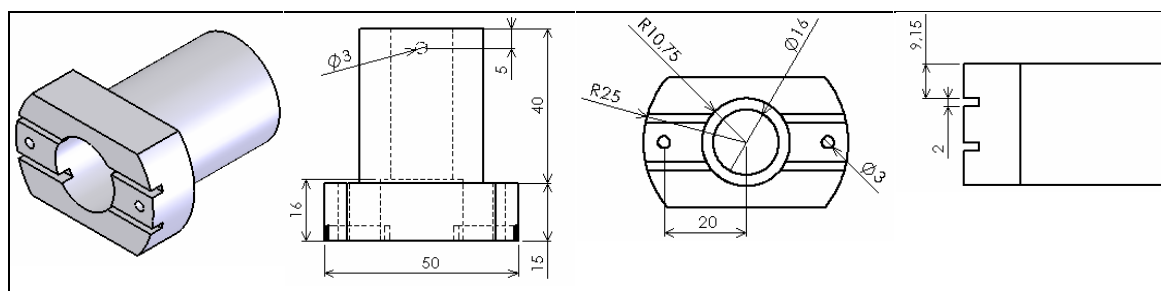


Figura A4.1: Desenho da cápsula do *led* emissor de luz (R,G,B).

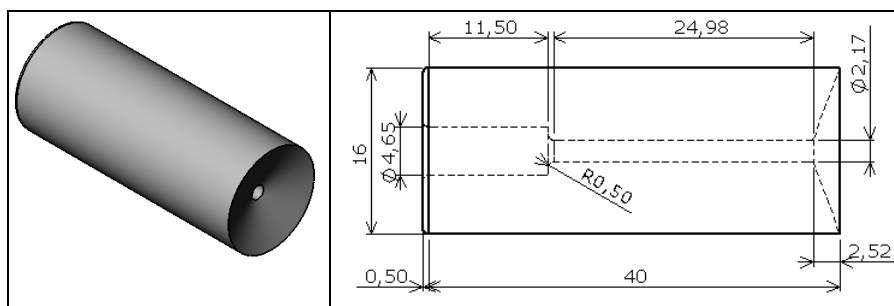


Figura A4.2: Desenho do veio móvel da cápsula do *led* emissor de luz (R,G,B).

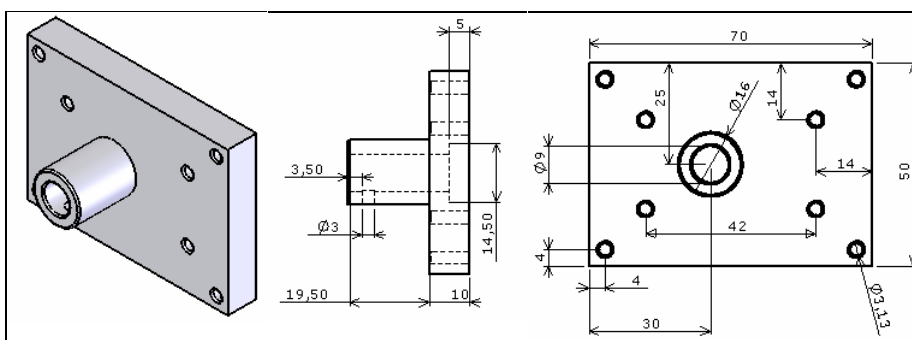


Figura A4.3: Desenho do suporte da placa electrónica do sensor de cor (R,G,B).

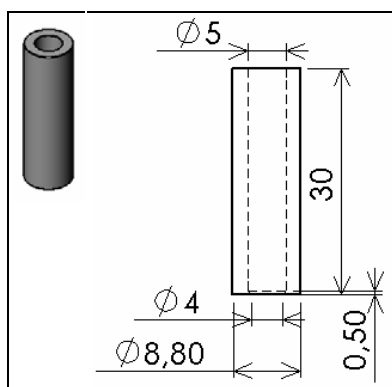


Figura A4.4: Desenho do veio móvel do suporte da placa electrónica do sensor de cor (R,G,B).

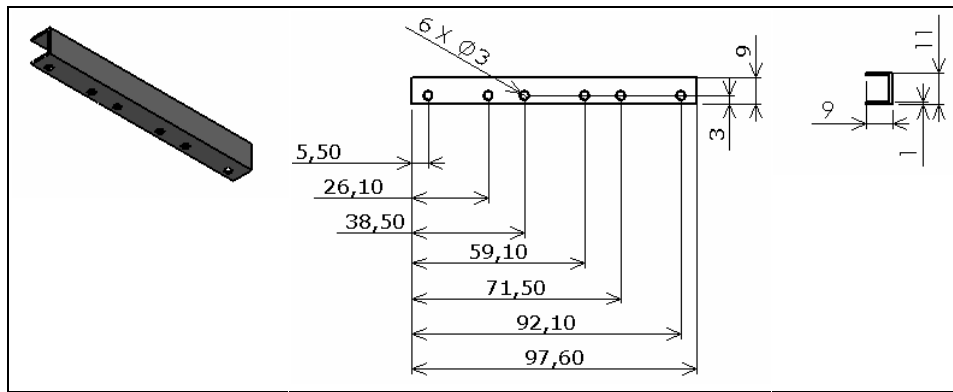


Figura A4.5: Desenho do suporte esquerdo para fixação dos vuímetros, na face interna do painel frontal da caixa do protótipo óptico-electrónico.

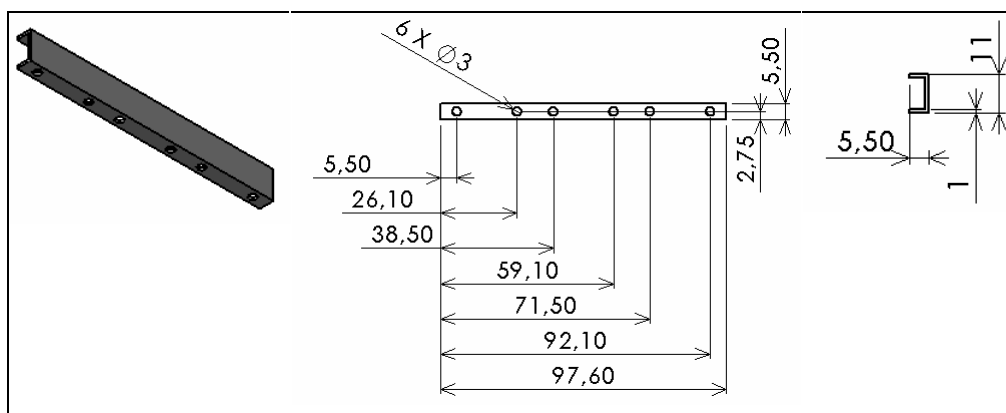


Figura A4.6: Desenho do suporte direito para fixação dos vuímetros na face interna do painel frontal da caixa do protótipo óptico-electrónico.

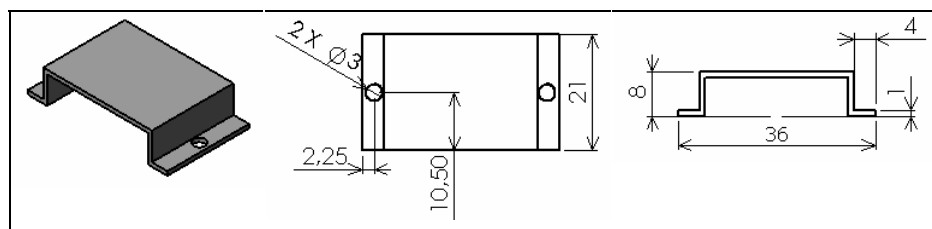


Figura A4.7: Desenho do suporte da bateria (pilha) do *Display*.

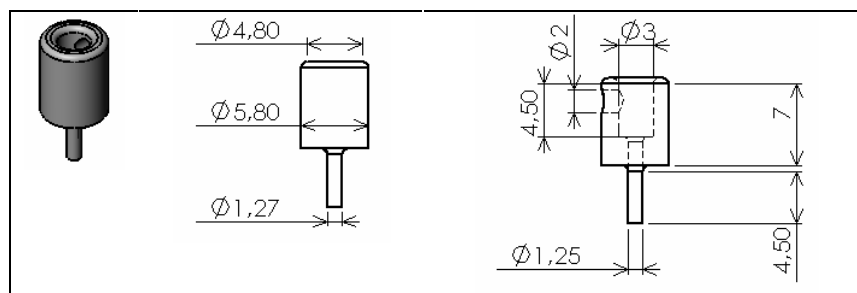


Figura A4.8: Desenho dos fixadores das fibras ópticas no otoscópio.

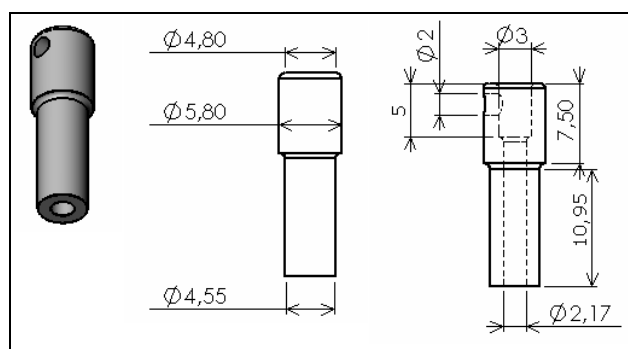


Figura A4.9: Desenho dos fixadores das fibras ópticas no veio da cápsula do *led* emissor de luz (R,G,B) e no veio do suporte da placa electrónica do sensor de cor (R,G,B).

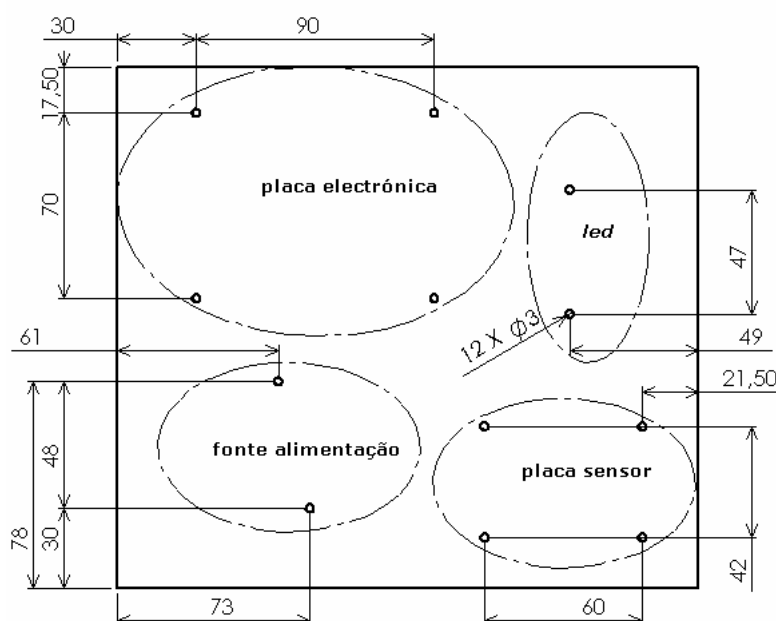


Figura A5.1: Planificação do chassis da caixa do protótipo óptico-electrónico.

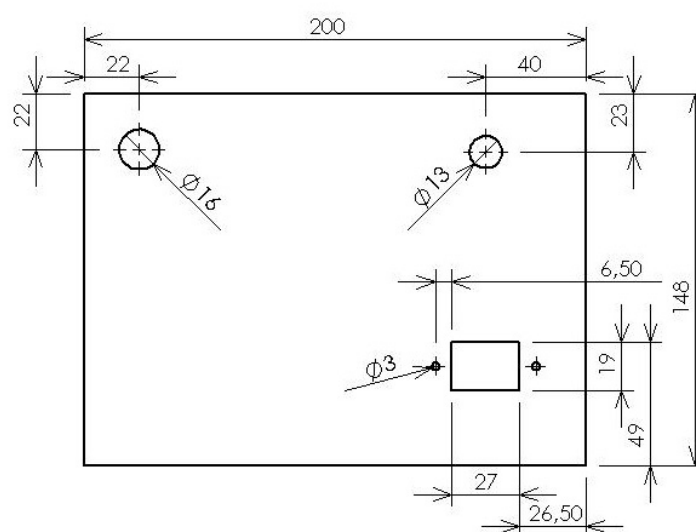


Figura A5.2: Planificação do painel traseiro da caixa do protótipo óptico-electrónico.

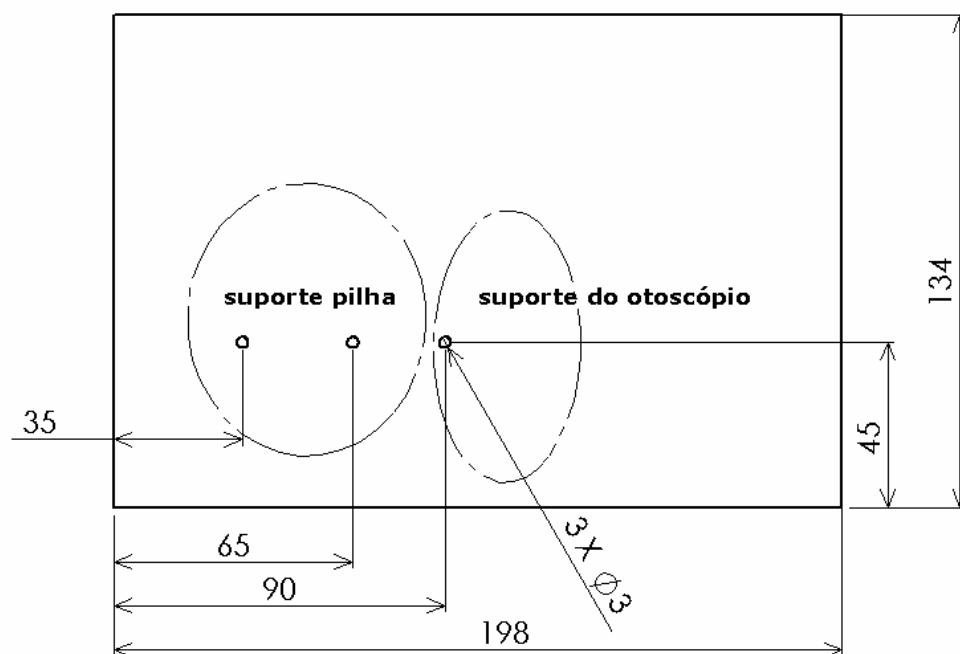


Figura A5.3: Planificação do painel direito da caixa do protótipo óptico-electrónico.

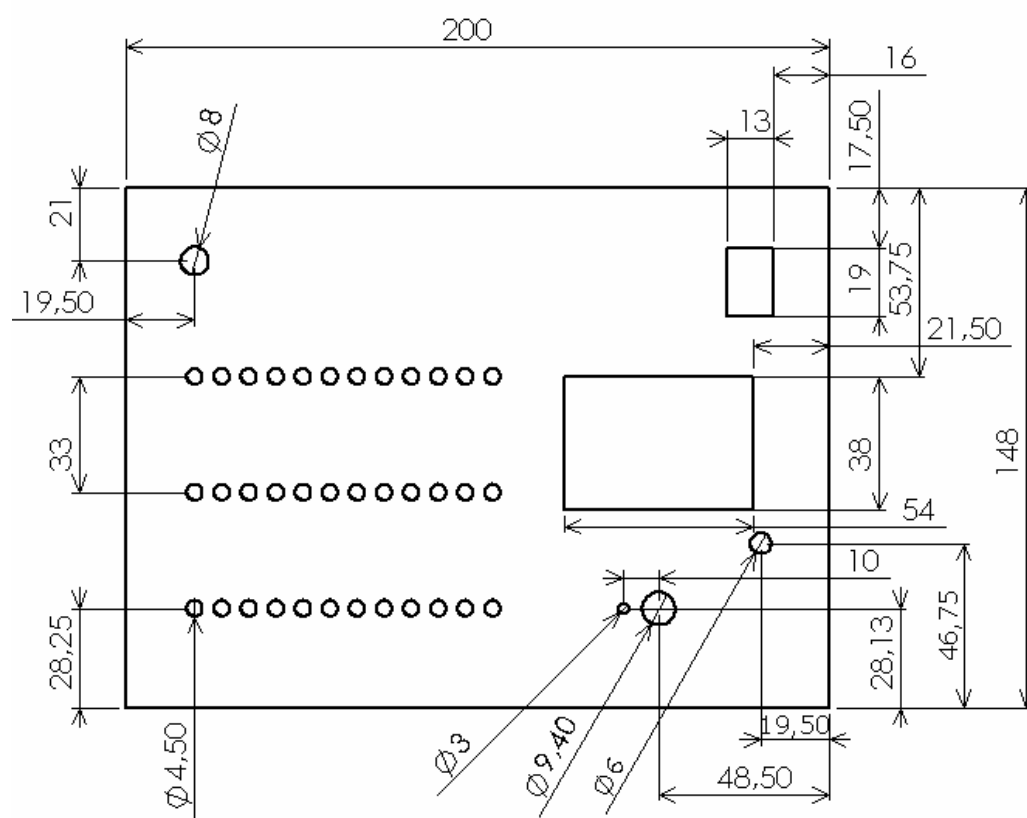


Figura A5.4: Planificação do painel frontal da caixa do protótipo óptico-electrónico.

Tabela A6.1: Custo dos principais componentes aplicados no protótipo (continua).

Designação	Imagem	Fornecedor	Quantidade	Custo €		Observações
				Unidade	Total	
Caixa FAC 3003		Aquário – Comércio de Electrónica, Lda.	1	21,20	21,20	
Componentes montados no painel de trás						
Ficha c/rosca 5P macho		Diodo – Comércio Ind.Mat.Electrónico,	1	1,35	1,35	
Ficha c/rosca 5P fêmea		Diodo – Comércio Ind.Mat.Electrónico, Lda.	1	1,82	1,82	
Cabo 6c		Aquário – Comércio de Electrónica, Lda.	2m	0,60	1,20	
Porta fusível		Aquário – Comércio de Electrónica, Lda.	1	0,45	0,45	
Fusível de 200 mA, 250 V		Aquário – Comércio de Electrónica, Lda.	1	0,10	0,10	
Total parcial					26,12	Total acumulado 26,12

Tabela A6.1: Custo dos principais componentes aplicados no protótipo (continuação).

Designação	Imagem	Fornecedor	Quantidade	Custo €		Observações
				Unidade	Total	
Ficha macho com terra			1	0,75	0,75	Disponibilizada pela FEUP "Valor aproximado"
Ficha de alimentação à rede			1	4,50	4,50	Disponibilizada pela FEUP "Valor aproximado"
Componentes montados no chassis						
Calha DIN; suporte fonte alimentação			78 mm	0,15	0,15	Disponibilizada pela FEUP "Valor aproximado"
Fonte de alimentação DR45W12 – 12 V cc/42 W		TUEL – Técnicos Unidos de Electrónica, LDA.	1	38,72	38,72	
Suporte e dissipador de calor			1	3,75	3,75	Disponibilizado pela FEUP "Valor aproximado"
LED C20C3-HRGB-60, 620/515/460 nm 3x350 mA		ROITHNER LASERTECHNIK GmbH	1	5,64	5,64	
Total parcial					53,51	Total acumulado 79,63

Tabela A6.1: Custo dos principais componentes aplicados no protótipo (continuação).

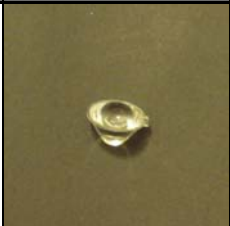
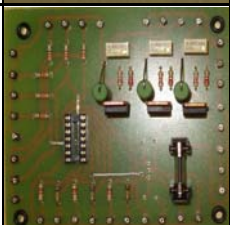
Designação	Imagem	Fornecedor	Quantidade		Custo €		Observações
					Unidade	Total	
10034, fiber coupling led optic		ROITHNER LASERTEC HNIK GmbH	1		3,86	3,86	
Placa electrónica			Porta fusível	1	0,15	0,15	Total custos da placa = 9,67€ (valores aproximados)
			Fusível 1,6 A	1	0,08	0,08	
			LM324N	1	0,50	0,50	
			Potenciómetros 64 W_220 K	3	0,80	2,40	
			Resistências 220 Ω	3	0,05	0,15	
			Resistências 1 k2	6	0,05	0,30	
			Resistências 330 Ω	9	0,05	0,45	
			Resistências 150 k	3	0,05	0,15	
			Resistências 47-5 W	3	0,6	1,80	
			TIP31c	3	0,90	2,70	
			Conectores	34	0,029	0,99	
			Total parcial				

Tabela A6.1: Custo dos principais componentes aplicados no protótipo (continuação).

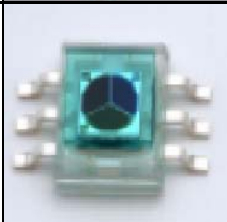
Designação	Imagem	Fornecedor	Quantidade	Custo €		Observações
				Unidade	Total	
Orring (para protecção e ajuste da lente)		Rofir – F. Lemos & Rodrigues, LDA.	1	0,10	0,10	
Cápsula do led			1		-	Componente produzido e material disponibilizado
Color sensor evaluation circuit C9331; cabo de ligação incluído		HAMAMATSU	1	119,52	119,52	
Si photodiode S9032-02 (R,G,B) color sensor		HAMAMATSU	1	9,56	9,56	
Suporte da placa electrónica do sensor de cor (R,G,B)			1		-	Componente produzido e material disponibilizado
Tubo com diâmetro externo de 9 mm e interno de 3 mm (para o posicionador de 24 mm entre o chassis e o suporte da placa electrónica do sensor)		Porfírio Marq. Monteiro (material)	4	0,05	0,20	Componente produzido
Tubo diâmetro ext. de 9 mm e int. de 3 mm (para o posicionador de 6 mm entre o chassis e a placa electrónica do protótipo)		Porfírio Marq. Monteiro (material)	4	0,04	0,16	Componente produzido
Total parcial					129,54	Total acumulado 222,7

Tabela A6.1: Custo dos principais componentes aplicados no protótipo (continuação).

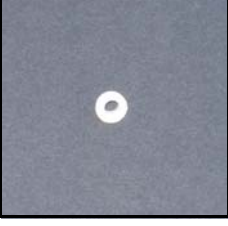
Designação	Imagem	Fornecedor	Quantidade	Custo €		Observações
				Unidade	Total	
Condutores e abraçadeira		LEDistrónica – Comp.Electrónicos, Lda.	1	2,00	2,00	
Parafusos C/CIL PH ZN M-3x10		ARTIFIXO – Artigos de Fixação, Lda.	24	0,018	0,43	
Parafusos C/CIL PH ZN M-3x25		ARTIFIXO – Artigos de Fixação, Lda.	5	0,019	0,095	
Parafusos C/CIL PH ZN M-3x40		ARTIFIXO – Artigos de Fixação, Lda.	6	0,020	0,12	
Manga térmica		LEDistrónica – Comp.Electrónicos, Lda.	0,5m	1,04	0,52	
Porcas hexagonais <i>DIN/934</i> M-3ZN		ARTIFIXO – Artigos de Fixação, Lda.	35	0,02	0,70	
Anilha para isolamento de parafusos CXTO220		LEDistrónica – Comp.Electrónicos, Lda.	20	0,07	1,40	
Total parcial					5,27	Total acumulado 227,97

Tabela A6.1: Custo dos principais componentes aplicados no protótipo (continuação).

Designação	Imagem	Fornecedor	Quantidade	Custo €		Observações
				Unidade	Total	
Abraçadeira plástica para fixação das fibras ópticas			13	0,01	0,13	
Componentes montados no Painel lateral esquerdo						
Suporte para a pilha de 9 V			1	0,07	0,07	Disponibilizada pela FEUP "Valor aproximado"
Pilha 9 V		Aquário – Comércio de Electrónica, Lda.	1	1,40	1,40	
Ligador pilha 9 V		Aquário – Comércio de Electrónica, Lda.	1	0,20	0,20	
Suporte de microfone (elemento adaptado)		Manuel Pereira Resende, Lda.	1	5,00	5,00	
Componentes montados no Painel frontal						
Suporte led 5 mm Borracha HD5SC		LEDistrónica – Comp.Electrónicos, Lda.	1	0,13	0,13	
Interruptor ON/OFF		Aquário – Comércio de Electrónica, Lda.	1	2,20	2,20	
Total parcial					9,13	Total acumulado 237,1

Tabela A6.1: Custo dos principais componentes aplicados no protótipo (continuação).

Designação	Imagem	Fornecedor	Quantidade	Custo €		Observações
				Unidade	Total	
Digital Panel Meter (display 3-1/2D LCD Alimentação 9 V (200 mV – 500 V)		J.P. Silva & Pinto, Lda. Comp.Electrónicos Automação e controlo.	1	7,62	7,62	
Interruptor alavanca para o painel		Aquário – Comércio de Electrónica, Lda.	1	1	1	
Kit voltímetro de 4- 16 V DC Kit voltímetro de 12 leds redo 3 cores- Noru		LEDistrónica – Comp.Electrónicos, Lda.	2 1	17,76 19,00	54,53	
Led 5 mm verde normal led500VD		LEDistrónica – Comp.Electrónicos, Lda.	13	0,13	1,69	
Led 5 mm transparente azul H.B. 300mcd		LEDistrónica – Comp.Electrónicos, Lda.	13	0,85	11,05	
Comutador			1	1,90	1,90	(Valor aproximado)
Botão preto+tampa+seta para o comutador		LEDistrónica – Comp.Electrónicos, Lda.	1	1,32	1,32	
Total parcial					79,11	Total acumulado 316,21

Tabela A6.1: Custo dos principais componentes aplicados no protótipo (conclusão).

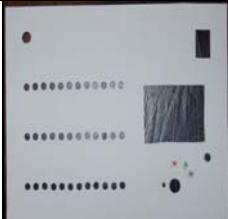
Designação	Imagem	Fornecedor	Quantidade	Custo €		Observações
				Unidade	Total	
Placa do painel frontal em polímero branco			1		-	Componente produzido e material disponibilizado
Sinalética em vinil auto-colante					-	Material disponibilizado
Montagem das fibras						
Fixador da fibra ao led e sensor			2	0,24	0,48	Componente produzido
Fixador da fibra ao otoscópio			2	0,24	0,48	Componente produzido
Fibra óptica de diâmetro externo 1,25 mm (multifilar_9 fios)			1,5m	13,33	20,00	Oferta "Valor aproximado"
Borracha fixadora das fibras ao otoscópio			1		0,15	Oferta "Valor aproximado"
Portes		ROITHNER LASERTECHNIK GmbH			22,50	Portes
Total parcial					43,61	Total acumulado 359,82
Final					359,82€	

Tabela A7.1: Avaliação da quantidade de cor detectada pelo sensor e monitorizada no *display*, segundo os respectivos canais de cor, (*R,G,B*), relativamente às percentagens de cor emitidas pelo *led* emissor de luz (*R,G,B*) na sua intensidade máxima e de forma independente, sobre as imagens de ensaio.

Parâmetros	Cor	R	G	B	Iluminação natural								—		
	Canal de cor	?			Iluminação dedicada								X		
	Led com lente	✓			Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo								✓		
	Sensor com lente	X			Fibra receptora afastada da imagem								5 mm		
	Sensor com protecção à iluminação ambiente	—			Fibra emissora afastada da imagem								5 mm		
	Fibra afastada da lente do led	—			Diâmetro da fibra								—		
	Fibra afastada da lente do sensor	X			Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon								Nylon		
	Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.														
Regulação potenciômetro % de cor			Canal de cor	Correspondência às imagens									Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio
R	G	B		sem otite				com otite					Branco	Azul	
100	0	0	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9			23_10_2006
				4,0 4,1	3,7	4	3,9	3,9 4,0	4,5 4,6	4,3 4,4	4,4 4,5	4,3 4,4	4,0 4,1	3,7	
100	0	0													26_01_2007
			6,7 6,8	5,1 5,2	7,4 7,5	5,7 5,8	6,2 6,3	9,3 9,4	8,7 8,8	9,5 9,6	7,2 7,3	10,4 10.5	3,1 3,2		
0	100	0	G												05_01_2007
0	0	100	B												
Conclusões: • Verificaram-se valores superiores para as medições realizadas no canal de cor R (vermelho) assim como para o diferencial Facto devido à predominância da tonalidade avermelhada das imagens que constituem a tabela de referência de imagens do tímpano; • Diferencial de 4,5 (9,6-5,1), para o ensaio do dia 26_01_2007. Notas: • O ensaio de 23_10_2006 foi realizado com fibras de 2,17 mm de diâmetro e encostada à lente do led emissor da luz; • O ensaio de 23_10_2006 foi realizado sem protecção de sensor à luz ambiente; • Os ensaios de 26 de Janeiro foram realizados com fibras de 1,25 mm de diâmetro (multifilar_9 fios) e afastadas 1 mm da lente do led emissor; • Os ensaios de 23_10_2006 foram realizados usando-se a primeira placa electrónica; potenciômetros com escala de 1 a 10 (10 corresponde ao máximo=100%) e os restantes ensaios usando-se a placa electrónica final; potenciômetros afinados por número de voltas (25 Voltas correspondem ao máximo=100%); • Os valores das medições são em mV.															

Tabela A7.2: Avaliação da quantidade de cor detectada pelo sensor e monitorizada no *display*, segundo os respectivos canais de cor, (R,G,B) relativas às combinações de percentagens de cor emitidas pelo *led* emissor de luz (R,G,B) sobre as imagens de ensaio.

Parâmetros	Cor	R	G	B	Iluminação natural	—									
	Canal de cor	?			Iluminação dedicada	X									
	Led com lente	✓			Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo	✓									
	Sensor com lente	X			Fibra receptora afastada da imagem	5 mm									
	Sensor com protecção à iluminação ambiente	—			Fibra emissora afastada da imagem	5 mm									
	Fibra afastada da lente do led	—			Diâmetro da fibra	—									
	Fibra afastada da lente do sensor	—			Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon	Nylon									
Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.															
Regulação potenciômetro % de cor			Canal de cor	Correspondência às imagens									Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio
R	G	B		sem otite				com otite					Branco	Azul	
100	0	0	R	4,0 4,1	3,7	4	3,9	3,9 4,0	4,5 4,6	4,3 4,4	4,4 4,5	4,3 4,4	4,0 4,1	3,7	23_10_2006
100	0	0		5,1 5,2	3,4 3,5	5,1 5,2	5,2 5,3	5,5 5,6	7,7 7,8	6,9 7,0	7,2 7,3	6,2 6,3	7,9 8,0	2,3 2,4	07_01_2007
100	60	32		6,1 6,2	4,3 4,4	5,5 5,6	6,0 6,1	6,7 6,8	8,8 8,9	7,4 7,5	8,1 8,2	8,0 8,1	9,3 9,4	3,2 3,3	28_01_2007
100	100	0	G	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	23_10_2006
100	100	0		0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	07_01_2007
100	60	32		1,1 1,2	1,1 1,2	1,1 1,2	1,1 1,2	1,1 1,2	1,1 1,2	1,1 1,2	1,1 1,2	1,1 1,2	1,1 1,2	1,1 1,2	28_01_2007
100	100	100	B	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	23_10_2006
100	100	100		0,5 0,6	0,5 0,6	0,5 0,6	0,5 0,6	0,5 0,6	0,5 0,6	0,5 0,6	0,5 0,6	0,5 0,6	0,5 0,6	0,5 0,6	07_01_2007
100	100	32		0,8 0,9	0,8 0,9	0,8 0,9	0,8 0,9	0,8 0,9	0,8 0,9	0,8 0,9	0,8 0,9	0,8 0,9	0,8 0,9	0,8 0,9	28_01_2007
Conclusões:															
•Verificou-se que o canal de cor R (vermelho) regista valores e diferenciais dentro do esperado;															
•Verificou-se que tanto o canal de cor G (verde) como o canal B (azul) deixam de registar valores e diferenciais significativos à medida que se mistura o verde e azul com o vermelho no seu máximo.															
Notas:															
•O ensaio de 23_10_2006 foi realizado sem protecção de sensor à luz ambiente;															
•O ensaio de 23_10_2006 foi realizado com fibras de 2,17 mm de diâmetro e encostada à lente do led emissor da luz;															
•Os ensaios de 07 a 28_01_2007 foram realizados com fibras de 1,25 mm de diâmetro (multifilar) e afastadas 1 mm da lente do led emissor;															
•Os ensaios de 07 e 28_01_2007 são superiores essencialmente devido aos melhoramentos da placa electrónica principal do protótipo;															
•Os ensaios de 23_10_2006 foram realizados usando-se a primeira placa electrónica; potenciômetros com escala de 1 a 10 (10 corresponde ao máximo=100%) e os restantes usando-se a placa electrónica final; potenciômetros afinados por número de voltas (25 Voltas correspondem ao máximo=100%);															
•Os valores das medições são em mV.															

Tabela A7.3: Tabela orientadora, da mistura das três componentes de cor, segundo as suas percentagens *R* (vermelho), *G* (verde) e *B* (azul).

Parâmetros	Cor		R	G	B	Iluminação natural						—		
	Canal de cor		R			Iluminação dedicada						X		
	Led com lente		✓			Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo						✓		
	Sensor com lente		X			Fibra receptora afastada da imagem						5 mm		
	Sensor com protecção à iluminação ambiente		✓			Fibra emissora afastada da imagem						5 mm		
	Fibra afastada da lente do led		1 mm			Diâmetro da fibra (fibra multifilar_9 fios)						1,25 mm		
	Fibra afastada da lente do sensor		X			Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon						Nylon		
Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.														
Regulação potenciómetro			Correspondência às imagens									Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio
% de cor			sem otite				com otite					Branco	Azul	
R	G	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
—	—	0						1,9 2,0				1,9 2,0		07_01_2007
Sem cor								2,3 2,4						
20	0	0						2,5 2,6						
Avermelhada								3,5 3,6						
40	0	0						8,5 8,6						
Avermelhada								7,8 7,9	8,5 8,6	6,7 6,8	11,2 11,3	3,2 3,3		
60	0	0						9,2 9,3						
Avermelhada								9,2 9,3						
80	0	0						9,0 9,1						
Avermelhada								7,5 7,6						
100	0	0	6,0 6,1	4,2 4,3	5,6 5,7	6,1 6,2	7,3 7,4	9,3 9,4	7,8 7,9	8,5 8,6	6,7 6,8	11,2 11,3	3,2 3,3	
Avermelhada								9,2 9,3						
100	20	0						9,2 9,3						
Alaranjada								9,2 9,3						
100	40	0						9,0 9,1						
Amarelada								7,5 7,6						
100	60	0						7,5 7,6						
Esverdeada								7,0 7,1						
100	80	0						5,4 5,5						
Esverdeada								5,2 5,3	4,4 4,5	4,5 4,6	4,1 4,2	6,0 6,1	2,4 2,5	
100	100	0	5,1 5,2	3,9 4,0	4,7 4,8	5,2 5,3	5,8 5,9	7,5 7,6	6,5 6,6	6,9 7,0	6,3 6,4	8,8 8,9	3,1 3,2	
Esverdeada								7,4 7,5						
100	100	20						7,3 7,4						
Esverdeada								7,0 7,1						
100	100	40						7,4 7,5						
Esverdeada								7,0 7,1						
100	100	60						5,4 5,5						
Verde claro								5,2 5,3	4,4 4,5	4,5 4,6	4,1 4,2	6,0 6,1	2,4 2,5	
100	100	80						5,4 5,5						
Azul claro								5,2 5,3	4,4 4,5	4,5 4,6	4,1 4,2	6,0 6,1	2,4 2,5	
100	100	100	3,6 3,7	2,9 3,0	3,4 3,5	3,9 4,0	4,0 4,1	5,2 5,3	4,4 4,5	4,5 4,6	4,1 4,2	6,0 6,1	2,4 2,5	
Azul														
Conclusões:														
•Verificou-se um maior diferencial para o ensaio realizado com o potenciómetro do vermelho no máximo. Diferencial de 5,2 (9,4-4,2). Verificou-se ainda que à medida que se acrescentava verde e depois azul o valor da medição baixava.														
Nota:														
•Os ensaios foram realizados usando-se a placa electrónica final; potenciómetros afinados por número de voltas (25 Voltas correspondem ao máximo=100%);														
•Os valores das medições são em mV														

Tabela A7.4: Combinação de cor (R,G,B) que origina o maior valor medido.

Parâmetros	Cor	R	G	B	Iluminação natural					—				
	Canal de cor	R			Iluminação dedicada					X				
	Led com lente	✓			Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo					✓				
	Sensor com lente	X			Fibra receptora afastada da imagem					5 mm				
	Sensor com protecção à iluminação ambiente	✓			Fibra emissora afastada da imagem					5 mm				
	Fibra afastada da lente do led	1 mm			Diâmetro da fibra (fibra multifilar_9 fios)					1,25 mm				
	Fibra afastada da lente do sensor	X			Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon					Nylon				
	Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.													
Regulação potenciómetro			Correspondência às imagens									Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio
% de cor			sem otite				com otite							
R	G	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Branco	Azul	
0	0	0												07_01_2007
Sem cor														
100	0	0						9,2 9,3						
Avermelhada														
100	20	0						9,1 9,2						
Alaranjada														
100	40	0						9,0 9,1						
Amarelada														
100	60	20						9,0 9,1						
Rosada														
Conclusão:														
•Verificou-se que a combinação de cor R(100%), G(60%) e B(20%) é a que gera valores mais próximos dos máximos de referência, obtidos através da combinação R(100%), G(0%) e B(0%).														
Nota:														
•Os ensaios foram realizados usando-se a placa electrónica final; potenciómetros afinados por número de voltas (25 Voltas correspondem ao máximo=100%);														
•Os valores das medições são em mV.														

Tabela A7.5: Combinação de cor (R,G,B) que mais se aproxima do branco.

Parâmetros	Cor	R ?	G ?	B ?	Iluminação natural	—
	Canal de cor	R			Iluminação dedicada	X
	Led com lente	✓			Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo	✓
	Sensor com lente	X			Fibra receptora afastada da imagem	5 mm
	Sensor com protecção à iluminação ambiente	✓			Fibra emissora afastada da imagem	5 mm
	Fibra afastada da lente do led	1 mm			Diâmetro da fibra (fibra multifilar_9 fios)	1,25 mm
	Fibra afastada da lente do sensor	X			Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon	Nylon

Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.

Regulação potenciômetro			Correspondência às imagens									Ponto de controle (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio
% de cor			sem otite				com otite					Branco	Azul	
R	G	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
80	60	0						8,8 8,9						28_01_2007
Laranja claro														
80	60	20						9,0 9,1						
Alaranjado														
100	52	20										9,3 9,4		
Rosa claro														
100	52	28										9,3 9,4		
Rosa claro														
100	72	32										9,3 9,4		
Rosa claro														
100	60	20						9,0 9,1						
Rosada														
100	60	32						8,8 8,9				9,3 9,4		
Rosa mais claro														
100	60	60						8,6 8,7				9,2 9,3		
Verde claro														
100	80	60						7,8 7,9						
Verde claro														
100	80	80						7,4 7,5						
Azul claro														
100	100	80						6,4 6,5						
Azul claro														
100	100	100						5,6 5,7						
Azul														

Conclusão:

- Verificou-se que a combinação de cor R(100%), G(60%) e B(32%) é a que mais se aproxima da cor branca e dos valores máximos de referência, obtidos através da combinação R(100%), G(60%) e B(20%).

Nota:

- Os ensaios foram realizados usando-se a placa electrónica final; potenciômetros afinados por número de voltas (25 Voltas correspondem ao máximo=100%);
- Os valores das medições são em mV.

Tabela A7.6: Uso de lentes sobre o *led* emissor de luz e sensor de cor (R,G,B).

Parâmetros	Cor	R 100%	G 0	B 0	Iluminação natural	—
	Canal de cor	R			Iluminação dedicada	X
	Led com lente	?			Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo	✓
	Sensor com lente	?			Fibra receptora afastada da imagem	5 mm
	Sensor com protecção à iluminação ambiente	—			Fibra emissora afastada da imagem	5 mm
	Fibra afastada da lente do <i>led</i>	1 mm			Diâmetro da fibra	—
	Fibra afastada da lente do sensor	X			Cone do veio receptor da luz do <i>led</i> em: alumínio ou <i>nylon</i>	Nylon

Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.

Lentes		Fibra	Distância focal da lente ao sensor	Correspondência às imagens										Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio
Led	Sensor			sem otite				com otite						Branco	Azul	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9				
✓	✓	2,17 mm	± 2,5 mm	3,6 3,7	3,5 3,6	3,8 3,9	3,7 3,9	3,7 3,9	4	3,8	4,0	3,8			23_10_2006	
x	✓			2,4	2,4	2,4	2,5	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5				
				7,2	6,1	9,7	7,7	8,4	11,9	10,8	11,3	8,5				
x	x			1,0	0,8 0,9	0,9 1,0	0,9	1,0	1,1	1,0 1,1	1,1 1,2	1,0	1,2	0,8	07_11_2006	
				1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,0	08_11_2006	
✓	x			1,3	1,0 1,1	1,1 1,3	1,2 1,3	1,3	1,6	1,5	1,6	1,3	1,8	0,9		
		1,4	1,2 1,3	1,4 1,5	1,4	1,4 1,5	1,7	1,5	1,5 1,6	1,6	1,8	1,1				
✓	✓	1,25 mm	± 2,5 mm	3,0 3,1	2,3 2,4	2,9 3,0	2,7 2,8	3,1 3,2	4,0 4,1	3,8 3,9	4,1 4,2	3,2 3,3	4,4 4,5	1,8 1,9	05_01_2007	
✓	x			5,5 5,6	3,6 3,7	4,9 5,0	5,5 5,6	5,0 5,1	7,5 7,6	7,3 7,4	7,7 7,8	6,4 6,5	8,1 8,2	2,4 2,5		

Conclusão:

- Verificou-se um maior diferencial para os ensaios realizados com lente aplicada no *led* e sem lente aplicada no sensor. Diferencial de 4,2 (7,8-3,6).

Notas:

- Os valores elevados registados no dia 23_10_2006 devem-se à influência da luz ambiente no sensor;
- Os ensaios de 23_10_2006, 7 e 8_11_2006 foram realizados com fibras de 2,17 mm de diâmetro encostadas à lente do *led* emissor da luz. O ensaio de 05_01_2007 foi realizado com fibras de 1,25 mm de diâmetro (multifilar) e afastadas 1 mm da lente do *led* emissor;
- Os ensaios foram realizados usando-se a primeira placa electrónica; potenciómetros com escala de 1 a 10 (10 corresponde ao máximo=100%);
- Os valores das medições são em mV.

Tabela A7.7: Verificação da influência da luz ambiente no sensor.

Parâmetros	Cor	R100%G0B0			Iluminação natural	—						
	Canal de cor	R			Iluminação dedicada	✓						
	Led com lente	✓			Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo	✓						
	Sensor com lente	X			Fibra receptora afastada da imagem	5 mm						
	Sensor com protecção à iluminação ambiente	?			Fibra emissora afastada da imagem	5 mm						
	Fibra afastada da lente do led	1 mm			Diâmetro da fibra	2,17 mm						
	Fibra afastada da lente do sensor	X			Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon	Nylon						
	Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.											
Luz ambiente	Correspondência às imagens									Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Branco	Azul	
Dia	4,8 4,9	3,9 4,0	5,3 5,4	4,9 5,0	4,8 4,9	6,7 6,8	6,1 6,2	6,5 6,6	5,1 5,2	7,1 7,2	3,6 3,7	24_10_2006
Noite	0,8 0,9	0,8 0,9	0,7 0,8	0,7 0,8	0,9 1	0,9 1	0,9 1	1 1,1	1,0 1,1	1,1 1,2	0,7 0,8	
Conclusão: •Verificou-se que a luz ambiente influenciava de forma significativa a medição feita pelo sensor sem protecção, sendo o resultados durante o dia bastante superiores.												
Nota: •Os ensaios foram realizados usando-se a primeira placa electrónica; potenciómetros com escala de 1 a 10 (10 corresponde a máximo=100%); •Os valores das medições são em mV.												

Tabela A7.8: Verificação da distância da fibra à imagem.

Parâmetros	Cor		R		G		B		Iluminação natural				—	
			100%		0		0							
	Canal de cor		R				Iluminação dedicada				X			
	Led com lente		✓				Fibra emissora e receptora na ponta do espêculo				✓			
	Sensor com lente		X				Fibra receptora afastada da imagem				?			
	Sensor com protecção à iluminação ambiente		—				Fibra emissora afastada da imagem				?			
	Fibra afastada da lente do led		1 mm				Diâmetro da fibra				—			
	Fibra afastada da lente do sensor		X				Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon				Nylon			
Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.														
Emissora	Receptora	Correspondência às imagens									Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio	
		sem otite				com otite								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Branco	Azul		
1			0,7 0,8				0,7 0,8						30_10_2006	
1,5			1,1				1							
2			0,8 0,9				1,0 1,1							
3			1,6 1,7				1,8 1,9							
3,5			1,9 2,0				2,4 2,5							
4			1,7				2,1							
5			1,7 1,8				2,6 2,7							
6			1,6 1,7				2,3 2,4							
7			1,6				2,2							
5	6		1,5 1,6				2,0 2,1							
6	5		1,3 1,4				1,6 1,7							
10		2,6 2,7	2,5 2,6	2,6 2,7	2,6 2,7	2,6 2,7	2,8 2,9	2,7 2,8	2,7 2,8	2,6 2,7	2,9 3,0	2,5 2,6	28_01_2007	
8		3,5 3,6	2,9 3,0	3,2 3,3	3,2 3,3	3,4 3,5	4,0 4,1	3,5 3,6	3,8 3,9	3,6 3,7	4,1 4,2	3,0 3,1		
5			4,3 4,4				8,8 8,9							
3		7,3 7,4	4,3 4,4	5,7 5,8	5,2 5,3	6,4 6,5	10,4 10,5	7,2 7,3	8,6 8,7	7,2 7,3	12,4 12,5	3,1 3,2		
5		7,0 7,1	5,3 5,4	6,7 6,8	6,8 6,9	6,9 7,0	9,7 9,8	9,1 9,2	9,9 10,0	8,7 8,8	11,1 11,1	3,9 4,0	27_03_2007	
Fibras a 14 mm da ponta do espêculo e a 19 mm da imagem		3,3 3,4	3,1 3,2	3,3 3,4	3,3 3,4	3,4 3,5	3,7 3,8	3,6 3,7	3,6 3,7	3,5 3,6	3,7 3,8	3,0 3,1		
Fibras a 19 mm da ponta do espêculo e a 24 mm da imagem		3,2 3,3	3,0 3,1	3,1 3,2	3,1 3,2	3,2 3,3	3,3 3,4	3,3 3,4	3,3 3,4	3,3 3,4	3,4 3,5	3,1 3,2		
Conclusões:														
• Para se verificar a reflexão de luz, é necessário garantir um limite de aproximação das fibras à imagem. Esse limite é na ordem de 1 mm;														
• A distância da fibra a imagem definida para os ensaios a realizar foi de 5 mm devido ao diferencial aceitável de 4,6 (8,9-4,3) ensaio realizado em 28_01_2007, e distância de segurança relativamente à membrana do tímpano.														
Notas:														
• Nas medições realizadas em 30_10_2006 usaram-se fibras de 2,17 mm de diâmetro;														
• Nas medições realizadas em 28_01_2007 e 27_03_2007 usaram-se fibras de 1,25 mm de diâmetro e o sensor protegido da luz ambiente;														
• Os ensaios de 30_10_2006 foram realizados usando-se a primeira placa electrónica; potenciómetros com escala de 1 a 10 (10 corresponde ao máximo=100%) e os restantes ensaios usando-se a placa electrónica final; potenciómetros afinados por número de voltas (25 Voltas correspondem ao máximo=100%);														
• Os valores das medições são em mV.														

Tabela A7.9: Verificação da influência da luz ambiente na imagem do tímpano.

Parâmetros	Cor	R100%00B			Iluminação natural		?					
	Canal de cor	R			Iluminação dedicada		?					
	Led com lente	✓			Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo		✓					
	Sensor com lente	X			Fibra receptora afastada da imagem		5 mm					
	Sensor com protecção à iluminação ambiente	✓			Fibra emissora afastada da imagem		5 mm					
	Fibra afastada da lente do led	1 mm			Diâmetro da fibra (multifilar 9_fios)		1,25 mm					
	Fibra afastada da lente do sensor	X			Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon		Nylon					
	Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.											
Iluminação	Correspondência às imagens									Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio
	sem otite				com otite					Branco	Azul	
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Iluminação natural	1,3	1,0	1,2 1,3	1,2	1,3 1,4	1,8	1,6 1,7	1,5 1,6	1,7	2,0	0,9	7_11_2006
Iluminação dedicada	1,3 1,4	1,0 1,1	1,4	1,3 1,4	1,4 1,5	1,8	1,6 1,6	1,8 1,9	1,7	2,0	0,9	
						2,0						8_11_2006
Conclusão: •Verificou-se um diferencial ligeiramente superior para o ensaio realizado com iluminação dedicada, através da projecção d luz de um candeeiro directamente sobre as imagens.												
Nota: •Os ensaios foram realizados usando-se a placa electrónica final; potenciómetros afinados por número de voltas (25 Voltas correspondem ao máximo=100%); •Os valores das medições são em mV.												

Tabela A7.10: Verificação da distância da fibra à lente do *led*.

Parâmetros	Cor	R100%G0B0			Iluminação natural		—					
	Canal de cor	R			Iluminação dedicada		X					
	Led com lente	✓			Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo		✓					
	Sensor com lente	X			Fibra receptora afastada da imagem		5 mm					
	Sensor com protecção à iluminação ambiente	✓			Fibra emissora afastada da imagem		5 mm					
	Fibra afastada da lente do led	?			Diâmetro da fibra (multifilar 9_fios)		—					
	Fibra afastada da lente do sensor	X			Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon		Nylon					
	Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.											
Distância da fibra ao led (mm)	Correspondência às imagens									Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio
	sem otite				com otite							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Branco	Azul	
Encostada	1,2 1,3	1,1 1,2	1,2 1,3	1,2	1,2 1,3	1,4 1,5	1,3 1,4	1,4 1,5	1,4 1,5	1,6	1,0	05_11_2006
0,5	0,9 1,0	1,0	1,0	1,0 1,1	1,1	1,2 1,3	1,2	1,2	1,1 1,2	1,3	1,0	
1	1,6	1,3 1,4	1,5 1,6	1,6 1,7	1,6	2,0 2,1	1,9	2,1	1,9	2,2	1,1 1,2	
1,5	1,0	1,0	1,0	0,9 1,0	1,0	1,0	1,0	1,0 1,1	0,9 1,0	1,0	0,9	
10	1,1 1,2	1,0 1,1	1,1	1,1 1,2	1,1 1,2	1,2 1,3	1,1 1,2	1,2 1,3	1,1 1,2	1,2 1,3	1,0 1,1	
11,8	1,1	0,9 1,0	1,1	1,1 1,2	1,1 1,2	1,2 1,3	1,2 1,3	1,3	1,1	1,3	0,9	
20	0,9 1,0	0,9 1,0	0,9 1,0	0,9 1,0	0,9 1,0	0,9 1,0	0,9 1,0	0,9 1,0	0,9 1,0	0,9 1,0	0,9 1,0	
Encostada		4,0 4,1				9,1 9,2						27_01_2007
0,5		4,0 4,1				10,1 10,2						
1		4,2 4,3				10,6 10,7						
1,5		4,2 4,3				10,4 10,5						
2		4,0 4,1				9,6 9,7						
3		3,6 3,7				7,4 7,5						
Conclusão:												
•Embora o plano de focagem da lente aconselhada pelo fabricante e acoplada no led, esteja situado a 11,8 mm, verificou-se que a fibra afastada da lente em 1 mm define o maior valor das medições assim como de diferencial. No caso dos ensaios realizados em 27_01_2007 o diferencial foi de 6,5 (10,7-3,2).												
Notas:												
• Nas medições realizadas em 05_11_2006 usaram-se fibras de 2,17 mm de diâmetro;												
• Nas medições realizadas em 27_01_2007 usaram-se fibras de 1,25 mm de diâmetro;												
• Os ensaios de 05_11_2006 foram realizados usando-se a primeira placa electrónica; potenciómetros com escala de 1 a 10 (10 corresponde ao máximo=100%) e os restantes ensaios usando-se a placa electrónica final; potenciómetros afinados por número de voltas (25 Voltas correspondem ao máximo=100%);												
• Os valores das medições são em mV.												

Tabela A7.11: Verificação da distância da fibra ao sensor.

Parâmetros	Cor	R	G	B	Iluminação natural	—						
		100%	0	0								
	Canal de cor	R			Iluminação dedicada	X						
	Led com lente	✓			Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo	✓						
	Sensor com lente	X			Fibra receptora afastada da imagem	5 mm						
	Sensor com protecção à iluminação ambiente	✓			Fibra emissora afastada da imagem	5 mm						
	Fibra afastada da lente do led	1 mm			Diâmetro da fibra (multifilar 9_fios)	1,25 mm						
Fibra afastada da lente do sensor	?			Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon	Nylon							
Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.												
Distância da fibra ao sensor (mm)	Correspondência às imagens									Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio
	sem otite				com otite							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Branco	Azul	
Encostada	6,1 6,2	5,1 5,2	7,4 7,5	5,7 5,8	6,2 6,3	9,3 9,4	8,7 8,8	9,5 9,6	7,2 7,3	10,4 10,5	3,1 3,2	26_01_2007
0,5	5,5 5,6	4,1 4,2	5,6 5,7	5,1 5,2	5,7 5,8	7,4 7,5	6,6 6,7	7,4 7,5	6,4 6,5	8,2 8,3	2,9 3,0	
1	4,7 4,8	3,3 3,4	5,1 5,2	4,9 5,0	5,0 5,1	6,7 6,8	6,0 6,1	6,5 6,6	5,6 5,7	7,0 7,1	2,7 2,8	
2		3,0 3,1				4,5 4,6						
Conclusão: • Verificou-se em todos os ensaios que a fibra afastada do sensor fazia baixar o resultado das medições. O parâmetro distância da fibra ao sensor foi definido considerando a fibra encostada ao sensor sendo o diferencial de 4,3 (9,3-5,2).												
Nota: • Os ensaios foram realizados usando-se a placa electrónica final; potenciómetros afinados por número de voltas (25 Voltas correspondem ao máximo=100%); • Os valores das medições são em mV.												

Tabela A7.12: Verificação da fibra óptica emissora acoplada ao conjunto de fibras de vidro do otoscópio.

Parâmetros	Cor	R	G	B	Iluminação natural	—						
		100%	0	0								
	Canal de cor	R			Iluminação dedicada	X						
	Led com lente	✓			Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo	X						
	Sensor com lente	X			Fibra receptora afastada da imagem	Entre 1 a 5 mm						
	Sensor com protecção à iluminação ambiente	✓			Fibra emissora afastada da imagem	10 mm						
	Fibra afastada da lente do led	1 mm			Diâmetro da fibra (multifilar 9_fios)	1,25 mm						
	Fibra afastada da lente do sensor	X			Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon	Nylon						
Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.												
Fibra acoplada à fibra de vidro do otoscópio	Correspondência às imagens									Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio
	sem otite				com otite					Branco	Azul	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Encostada	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	0,7 0,8	05_11_2006	
Conclusões:												
•Verificou-se que não havia diferencial entre os valores resultantes da medição. Concluiu-se ainda que os resultados se deviam principalmente à intensidade luminosa baixar consideravelmente, devido à distância do ponto luminoso (anel do otoscópio) à imagem e ainda o efeito (iluminação em anel) que condiciona a reflexão à fibra receptora.												
Nota:												
•Os ensaios foram realizados usando-se a primeira placa electrónica; potenciómetros com escala de 1 a 10 (10 corresponde ao máximo=100%);												
•Os valores das medições são em mV.												

Tabela A7.13: Verificação do efeito das pontas das fibras descarnadas.

Parâmetros	Cor	R G B 100%00			Iluminação natural		—						
	Canal de cor	R			Iluminação dedicada		X						
	Led com lente	✓			Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo		✓						
	Sensor com lente	X			Fibra receptora afastada da imagem		5 mm						
	Sensor com protecção à iluminação ambiente	✓			Fibra emissora afastada da imagem		5 mm						
	Fibra afastada da lente do led	1 mm			Diâmetro da fibra		2,17 mm						
	Fibra afastada da lente do sensor	X			Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon		Nylon						
	Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.												
Pontas fibras descarnadas junto ao led e sensor		Correspondência às imagens									Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio
		sem otite				com otite							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Branco	Azul	05_11_2006
Sem descarnar		1,6	1,3 1,4	1,5 1,6	1,6 1,7	1,6	2,0 2,1	1,9	2,1	1,9	2,2	1,1 1,2	
Descarnadas		1,5 1,6	1,2 1,3	1,6 1,7	1,5 1,6	1,6 1,7	1,9 2,0	1,9	2,0 2,1	1,9 2,0	2,1 2,2	1,1 1,2	
Conclusão: •Verificou-se um diferencial para o ensaio realizado com pontas das fibras descarnadas, junto ao led e ao sensor de 0,9 (2,1 1,2). Concluiu-se assim que não justificava o descarnar da fibra.													
Nota: •Os ensaios foram realizados usando-se a primeira placa electrónica; potenciómetros com escala de 1 a 10 (10 corresponde a máximo=100%); •Os valores das medições são em mV.													

Tabela A7.14: Verificação do efeito do cone convergente da luz do *led* em metal e em não-metal.

Parâmetros	Cor	R100%00			Iluminação natural							—			
	Canal de cor	R					Iluminação dedicada							X	
	Led com lente	✓					Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo							✓	
	Sensor com lente	X					Fibra receptora afastada da imagem							5 mm	
	Sensor com protecção à iluminação ambiente	✓					Fibra emissora afastada da imagem							5 mm	
	Fibra afastada da lente do led	1 mm					Diâmetro da fibra (multifilar 9_fios)							1,25 mm	
	Fibra afastada da lente do sensor	X					Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon							?	
	Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.														
Cone orientador da luz do led	Correspondência às imagens										Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio		
	sem otite				com otite										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Branco	Azul				
Nylon	1,2 1,3	1,0 1,1	1,2	1,2	1,1 1,2	1,4 1,5	1,4 1,5	1,4 1,5	1,4	1,5	1,5 1,6	0,9	06_11_2006		
	1,2	1,0	1,2	1,1 1,2	1,1 1,2	1,4 1,5	1,4	1,5	1,3 1,2	1,5 1,6	0,9				
	6,7 6,8	5,1 5,2	7,4 7,5	5,7 5,8	6,2 6,3	9,3 9,4	8,7 8,8	9,5 9,6	7,2 7,3	10,4 10.5	3,1 3,2	26_01_2007			
Alumínio	1,4 1,5	1,1 1,2	1,4	1,4 1,5	1,5 1,6	2,0 2,1	1,9	2,1	1,9 2,0	2,2	0,9	06_11_2006			
	1,3	1,1	1,2 1,3	1,2 1,3	1,2 1,3	1,8	1,6	1,8	1,6	1,9	0,9				
	6,3 6,4	3,7 3,8	6,7 6,8	5,8 5,9	6,0 6,1	8,7 8,8	8,3 8,4	8,5 8,6	6,8 6,9	9,9 10	3,2 3,3	26_01_2007			
Conclusões: •Verificou-se um maior diferencial para os ensaios realizado na data de 06_11_2006 com veio em alumínio (cone orientado da luz do led). Por outro lado, também se verificou que os valores resultados da medição na data de 26_01_2007 foram superiores com o veio em nylon.															
Notas: •Os ensaios de 06_11_2006 foram realizados usando-se a primeira placa electrónica; potenciómetros com escala de 1 a 10 (10 corresponde ao máximo=100%) e os restantes ensaios usando-se a placa electrónica final; potenciómetros afinados por número de voltas (25 Voltas correspondem ao máximo=100%); •Os valores das medições são em mV.															

Tabela A7.15: Verificação de diferentes tipos e diâmetros de fibra óptica.

Parâmetros	Cor	R100%00			Iluminação natural						—		
	Canal de cor	R			Iluminação dedicada						X		
	Led com lente	✓			Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo						✓		
	Sensor com lente	X			Fibra receptora afastada da imagem						5 mm		
	Sensor com protecção à iluminação ambiente	✓			Fibra emissora afastada da imagem						5 mm		
	Fibra afastada da lente do led	1 mm			Diâmetro da fibra						?		
	Fibra afastada da lente do sensor	X			Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon						Nylon		
	Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.												
Diferentes tipos e diâmetros da fibra óptica (mm)		Correspondência às imagens									Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio
Emissora	Receptora	sem otite				com otite					Branco	Azul	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
2,17		15,5 15,6	8,1 8,2	12,2 12,3	12,5 12,6	12,9 13,0	19,3 19,4	17,5 17,6	19,8 19,9	16,1 16,2	22,2 22,3	4,7 4,8	28_01_2007
1,25		6,7 6,8	5,1 5,2	7,4 7,5	5,7 5,8	6,2 6,3	9,3 9,4	8,7 8,8	9,5 9,6	7,2 7,3	10,4 10,5	3,1 3,2	
		6,7 6,8	4,1 4,2	5,4 5,5	5,9 6,0	7,2 7,3	9,4 9,5	7,4 7,5	8,2 8,3	6,8 6,9	9,0 9,1	3,1 3,2	
1		4,6 4,7	3,4 3,5	4,1 4,2	4,1 4,2	4,6 4,7	6,0 6,1	5,1 5,2	5,6 5,7	4,7 4,8	5,9 6,0	3,0 3,1	
2,17	1,25	7,6 7,7	4,6 4,7	7,0 7,1	7,3 7,4	6,7 6,8	10,6 10,7	8,6 8,7	9,4 9,5	9,2 9,3	10,8 10,9	3,3 3,4	
1,25	2,17	4,8 4,9	3,5 3,6	4,4 4,5	3,9 4,0	5,4 5,5	7,1 7,2	6,0 6,1	6,6 6,7	5,8 5,9	7,1 7,2	3,0 3,1	
2,17	1	5,4 5,5	3,4 3,5	4,3 4,4	3,8 3,9	4,8 4,9	6,5 6,6	5,3 5,4	5,3 5,4	4,8 4,9	6,6 6,7	2,8 2,9	
1	2,17	5,4 5,5	3,5 3,6	4,4 4,5	4,3 4,4	4,3 4,4	6,1 6,2	5,9 6,0	6,3 6,4	4,6 4,7	5,8 5,9	2,8 2,9	
Conclusão: •Verificou-se, nos ensaios realizados com fibra emissora e receptora de 2,17 mm os valores da medição são maiores assim como o diferencial associado.													
Notas: •As fibras de 1 e 2,17 mm de diâmetro são unifilares; •As fibras de 1,25 mm de diâmetro são multifilares com 9 fios; •Os ensaios foram realizados usando-se a placa electrónica final; potenciómetros afinados por número de voltas (25 Voltas correspondem ao máximo=100%); •Os valores das medições são em mV.													

Tabela A7.16: Verificação dos efeitos do uso da iluminação do *led* (R,G,B), do otoscópio e de ambos (*led*+otoscópio).

Parâmetros	Cor	R100%G60%B32%			Iluminação natural					—		
	Canal de cor	R			Iluminação dedicada					X		
	Led com lente	✓			Fibra emissora e receptora na ponta do espéculo					✓		
	Sensor com lente	X			Fibra receptora afastada da imagem					5 mm		
	Sensor com protecção à iluminação ambiente	✓			Fibra emissora afastada da imagem					5 mm		
	Fibra afastada da lente do led	1 mm			Diâmetro da fibra					1,25 mm		
	Fibra afastada da lente do sensor	X			Cone do veio receptor da luz do led em: alumínio ou nylon					Nylon		
	Legenda: ? parâmetro a definir; ✓ sim; X não; — parâmetro variável.											
Iluminação através de:	Correspondência às imagens									Ponto de controlo (zona de cor situada na tabela de imagens)		Data do ensaio
	sem otite				com otite							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Branco	Azul	
Led R,G,B	6,1 6,2	4,3 4,4	5,5 5,6	6,0 6,1	6,7 6,8	8,8 8,9	7,4 7,5	8,1 8,2	8,0 8,1	9,3 9,4	3,2 3,3	12_02_2007
	6,5 6,6	4,2 4,3	5,8 5,9	6,8 6,9	7,4 7,5	10,1 10,2	8,4 8,5	9,0 9,1	6,4 6,5	10,0 10,1	3,0 3,1	
	7,1 7,2	4,4 4,5	5,9 6,0	6,2 6,3	7,3 7,4	9,9 10,0	7,8 7,9	9,0 9,1	6,9 7,0	9,7 9,8	3,3 3,4	
Otoscópio	7,6 7,7	5,0 5,1	6,6 6,7	7,8 7,9	7,8 7,9	9,8 9,9	8,7 8,8	9,3 9,4	8,8 8,9	10,2 10,3	3,5 3,6	
	6,7 6,8	4,8 4,9	6,0 6,1	7,0 7,1	6,7 6,6	9,3 9,4	7,9 8,0	8,5 8,6	7,1 7,2	9,4 9,5	3,3 3,4	
	5,6 5,7	4,0 4,1	5,2 5,3	6,1 6,2	6,4 6,5	8,3 8,4	6,8 6,9	7,3 7,4	7,1 7,2	8,3 8,4	2,7 2,8	
Led + Otoscópio	12,0 12,1	7,8 7,9	10,6 10,7	11,3 11,4	12,7 12,8	17,2 17,3	14,8 14,9	16,4 16,5	14,6 14,7	17,4 17,5	4,4 4,5	
	12,1 12,2	7,7 7,8	10,3 10,4	11,0 11,1	11,7 11,8	18,2 18,3	14,4 14,5	16,4 16,3	15,4 15,5	17,8 17,9	4,5 4,6	
	11,4 11,5	7,0 7,1	9,5 9,6	9,0 9,1	11,5 11,6	17,0 17,1	13,5 13,6	15,2 15,3	14,1 14,2	16,5 16,6	3,9 4,0	
Conclusão: •Verificou-se, que os resultados das medições com o led (R,G,B), comparados com os resultados das medições, usando apenas a luz do otoscópio, não são muito diferentes e que usando em simultâneo a luz do led e do otoscópio os valores aumentam praticamente para o dobro.												
Nota: •Os ensaios foram realizados usando-se a placa electrónica final; potenciómetros afinados por número de voltas (25 Voltas correspondem ao máximo=100%); •Os valores das medições são em mV.												

Tabela A8.1: Compilação dos dados obtidos a partir dos ensaios realizados em ambiente clínico no Hospital Pedro Hispano (continua).

N.º Registo	N.º do processo	Sexo	Idade	Sintomas	Registo no protótipo		Diagnóstico	Profissional de saúde (Otorrinolaringologia) Dr./Dr.ª	Data ensaio
					Ouvido				
					Esquerdo	Direito			
1	—	F	—	—	3,9 4,0		Normal	Gustavo Lopes	27-03-2007
						3,9 4,0			
2	Profissional de saúde (Otorrino) Dr. Joaquim Vieira	M	—	—	3,3 3,4		Normal	Gustavo Lopes	
						3,9 4,0			
3	Profissional de saúde (Otorrino) Dr. Gustavo Lopes	M	—	—	3,7 3,8		Normal	Joaquim Vieira	
						3,7 3,8			
4	Profissional de saúde (Otorrino) Dr.ª Marta Neves	F	—	—	4,0 4,1		Normal	Marta Neves	
						4,0 4,1			
5	36879	M	30	Sensação de ouvido direito tapado	5,2 5,3		Normal	Cunha Moura	
						7,5 7,6	Otite serosa		
6	111417	M	30	Sensação ouvido esquerdo tapado	7,7 7,8		Obstrução tubar	Cunha Moura	
						5,4 5,5	Normal		
7	260805	F	44	Otalgia ouvido direito	3,9 4,0		Normal	Marta Neves	
						4,4 4,5	Otite média aguda		
8	—	F	21	Sensação ouvido direito tapado “cerúmen do ouvido direito removido”	4,5 4,6		Normal (prociência da parede anterior de ambos os canais)	Marta Neves	
						4,6 4,7			
9	176196	M	55	Otorreia no ouvido direito	2,7 2,8		Membrana timpânica com cicatrização	Gustavo Lopes	28-03-2007
						2,7 2,8	Otite média crónica simples		
10	432807	F	49	—	3,8 3,9		Normal (Crosta atical)	Gustavo Lopes	
						3,7 3,8	Timpanoplastia		
11	Enfermeira	F	24	—	4,3 4,4		Normal	Gustavo Lopes	
						4,5 4,6			
12	425176	M	47	—	4,2 4,3		Normal	Gustavo Lopes	
						4,4 4,5			
13	214985	F	34	—	5,1 5,2		Normal	Marta Neves	
						5,0 5,1	Timpanoplastia		
14	—	M	74	Vertigens	4,6 4,7		Normal	Miguel Viana	
						5,0 5,1			
15	—	M	28	—	4,5 4,6		Normal	Marta Neves	
						5,0 5,1	Miringoesclerose		
16	—	F	30	—	4,4 4,5		Normal	Gustavo Lopes	
						4,5 4,6			

Tabela A8.1: Compilação dos dados a partir dos ensaios realizados em ambiente clínico no Hospital Pedro Hispano (continuação).

N.º Registo	N.º do processo	Sexo	Idade	Sintomas	Registo no protótipo		Diagnóstico	Profissional de saúde (Otorrinolaringologia) Dr./Dr.ª	Data ensaio
					Ouvido				
					Esquerdo	Direito			
17	176178	F	51	—	4,6 4,7		Normal	Joaquim Vieira	28-03-2007
						4,6 4,7			
18	276215	F	60	—	4,5 4,6		Normal	Joaquim Vieira	
						4,5 4,6			
19	380203	F	72	—	4,4 4,5		Otite média crónica	Joaquim Vieira	
						4,4 4,5	Normal		
20	—	F	—	—	4,7 4,8		Normal	Cunha Moura	
						4,6 4,7			
21	158925 (Urgência)	F	36	—	4,7 4,8		Otite média serosa (zona em anel)	Nuno Oliveira	
						4,5 4,6	Normal		
22	74650	M	65	—	4,2 4,3		Normal	Gustavo Lopes	03-04-2007
						4,5 4,6	Ouvido com cera		
23	501837	F	57	—	3,9 4,0		Normal	Gustavo Lopes	
						3,8 3,9			
24	—	M	5	Prurido	4,5 4,6		Otite (Diagnóstico feito por Dr. Abílio Leonardo)	Gustavo Lopes	
						5,0 5,1	Ouvido com cera (Diagnóstico feito por Dr. Abílio Leonardo)		
25	7038390	F	52	—	4,7 4,8		Normal	Joaquim Vieira	
						4,2 4,3			
26	173831	F	9	—	4,6 4,7		Normal	Gustavo Lopes	
						5,0 5,1			
27	527702	M	2	—	4,8 4,9		Efusão serosa	Gustavo Lopes	
						5,1 5,2	Retracção		
28	469589	F	53	—	5,6 5,7		Otite media crónica supurada	Gustavo Lopes	04-04-2007
						3,3 3,4	Membrana com tímpanoesclerose		
29	13504	M	75	—	3,6 3,7		Normal (canais auditivos externos estreitos)	Gustavo Lopes	
						3,4 3,5			
30	Enfermeira	F	—	—	3,9 4,0		Normal	Joaquim Vieira	
						3,8 3,9			
31	Enfermeira	F	54	—	3,8 3,9		Normal	Gustavo Lopes	
						3,7 3,8			
32	Profissional de saúde (Otorrino) Dr. Abílio Leonardo	M	54	—	3,8 3,9		Normal	Gustavo Lopes	
						3,5 3,6			

Tabela A8.1: Compilação dos dados a partir dos ensaios realizados em ambiente clínico no Hospital Pedro Hispano (continuação).

N.º Registo	N.º do processo	Sexo	Idade	Sintomas	Registo no protótipo		Diagnóstico	Profissional de saúde (Otorrinolaringologia) Dr./Dr.ª	Data ensaio
					Ouvido				
					Esquerdo	Direito			
33	182575	F	40	—	4,5 4,6		Otite média crónica simples	Abílio Leonardo	04-04-2007
						8,0 8,1	Otite média crónica simples com mais humidade		
34	Urgência	M	30	—	4,2 4,3		Normal	Nuno Oliveira	
						5,2 5,3	Otite média em resolução		
35	Terapeuta da fala	F	37	—	4,6 4,7		Normal	Nuno Oliveira	
						4,8 4,9	Ouvido com cera		
35.1	Terapeuta da fala	F	37	—	4,6 4,7		Normal	Nuno Oliveira	
						5,0 5,1	Ouvido com cera		
35.2	Terapeuta da fala	F	37	—	4,6 4,7		Normal	Nuno Oliveira	
						4,9 5,0	Após remoção da cera do canal auditivo		
36	—	M	3	—	4,1 4,2		Otite média com efusão	Gustavo Lopes	
						4,1 4,2			
37	Profissional de saúde (Otorrino) Dr.ª Joana Pires	F	32	—	4,2 4,3		Normal	Nota: Observação feita por José Soeira	
						4,2 4,3			
38	17314	F	26	—	4,1 4,2		Normal	Joaquim Vieira	
						4,0 4,1			
39	11936	F	24	—	4,0 4,1		Normal	Joaquim Vieira	
						4,0 4,1			
40	76574	F	64	—	4,1 4,2		Normal	Joana Pires	
						4,1 4,2			
41	36962	M	62	—	3,9 4,0		Normal	Gustavo Lopes	
						3,8 3,9			
42	270287	M	55	—	4,2 4,3		Normal	Miguel Viana	
						4,0 4,1			
43	132980	M	Diminuição da audição		4,1 4,2		Normal	Joana Pires	
						4,2 4,3			
44	—	M	19	—	4,3 4,4		Normal	Nuno Oliveira	
						4,4 4,5			
45	14367	F	41	—	4,3 4,4		Normal	Joana Pires	
						4,3 4,4			
46	7067816	M	23	—	5,7 5,8		Pós-operatório de 1 semana; timpanoplastia tipo 2	Joana Pires	
						4,9 5,0	Normal		

Tabela A8.1: Compilação dos dados a partir dos ensaios realizados em ambiente clínico no Hospital Pedro Hispano (conclusão).

N.º Registo	N.º do processo	Sexo	Idade	Sintomas	Registo no protótipo		Diagnóstico	Profissional de saúde (Otorrinolaringologia) Dr./Dr.ª	Data ensaio
					Ouvido				
					Esquerdo	Direito			
47	102021	F	71	—	4,4 4,5		Normal	Gustavo Lopes	04-04-2007
						4,4 4,5			
48	79407	F	37	—	4,2 4,3		Normal	Joana Pires	
						4,2 4,3			
49	—	F	27	—	4,4 4,5		Normal	Joaquim Vieira	
						4,4 4,5			
50	—	F	28	—	4,3 4,4		Normal	Joaquim Vieira	
						4,9 5,0			
51	7067863	M	49	—	4,8 4,9		6 meses pós-operatório; Timpanoplastia tipo I	Joana Pires	
						4,9 5,0	Timpanoplastia (1996)		
52	204252	F	9	—	4,8 4,9		Normal	Miguel Viana	
						4,5 4,6			
53	425717	F	3	—	4,6 4,7		Normal	Joana Pires	
						5,0 5,1	Otite média efusiva		
54	14672	M	80	—	4,5 4,6		Normal	Joana Pires	
						5,2 5,3			
55	502708	M	30	—	7,6 7,7		Miringoesclerose	Joaquim Vieira	
						4,5 4,6	Normal		
56	—	M	4	—	6,8 6,9		Normal	Miguel Viana	
						6,2 6,3			
57	José Soeira	M	33	—	4,6 4,7		Normal	Joaquim Vieira	
						5,6 5,7			
Nota: O registo n.º 35.1, diz respeito ao ensaio realizado com a soma da luz emitida pelo <i>led</i> (R,G,B) e da luz emitida pela lâmpada de halógeno disponível no otoscópio, suporte das fibras ao canal auditivo. Verificou-se, tal como nos ensaios laboratoriais, que os valores da medição, dependendo da intensidade luminosa sobem ligeiramente. No caso em estudo, a subida dos valores de medição foi da ordem dos 0.1 mV.									