

CARLOS MARQUES PAIVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETOR DE VÍDEO ARTESANAL,
DE BAIXO CUSTO, PARA O USO EDUCACIONAL.**

São Paulo
2006

CARLOS MARQUES PAIVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO DE VÍDEO ARTESANAL,
DE BAIXO CUSTO, PARA O USO EDUCACIONAL.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia Mecânica

São Paulo
2006

CARLOS MARQUES PAIVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO DE VÍDEO ARTESANAL,
DE BAIXO CUSTO, PARA O USO EDUCACIONAL.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia Mecânica

Orientador:
Prof. Antonio Luis de Campos Mariani

São Paulo
2006

FICHA CATALOGRÁFICA

Paiva, Carlos Marques

Desenvolvimento de um projetor de vídeo artesanal, de baixo custo, para uso educacional / C.M. Paiva. -- São Paulo, 2006. 97 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

1.Projetor (Baixo custo) 2.Recursos áudio-visuais (Aplicações) 3.Educação I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica II.t.

A todos os professores que buscam enriquecer sua didática através da utilização de formas alternativas de apresentação de conteúdo.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que nos fortalece em tudo e que é fonte de sabedoria e conhecimento.

Ao professor orientador Antonio Luis de Campos Mariani, do departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que desde o início me apoiou e incentivou; um verdadeiro amigo.

Ao professor Alberto Hernandez Neto, coordenador da cadeira de T.F. da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que soube me compreender e ajudar para que eu pudesse concluir este trabalho.

Aos professores Euryale Jorge Godoy de Jesus Zerbini e Marcos de Mattos Pimenta, ambos do departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que me auxiliaram no desenvolvimento dos modelos utilizados para o estudo das trocas de calor e da ótica contidas no projeto.

À minha família, que sempre me “agüentou” nos momentos de estresse, e em especial à Paulina Carvalho, que me ajudou com a correção ortográfica dos textos.

À minha esposa, Miriam Giglio, pelo apoio integral e incondicional na minha vida, e na realização deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho apresenta as etapas do desenvolvimento de um Projetor de Vídeo, de produção artesanal, que se propõe a ser uma alternativa de baixo custo se comparada aos projetores industrializados encontrados atualmente no mercado nacional brasileiro. Este novo produto permite viabilizar, em maior escala, o uso de recursos audiovisuais no processo de ensino - aprendizagem. O projetor tem como base de fabricação princípios tecnológicos já existentes em equipamentos conhecidos, como o retro projetor e o “data show”, e também suas condições de uso, as quais serão critérios limitantes para a determinação de sua dimensão. De forma a garantir o correto funcionamento do equipamento, o trabalho apresenta um estudo das trocas de calor responsáveis por seu aquecimento - bem como um sistema de resfriamento adequado - e dos aspectos relacionados às propriedades óticas relevantes. Após o desenvolvimento conceitual e a aplicação das leis que regem os sistemas em questão, o trabalho finaliza com a implementação das soluções encontradas em um protótipo.

Palavras-chave: projetor. transferência de calor. propagação da luz. custo baixo. recursos audiovisuais. educação.

ABSTRACT

The present work presents the developing stages of a video project, handmade, which is proposed to be an alternative with low commercial cost if compared to industrial ones found in the national Brazilian market nowadays. This new product aim to make possible the use of audiovisual resources in a great scale in the process of teaching - learning. The projector has as its technological basis the same principles used in other known equipments like overhead projectors, data show, and also its usable conditions which are limiting to determinate the final dimensions. In a matter to guarantee the perfect work of the equipment, this research shows the study of heat transfer responsible for its heating (as well as a right cooler system) and the important optical aspects related to this issue. After the conceptual development and the applications of appropriate system's laws have been done, the works ends with the introduction of solutions found in the final prototype.

Keywords: projector. heat transfer. light spreading. low cost. audiovisual resources. education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pintura do bisão no interior da Caverna de Altamira.	19
Figura 2 - Pintura do bisão no interior da Caverna de Altamira. Cantabria, Espanha. 1880.	20
Figura 3 - Ilustração do vários bisões em movimento encontrados na Caverna de Altamira. Cantabria, Espanha. Por Henri Breuil.	20
Figura 4 - Bonecos chineses do teatro de sombras.	21
Figura 5 - Projeção do teatro de sombras chinesas em tela branca.....	22
Figura 6 - Atores do teatro de sombras chinesas em atuação.	22
Figura 7 - Visões interna e externa de projeção de sombra.	23
Figura 8 - Exemplos de projeções de animais feitas com as mãos.	23
Figura 9 - Câmara escura.....	24
Figura 10 - Esquema de funcionamento da câmara escura de orifício.....	24
Figura 11 - Câmara escura reflex. Ilustração de A. Gannot. 1876.....	25
Figura 12 - Esquema de funcionamento da câmara escura reflex.	25
Figura 13 – Lanterna mágica.....	26
Figura 14 – Lanterna mágica. Ilustração de A. Gannot. 1876.	26
Figura 15 – Projetor de Slides Visoraf P-37 ^a	28
Figura 16 – Retroprojektor Visoraf CS150.	29
Figura 17 – Projetor de 8 mm.	29
Figura 18 – Projetor SVGA para múltiplos propósitos Modelo VPL-ES3.....	30
Figura 19 – Esquema de funcionamento do retroprojektor.	31
Figura 20 – Retroprojektor da marca Liesegang.	32
Figura 21 – Esquema de funcionamento dos projetores DIY pesquisados.	32
Figura 22 – Esquema do caminho percorrido pela luz nos projetores DIY pesquisados.	33
Figura 23 – O arranjo helicoidal das moléculas do cristal líquido.	35
Figura 24 – Zoom dos subpixels presentes no LCD transmissivo colorido.	35
Figura 25 – Espectro Eletromagnético.	37
Gráfico 1 – Curva de sensibilidade do olho a radiações monocromáticas.	37
Gráfico 2 – Gráfico que apresenta a eficiência energética dos diferentes tipos de lâmpadas existentes hoje.	38
Figura 26 – Augustin Jean Fresnel (1788-1827).	39

Figura 27 – Lente com superfície em degraus.	40
Figura 28 – Comparação entre a lente plano-convexa tradicional e a respectiva lente Fresnel.	41
Figura 29 – Esquema indicando que a lente Fresnel não causa aberrações esféricas.	41
Figura 30 – Forma das lentes convergentes.	42
Figura 31 – Refração e reflexão da luz na mudança de meio de propagação.	43
Figura 32 – Arranjo da fonte de luz e das lentes Fresnel.	44
Figura 33 – Tela de LCD desmontada para utilização no projeto.	44
Figura 34 – Arranjo básico para a projeção (retroprojektor + tela de LCD).	45
Figura 35 – Carcaça fechada e projetor em operação.	45
Figura 36 – Interior de um projetor utilizando LCD de 15” de diagonal.	46
Figura 37 – Detalhe do sistema de resfriamento da lâmpada do mesmo projeto.	46
Figura 38 – Resultado da projeção do projeto detalhado nas duas últimas figuras.	47
Figura 39 – Aproximação do raio luminoso em relação à normal da superfície.	62
Figura 40 – Ilustração da lei de Snell	63
Figura 41 – Ilustração da formação da imagem nas lentes delgadas.	64
Figura 42 – Ilustração da lei de Gauss	64
Figura 43 – Lâmpada de Vapor Metálico escolhida para ser a fonte de luz do projetor.	67
Figura 44 – Caixa do DVD player marca COBY.	68
Figura 45 – Mascara frontal do DVD player destravada.	68
Figura 46 – LCD isolado ainda com proteção e back-light.	68
Figura 47 – Disposição do conjunto ótico – Espelho Esférico; Fresnel pré condensadora; Fresnel 1; LCD; Fresnel 2; caminho até a Triplet.	69
Figura 48 – Desenho da carcaça coma as lentes, LCD e espelho já instalados.	70
Figura 49 – Equipamento utilizado para a aferição da temperatura do bulbo da lâmpada, indicando uma temperatura qualquer.	71
Figura 50 – Sonda do medidor PT100 posicionada próxima ao bulbo da lâmpada.	71
Figura 51 – Circuito elétrico equivalente para o funcionamento da lâmpada exposta ao ambiente.	72
Figura 52 – Superfícies consideradas no equacionamento da troca de calor na cavidade onde se encontra inserida a lâmpada.	73

Figura 53 – Circuito elétrico equivalente para as trocas radiantes entre as superfícies da cavidade na qual se encontra inserida a lâmpada.	74
Figura 54 – O protótipo visto de frente.	78
Figura 55 – Detalhe da cavidade com a lâmpada instalada	79
Figura 56 – Vista superior do protótipo ainda em fase de montagem.	79
Figura 57 – Cena do filme a Era do Gelo II.	80
Figura 58 – Cena de abertura de um filme da 20th Century Fox.....	80
Figura 59 – Representação do esforço solicitante aplicado à lente.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação de diferentes projetores de vídeo.	51
Tabela 1 – Comparação de diferentes projetores de vídeo. (Continuação)	52
Tabela 1 – Comparação de diferentes projetores de vídeo. (Conclusão)	53
Tabela 2 – Apresentação dos fatores de forma da cavidade na qual se encontra localizada a lâmpada.....	76

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO CENTRAL	17
2.2	OBJETIVOS COMPLEMENTARES	17
2.3	ENFOQUE SOCIAL	18
3	REVISÃO HISTÓRICA E BIBLIOGRÁFICA	18
3.1	BREVE REFERENCIAL HISTÓRICO	18
3.1.1	<i>A evolução da imagem em movimento e de sua projeção</i>	18
3.2	PROJETORES DIY	30
3.2.1	<i>Definição e Princípios de funcionamento</i>	30
3.2.2	<i>Partes constitutivas do projetor</i>	33
3.2.3	<i>Dificuldades comumente encontradas nos projetos pesquisados</i>	43
3.2.4	<i>Exemplos de projetos</i>	44
4	METODOLOGIA	47
4.1	PESQUISA DE CAMPO	48
4.1.1	<i>Recursos audiovisuais no ensino particular</i>	48
4.1.2	<i>Recursos audiovisuais no ensino público</i>	49
4.1.3	<i>Levantamento da Concorrência (o que existe no mercado convencional)</i>	50
4.2	ANÁLISE DA PESQUISA	54
4.2.1	<i>Importância dos recursos audiovisuais na educação</i>	54
4.2.2	<i>Relevância do preço dos recursos audiovisuais na educação</i>	55
4.2.3	<i>Definição dos pré-requisitos do projeto</i>	56
4.3	O PROJETO	57
4.3.1	<i>Fundamentação teórica</i>	57
4.3.2	<i>Partes constitutivas</i>	66
4.3.3	<i>Custo do projeto (apenas material)</i>	77
5	RESULTADOS	77
5.1	O PROTÓTIPO EM OPERAÇÃO	78
5.1.1	<i>Fotos do projetor</i>	78
5.1.2	<i>Fotos da imagem projetada</i>	80
6	DISCUSSÃO	81

6.1	SOBRE O DIMENSIONAMENTO DA CONVECÇÃO FORÇADA.....	81
6.2	SOBRE O POSICIONAMENTO DAS LENTES.....	82
6.3	SOBRE A LENTE DE PROJEÇÃO.....	82
7	CONCLUSÃO	83
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
	APÊNDICE A – MODELO DO QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELOS	
	PROFESSORES	86
	ANEXO A – QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS PELOS PROFESSORES	87
	ANEXO B – PARTES DO MANUAL DE LUMINOTÉCNICA DA OSRAM	94

1 INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, é cada vez mais comum a utilização de equipamentos eletrônicos audiovisuais em nosso cotidiano. É difícil conceber, dentro dos grandes centros urbanos, a vida de uma pessoa sem um celular, sem um aparelho de DVD, ou até mesmo sem acesso à WWW¹. Atribui-se a disseminação do uso principalmente aos benefícios oferecidos pelos equipamentos, à queda relativa dos preços dos mesmos e também à rapidez da evolução tecnológica (rápida obsolescência dos produtos). Como exemplo, pode-se citar que o tempo decorrido entre a invenção da vitrola e do CD player² foi muito maior do que o decorrido entre a invenção do último e a do MP3 player³. E, uma vez que esta evolução tecnológica afeta os meios de comunicação e de entretenimento - entre outros -, é natural imaginar-se a incorporação desses recursos também no processo de ensino, o que é, inclusive, esperado e recomendável.

Dessa forma, a importância desse trabalho de conclusão de curso reside justamente na contribuição que ele pode oferecer para as pessoas envolvidas com educação, que se interessem em enriquecer o processo de ensino com a utilização de meios alternativos, e de baixo custo, de apresentação de conteúdo educacional.

Durante uma pequena e informal pesquisa na WWW com o objetivo de levantar preços de projetores de vídeo, descobri a existência dos chamados projetores DIY⁴. Tais projetores utilizam-se do conceito “faça você mesmo”, ou seja, uma construção artesanal simples, baseada no seguimento de passos pré-estabelecidos, resultando em um produto de custo reduzido (em comparação ao industrializado). Um maior aprofundamento da pesquisa indicou, no entanto, que a maioria dos projetores DIY desenvolvidos até hoje foi concluída com a utilização, apenas, de conhecimentos empíricos, o que implicou a constatação de várias dificuldades relativas a aquecimento, direcionamento de luz e projeção.

¹ WWW. Sigla em inglês: World Wide Web, que significa Rede Mundial de Acesso à Internet.

² CD PLAYER. Compact Disc Player. Equipamento de leitura ótica que reproduz os dados contidos em uma mídia digital (disco compacto).

³ MP3 PLAYER. Equipamento que reproduz arquivos de áudio compactados na extensão. mp3.

⁴ DIY. Do it yourself. Expressão norte-americana que significa “faça você mesmo”.

Diante disto, com o intuito de resolver esses problemas, tem-se como objetivo desenvolver um projetor também artesanal, de baixo custo, para uso educacional, mas fundamentado no conhecimento científico.

Todo o desenvolvimento do trabalho foi embasado em estudos bibliográficos e entrevistas a profissionais da área de educação. A análise da pesquisa permitiu extrair resultados fundamentais para a definição do conceito do produto e para a geração dos pré-requisitos essenciais à elaboração do projeto.

Este trabalho tem como particularidade o desejo de finalizar-se com a apresentação perante a banca examinadora com a utilização do protótipo do projetor em questão.

Enfim, espera-se ter contribuído, ainda que modestamente, com uma alternativa que visa a enriquecer o cotidiano da relação professor – aluno.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO CENTRAL

Como já apresentado de forma sucinta no item anterior, o objetivo central deste trabalho é, a partir do conhecimento científico, aprimorar as iniciativas empíricas de fabricação de um projetor de vídeo artesanal, e de baixo custo, para resolver os problemas encontrados, como o aquecimento excessivo do equipamento, a dificuldade no direcionamento do feixe de luz e a baixa intensidade luminosa das imagens projetadas.

Através do projeto, dimensionamento e fabricação de um protótipo desse projetor busca-se criar uma alternativa econômica para os profissionais da área da educação que desejem utilizar os recursos audiovisuais em suas atividades, de forma a enriquecer e diversificar a comunicação das idéias e ensinamentos a seus alunos.

2.2 OBJETIVOS COMPLEMENTARES

De forma a garantir o cumprimento do objetivo central, busca-se também compreender o princípio de funcionamento dos projetores pesquisados, bem como distinguir as variáveis principais que garantam o seu correto funcionamento. Desta maneira, será possível aplicar as leis que regem os fenômenos físicos envolvidos, controlar tais fenômenos, e propor um projeto que aperfeiçoe as propostas pesquisadas.

2.3 ENFOQUE SOCIAL

Também é um objetivo deste trabalho ampliar o uso do projetor, dado o baixo custo do mesmo, para as instituições de ensino e/ou comunidades carentes que desejem. Assim, este trabalho será inscrito no programa Poli Cidadã, uma iniciativa da Escola Politécnica que reúne projetos de graduação com responsabilidade social, no intuito de integrar a Universidade e a sociedade.

O produto deste estudo, caso o objetivo de fabricá-lo a um baixo custo seja alcançado, poderá ser utilizado como um recurso auxiliar no processo de aprendizagem e comunicação em instituições que atuam com comunidades de baixa renda.

3 REVISÃO HISTÓRICA E BIBLIOGRÁFICA

3.1 BREVE REFERENCIAL HISTÓRICO

Nesta seção discorre-se sobre a cronologia do surgimento dos registros da imagem em movimento, desde a Pré-História até os dias de hoje. É curioso notar que a evolução dos aparelhos audiovisuais até o advento do projetor relata a história da origem do cinema.

3.1.1 A evolução da imagem em movimento e de sua projeção

Pode-se perceber que os primeiros indícios da imagem em movimento estão presentes nos registros arqueológicos da Pré-História. Ainda se conserva um dos maiores e mais importantes conjuntos pictóricos dessa época, numa caverna chamada Altamira, que está localizada na Espanha, em Cantabria, a 30 km da

cidade de Santander. Estes conjuntos são feitos de desenhos do período Magdaleniano (entre 16.500 e 14.000 anos atrás), que faz parte do período Paleolítico Superior da Pré – História, conservados graças à queda de uma grande pedra que obstruiu a entrada da caverna de Altamira.

Em 1879, Marcelino de Santoula e sua filha descobriram os desenhos, os quais lhes chamaram a atenção pelo alto grau de realismo dos animais representados. Após pesquisas feitas para se verificar a autenticidade da descoberta, foi proposta a datação de 15 a 12 mil anos a C., pertencentes, de fato, ao período Magdaleniano.

Dentre os animais representados nos desenhos o que mais aparece é o bisão (bisonte). No total, são dezesseis. O interessante desses desenhos é observar o interesse do homem, em retratar seres em movimento (no caso os bisões), como uma manada de bois em movimento, e alguns deles com oito patas ao invés de quatro, do que se supõe estarem andando.

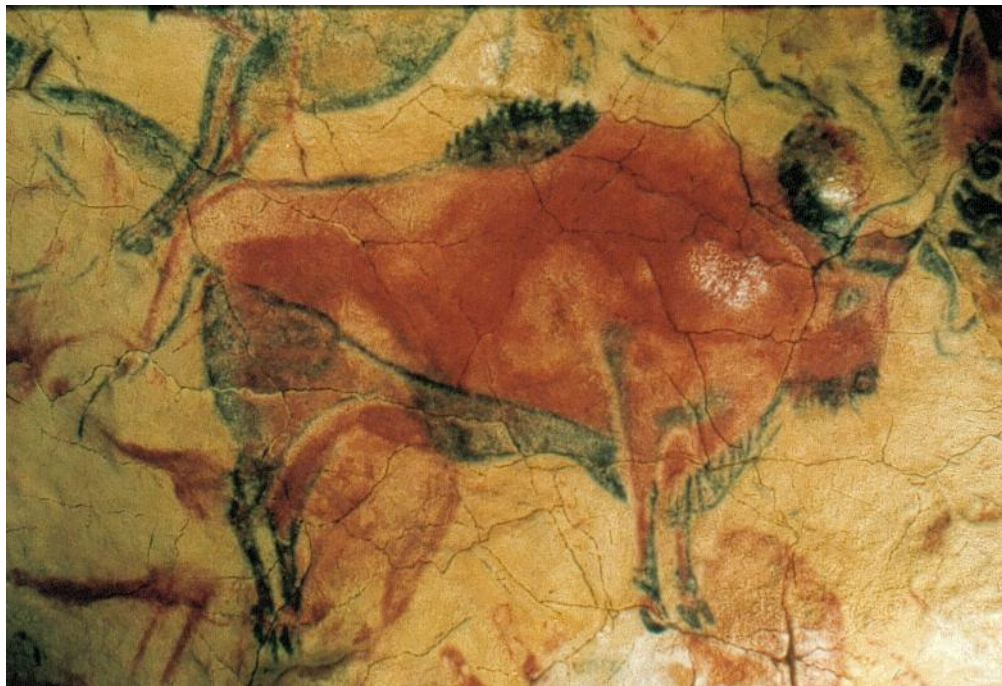


Figura 1 - Pintura do bisão no interior da Caverna de Altamira.
Fonte: WIKIPÉDIA. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org>>. Acesso em 17 de jul. de 2006.



Figura 2 - Pintura do bisão no interior da Caverna de Altamira. Cantabria, Espanha. 1880.

Fonte: WIKIPÉDIA. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org>>. Acesso em 17 de jul. de 2006.



Figura 3 - Ilustração do vários bisões em movimento encontrados na Caverna de Altamira. Cantabria, Espanha. Por Henri Breuil.

Fonte: WIKIPÉDIA. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org>>. Acesso em 17 de jul. de 2006.

O segundo momento histórico que se relaciona às imagens e sua projeção está aproximadamente no séc. V a C., na China, no chamado “Jogo de sombras”. Este jogo envolve a projeção de figuras humanas, coisas ou animais sobre telas de linho. Sabe-se pela tradição chinesa que, durante a dinastia Han (206 a C a 220 d C), na Província de Shaanxi, no nordeste da China, o Imperador Wi-Ti do séc. II a C. que estava muito triste com a morte de sua esposa, se consolou com a contemplação da

projeção de sua própria sombra numa tela de linho. Este jogo deu origem a um tipo de teatro de bonecos chineses, marionetes em movimento. As peças teatrais eram compostas por figuras feitas de papel, couro de búfalo ou de burro. O ator manipulava as figuras atrás da tela enquanto cantava o enredo do conto. Difundiu-se no sul da Ásia, na Ásia central e ocidental e na África do Norte no séc. XIII. Também se estendeu à Europa no séc. XVII. O poeta alemão Goethe chegou a representar uma ópera neste formato. Essa arte, que foi considerada um dos precursores do cinema, começou, no entanto, a desaparecer com o advento da televisão e dos filmes. Mas ainda existe uma companhia de teatro de sombras chinês, fundada em 1933, em Zaozhuang, na Província de Shandong, que ainda faz apresentações. Segundo seu chefe, Chen Shouke, as apresentações anuais chegam a cem. Cada uma delas dura de três a seis horas.



Figura 4 - Bonecos chineses do teatro de sombras.

Fonte: CHINA RÁDIO INTERNACIONAL

Disponível em <<http://po.chinabroadcast.cn>>. Acesso em 28 de jul. de 2006.

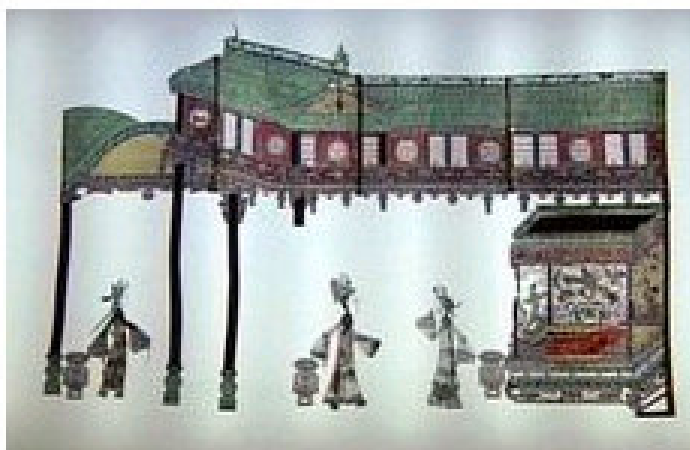


Figura 5 - Projeção do teatro de sombras chinesas em tela branca.
Fonte: CHINA RÁDIO INTERNACIONAL
Disponível em <<http://po.chinabroadcast.cn>>. Acesso em 28 de jul. de 2006.



Figura 6 - Atores do teatro de sombras chinesas em atuação.
Fonte: CHINA RÁDIO INTERNACIONAL. Disponível em
<<http://po.chinabroadcast.cn>>. Acesso em 28 de jul. de 2006.

Atualmente o conceito de “sombra chinesa” ainda é usado no teatro como sombras projetadas por um foco de luz através de uma cortina para dar com esse efeito uma linguagem plástica à cena.

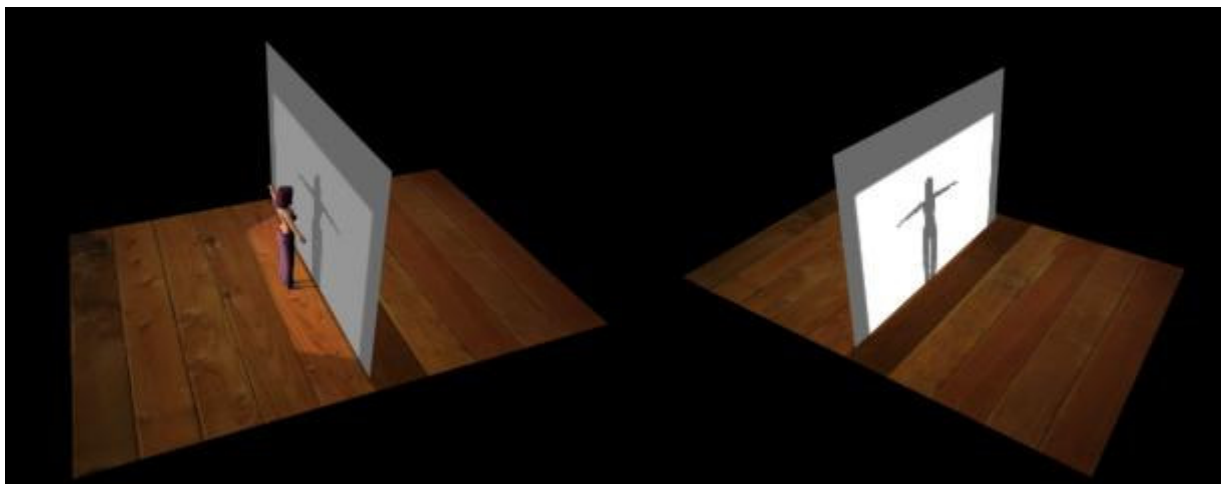


Figura 7 - Visões interna e externa de projeção de sombra.

Fonte: LABORATÓRIO DE ILUMINAÇÃO DA UNICAMP. Campinas – Brasil. Disponível em <<http://www.iar.unicamp.br>>. Acesso em 28 de jul. de 2006.

Hoje, acredita-se que este jogo de sombras possa ter-se iniciado nas cavernas de povos primitivos, que se utilizavam do fogo. Provavelmente casos se posicionassem entre uma fogueira e umas paredes, projetariam figuras. Até os dias atuais essa prática é feita, principalmente como uma brincadeira infantil, na qual se utiliza uma fonte de luz, uma vela, uma parede e as mãos. Faz-se a justaposição das mãos de diversas maneiras e das sombras projetadas na parede resultam animais ou objetos.



Figura 8 - Exemplos de projeções de animais feitas com as mãos.

Fonte: PEREGRINO DAS LETRAS. 2004. Disponível em <<http://www.jperegrino.com.br>>. Acesso em 28 de jul. de 2006.

Os próximos registros da projeção de imagens vêm acompanhados dos desenvolvimentos de aparelhos ópticos, os quais também estão relacionados à história do cinema.

O primeiro aparelho óptico significativo que foi feito foi a câmara escura. Ela é composta por uma caixa fechada de madeira com um pequeno orifício coberto por uma lente. Por esse orifício, raios luminosos refletidos de objetos exteriores penetram e se cruzam formando uma imagem invertida do objeto no interior da caixa. Assim como o funcionamento do olho humano, este invento foi primeiramente pensado por Aristóteles com o fim de observar o eclipse solar. Com o mesmo princípio de funcionamento Leonardo da Vinci a idealizou para desenhar paisagens no tempo do Renascimento, assim como outros artistas. No séc. XV o físico napolitano Gianbattista Dalla Porta a desenvolveu. Em 1685, o alemão Johann Zahn a aperfeiçoou colocando um espelho interno a 45°, desenvolvendo então, a câmara escura reflex, primórdios do retroprojeto atual.



Figura 9 - Câmara escura.

Fonte: MUSEO DIDATTICO DEGLI STRUMENTI DE FISICA. Liceo Ginnasio Paritario Parco del Seminario. Potenza - Itália. Disponível em <<http://www.parcodelseminario.it/museo>>. Acesso em 31 de jul. de 2006.

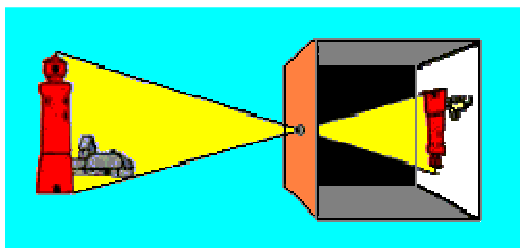


Figura 10 - Esquema de funcionamento da câmara escura de orifício.

Fonte: FEIRA DE CIÊNCIAS. Prof. Luiz Ferraz Neto. São Paulo – Brasil. Disponível em <<http://www.feiradeciencias.com.br>>. Acesso em 31 de jul. de 2006.

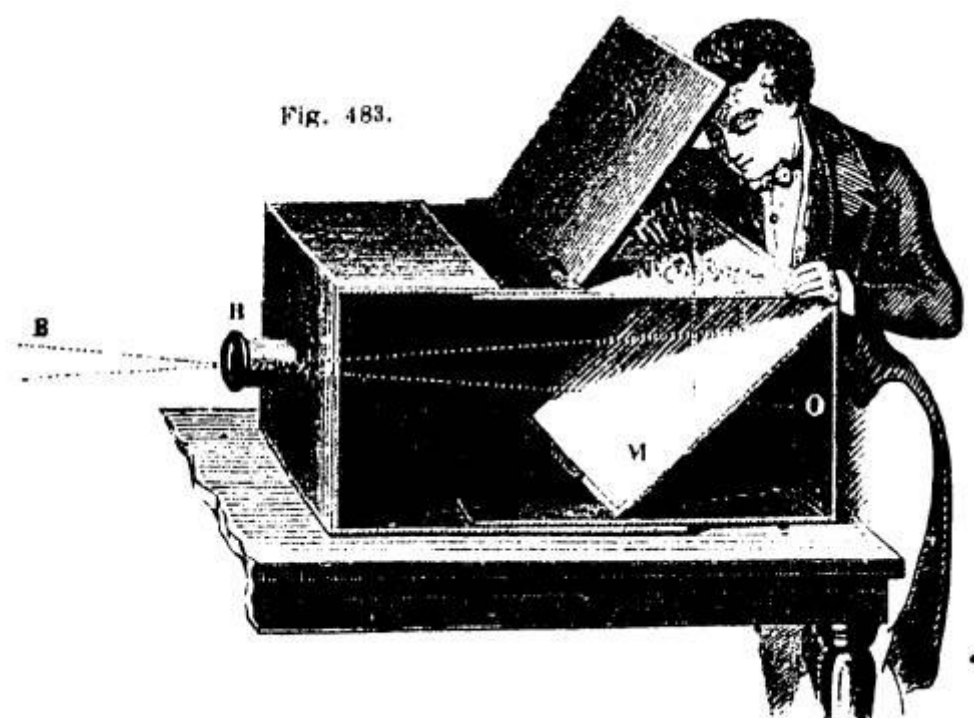


Figura 11 - Câmara escura reflex. Ilustração de A. Gannot. 1876.
 Fonte: MUSEO DIDATTICO DEGLI STRUMENTI DE FISICA.
 Liceo Ginnasio Paritario Parco del Seminario. Potenza - Itália.
 Disponível em <<http://www.parcodelseminario.it/museo>>. Acesso em 31 de jul. de 2006.

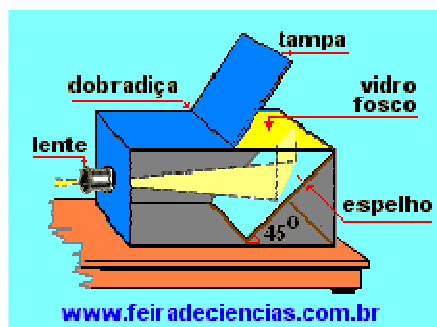


Figura 12 - Esquema de funcionamento da câmara escura reflex.
 Fonte: FEIRA DE CIÊNCIAS. Prof. Luiz Ferraz Neto. São Paulo – Brasil. Disponível em <<http://www.feiradeciencias.com.br>>. Acesso em 31 de jul. de 2006.

Na metade do séc. XVII o alemão Athanasius Kirchner criou outro aparelho, a lanterna mágica. Baseando-se nos princípios inversos da câmara escura, a lanterna mágica é composta por uma caixa cilíndrica que, ao receber iluminação de uma vela, projeta imagens que estavam desenhadas numa lâmina de vidro, como uma lente.

Este instrumento usado até a 1ª década do séc. XX pode ser considerado o precursor do projetor, mas foi definitivamente substituído pelo cinematógrafo.



Figura 13 – Lanterna mágica.

Fonte: MUSEO DIDATTICO DEGLI STRUMENTI DE FISICA. Liceo Ginnasio Paritario Parco del Seminario. Potenza - Itália. Disponível em <<http://www.parcodelseminario.it/museo>>. Acesso em 31 de jul. de 2006.

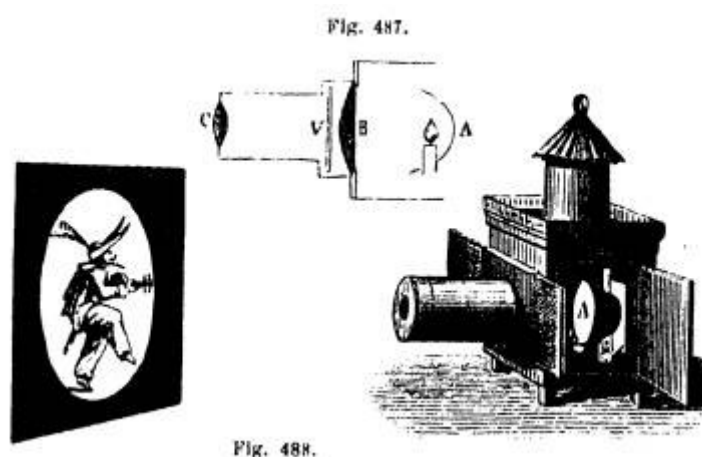


Figura 14 – Lanterna mágica. Ilustração de A. Gannot. 1876.

Fonte: MUSEO DIDATTICO DEGLI STRUMENTI DE FISICA. Liceo Ginnasio Paritario Parco del Seminario. Potenza - Itália. Disponível em <<http://www.parcodelseminario.it/museo>>. Acesso em 31 de jul. de 2006.

Ao entrar no séc. XIX, muitos projetos para captação da imagem estática e da imagem em movimento foram estudados simultaneamente. Aqui se pode citar, inclusive, a descoberta da fotografia, em 1835, feita pelo francês Louis Daguerre.

Em 1826 o inglês Peter Mark Roger descobriu o fenômeno da persistência retiniana, que seria a característica da fixação da imagem na retina por uma fração de segundos. A partir desta grande descoberta, em 1832, o físico belga Joseph Antoine Plateau decide medir esse tempo da persistência retiniana. Ele chega à conclusão que se imagens fixas se sucederem na fração de dez unidades por segundo, esta operação dará a ilusão de que elas estão em movimento. Então, ele inventa um dispositivo chamado fanacistoscópio, um disco com furos e imagens desenhadas em posições diferentes que, ao ser girado, dá movimento às imagens.

Ainda na mesma década, em 1833, o britânico W. G. Horner faz outro aparelho, o zootrópio, um jogo baseado na sucessão de imagens para gerar movimento, como o fanacistoscópio.

Em 1872, um milionário lança uma aposta para o fotógrafo Edward Muybridge. Ele apostou que, durante o galope, havia um instante em que o cavalo ficava com suas quatro patas suspensas no ar. Então surgiu o zoopraxinoscópio. Ele colocou 24 máquinas fotográficas com fios que, aos serem tocados pelas patas do cavalo, eram disparados. Assim, pôde registrar 24 momentos diferentes e consecutivos do galope, e assim comprovar a aposta feita. Concomitantemente, nos E.U. A. Thomas Alva Edison e William Kennedy Dickison desenvolvem o filme de um celulóide, e posteriormente o cinetoscópio.

O francês Émile Reynaud cria o praxinoscópio, também conhecido como teatro óptico. Com uma simples caixa de biscoitos e um sistema de espelhos, conseguiram o efeito de relevo. É a combinação da lanterna mágica com espelhos que projetam imagens numa tela. O movimento de imagens se dava através da multiplicação de figuras desenhadas e a presença de uma lanterna na projeção.

O fisiologista francês Étienne Jules Marvey, em 1878 desenvolve, por sua vez, o fuzil fotográfico, um tambor forrado internamente por uma chapa fotográfica circular. Em 1887, ao observar o andar das pessoas e o vôo dos pássaros, desenvolve a cronofotografia, que é o registro por fixação de imagens do corpo que está em movimento.

Enfim, em 1890 Thomas A Edison inventa o filme perfurado e o cinetoscópio, um aparelho que possibilitava a visão de filmes para um espectador de cada vez.

Foi em 1895 que os irmãos franceses Lumière idealizaram o cinematógrafo. Era um aparelho movido por manivela que move um filme perfurado (o que substituiu a ação de várias máquinas fotográficas seqüenciais) para registrar imagens em movimento. Mais avançado que o cinetoscópio, o cinematógrafo conseguia projetar a imagem para o público. Era o ancestral da filmadora e do projetor de vídeo.

Por volta de 1930, nos Estados Unidos, para apresentação de resultados de jogos de boliche foi introduzido o uso de retroprojetores. A firma americana Charles Bcseler empenhou-se em aperfeiçoar esse equipamento primitivo e o lançou como recurso auxiliar da comunicação. Durante a II Guerra Mundial, os retroprojetores foram intensamente utilizados no treinamento de equipes de especialistas. As empresas começaram, então, a empregá-los nos programas de treinamento de pessoal. Atualmente ainda é utilizado em larga escala no meio educacional.

No início da década de 70 é lançado o projetor de slides, aparelho que permitia sincronizar áudio e imagem. Projeta sobre uma tela ou parede uma imagem estática, em preto e branco ou em cores. Cada unidade é um fotograma em dispositivo transparente, para passagem da luz. Os slides podem ser produzidos a partir de filme fotográfico ou acetato, mas também sobre plástico transparente.

O aparelho perdeu destaque pelo surgimento e popularização dos filmes super 8 e projetor 8 mm. Mas mesmo assim esta mídia ainda é utilizada, pois fornece um alto padrão em qualidade das imagens.

Com o surgimento dos programas de desenho e tratamento de imagem para computadores pessoais, aumentaram as possibilidades de produção de slides – agora digitalizados – . Existem programas que geram aplicativos multimídia, também denominados de slides, mas que não podem ser projetados com os projetores convencionais de slides, mas sim em data show e projetores multimídia.



Figura 15 – Projetor de Slides Visoraf P-37^a.

Fonte: Site Visograf. Brasil.

Disponível em<[http://www. http://www.visograf.com.br/](http://www.visograf.com.br/) >. Acesso em 31 de jul. de 2006



Figura 16 – Retroprojektor Visoraf CS150.

Fonte: Site Visograf. Brasil.

Disponível em <[http://www. http://www.visograf.com.br/](http://www.visograf.com.br/)>. Acesso em 31 de jul. de 2006



Figura 17 – Projektor de 8 mm.

Fonte: MUSEO DIDATTICO DEGLI STRUMENTI DE FISICA.

Liceo Ginnasio Paritario Parco del Seminario. Potenza - Itália.

Disponível em <<http://www.parcodelseminario.it/museo>>. Acesso em 31 de jul. de 2006.



Figura 18 – Projetor SVGA para múltiplos propósitos Modelo VPL-ES3

Fonte: Hotsite da SONY Brasil.

Disponível em <<http://www.sony.com.br/hotsites>>. Acesso em 02 de ago. de 2006

3.2 PROJETORES DIY

Esta seção aborda inicialmente a caracterização do projetor DIY, com sua definição e explicação do seu princípio de funcionamento, para depois apresentar suas partes constituintes. Por fim, mostra alguns exemplos de projetos concluídos, pesquisados na WWW, e as dificuldades comumente encontradas.

3.2.1 Definição e Princípios de funcionamento

Projetores DIY ou “Do It Yourself” são projetores de vídeo baseados na cultura do “faça você mesmo”, que, segundo a enciclopédia digital Wikipédia⁵ “[...] refere-se à prática de fabricar ou reparar uma coisa por conta própria em vez de comprar ou pagar por um trabalho profissional [...]”. A mesma enciclopédia ainda aponta que:

“O faça você mesmo, concebido como princípio ou ética, questiona o suposto monopólio das técnicas por especialistas e estimula a capacidade de pessoas não-especializadas aprenderem a realizar coisas além do que tradicionalmente julgam capazes”.

Com base nessa concepção, tais condutas baseiam-se mais no conhecimento empírico do que no científico.

O princípio fundamental de funcionamento dos projetores DIY pesquisados é o mesmo encontrado em um retroprojektor. Neste, a luz gerada por uma fonte pontual, geralmente uma lâmpada alógena, atravessa uma lente plana (lente Fresnel⁶), e em seguida uma lâmina de vidro, onde está apoiada a transparência. Em função de a lente plana ser convergente, a luz é concentrada em um feixe que incidirá sobre uma lente objetiva (ou focal), que com o auxílio de um espelho, projeta a imagem ampliada em uma superfície.

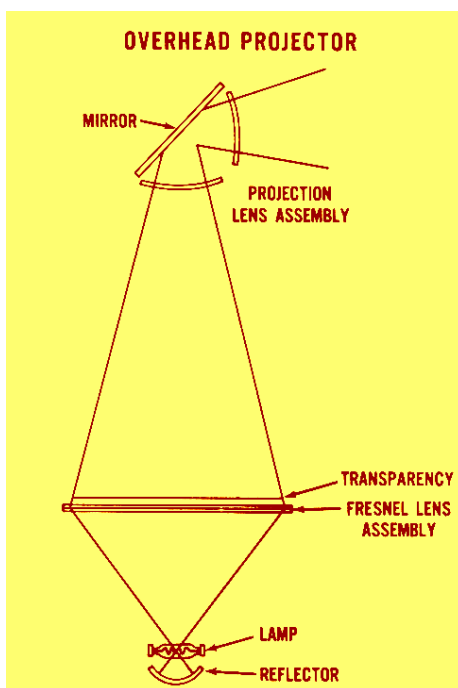


Figura 19 – Esquema de funcionamento do retroprojektor.

Fonte: BROOM COMMUNITY COLLEGE. State University of New York. Nova Iorque – EUA.

Disponível em < <http://web.sunybroome.edu/>>. Acesso em 10 de ago. de 2006.

⁵ ENCICLOPÉDIA WIKIPÉDIA. Enciclopédia livre. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org>>. Acesso em: 20 jul. 2006.

⁶ AUGUSTIN JEAN FRESNEL. Criador da lente plana com propriedades de lente esférica.



Figura 20 – Retroprojektor da marca Liesegang.

Fonte: TOMS HARDWARE. 2006.

Disponível em <<http://www.tomshardware.com/>>. Acesso em 10 de ago. de 2006.

Nos projetores DIY pesquisados, a transparência é substituída por uma tela de LCD e o caminho da luz pode ser acompanhado nas figuras abaixo.

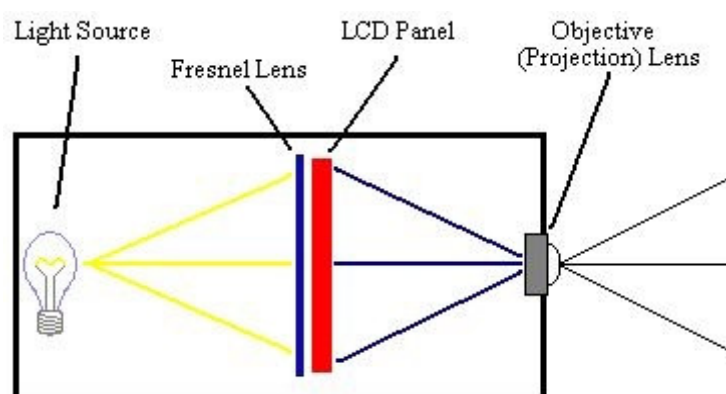


Figura 21 – Esquema de funcionamento dos projetores DIY pesquisados.

Fonte: PROJOTOR DIY. 2006.

Disponível em <<http://www.projortordiy.com.br/>>. Acesso em 12 de ago. de 2006.

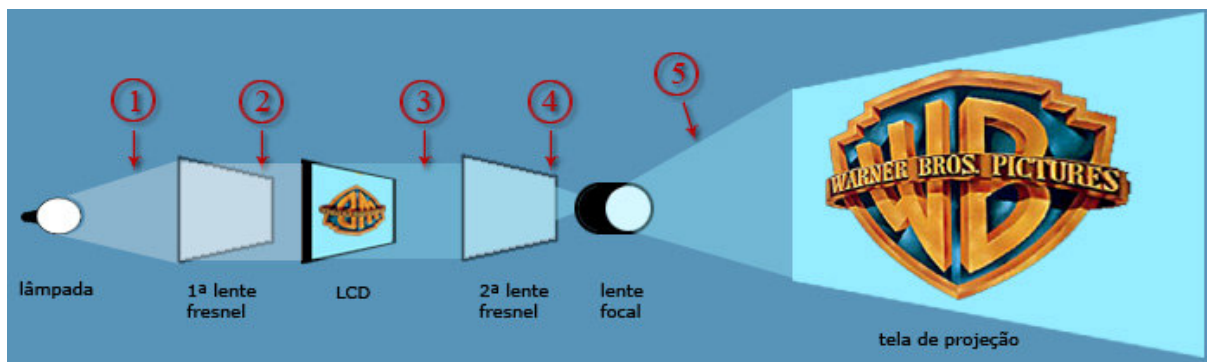


Figura 22 – Esquema do caminho percorrido pela luz nos projetores DIY pesquisados.

Fonte: PROJOTOR DIY. 2006.

Disponível em <<http://www.projetoirdiy.com.br/>>. Acesso em 12 de ago. de 2006.

3.2.2 Partes constitutivas do projetor

Os subitens desta seção apresentam separadamente uma explicação sobre os componentes fundamentais dos projetos encontrados na pesquisa inicial, a saber: o LCD (tela de cristal líquido), a fonte de luz, a lente Fresnel, a lente ou conjunto ótico de ampliação, e as conexões eletroeletrônicas.

3.2.2.1 O LCD

O LCD (“liquid cristal display”) ou, em português, a tela de cristal líquido, é um dispositivo plano de imagem, composto por um grande número de pixels monocromáticos ou coloridos, dispostos em frente a uma fonte luminosa (LCD transmissivo) ou a um refletor de luz (LCD reflexivo).

No LCD monocromático transmissivo, cada pixel é composto de uma camada de moléculas de cristal líquido suspensa entre dois eletrodos transparentes seguidos de dois filtros de polarização com os eixos perpendiculares entre si.

Antes de serem aplicadas nas moléculas do cristal, as cargas elétricas encontram-se em um estado desordenado. Com a aplicação, as moléculas se alinham às pequenas ranhuras existentes nos eletrodos, os quais, por sua vez, são

perpendiculares entre si. O resultado é um arranjo helicoidal das moléculas do cristal (vide figura 18). A luz que atravessa o primeiro filtro é rotacionada à medida que caminha através do cristal, permitindo com que esta também atravesse o segundo filtro. Metade da luz incidente no primeiro filtro é absorvida devido à polarização, em contrapartida, nesta configuração o conjunto se apresenta transparente.

Com a aplicação de carga (corrente elétrica) entre os eletrodos, as moléculas do cristal passam a se posicionar paralelas ao campo elétrico resultante, reduzindo, portanto, sua rotação, e, conseqüentemente, reduzindo também a rotação da luz que passara pelo primeiro filtro. Se a carga entre os eletrodos for tal de forma a manter o cristal não rotacionado, a luz estará polarizada perpendicularmente ao segundo filtro, resultando em um bloqueio da mesma (LCD totalmente opaco).

Através da utilização da corrente alternada e de uma matriz de ligações entre os eletrodos - por exemplo, eletrodos da parte frontal do LCD agrupados em colunas cada qual com sua fonte de tensão, e os eletrodos da parte posterior agrupados em linhas cada qual com seu “sorvedouro” de tensão -, pode-se garantir que cada pixel terá sua única e não compartilhada combinação de fonte e “sorvedouro” de tensão. O controle destas condições permite definir a intensidade luminosa que atinge o filtro de cor em cada pixel.

No LCD transmissivo colorido, os pixels são divididos em 3 (três) subpixels: um vermelho, um azul e um verde, e cada subpixel pode ser controlado separadamente, permitindo milhares ou milhões de possíveis cores (ver figura 21).

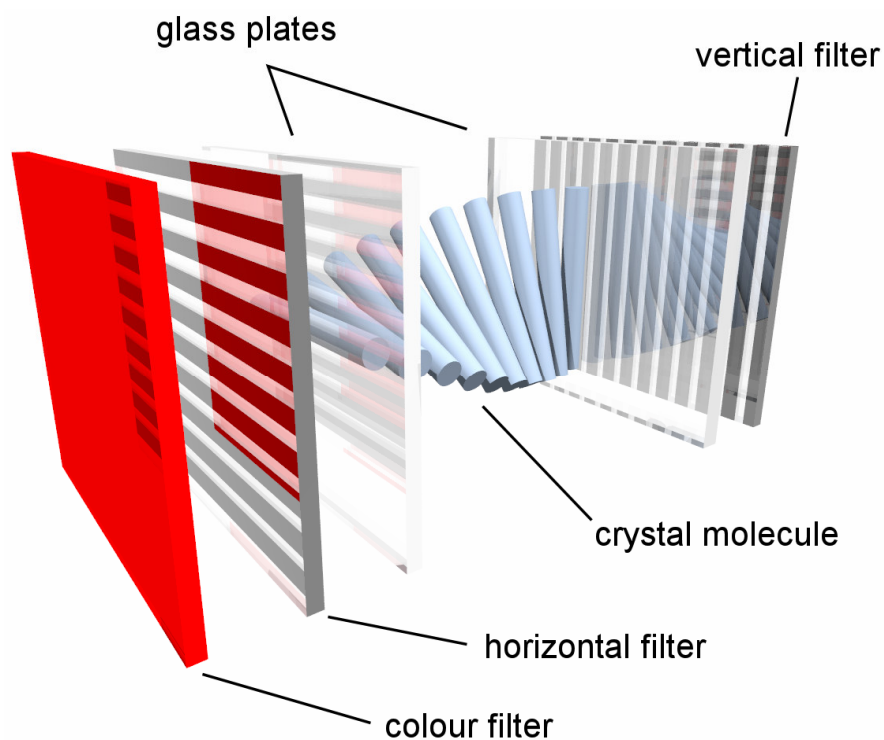


Figura 23 – O arranjo helicoidal das moléculas do cristal líquido.

Fonte: WIKIPÉDIA. 2006.

Disponível em <<http://en.wikipedia.org/>>. Acesso em 16 de ago. de 2006.

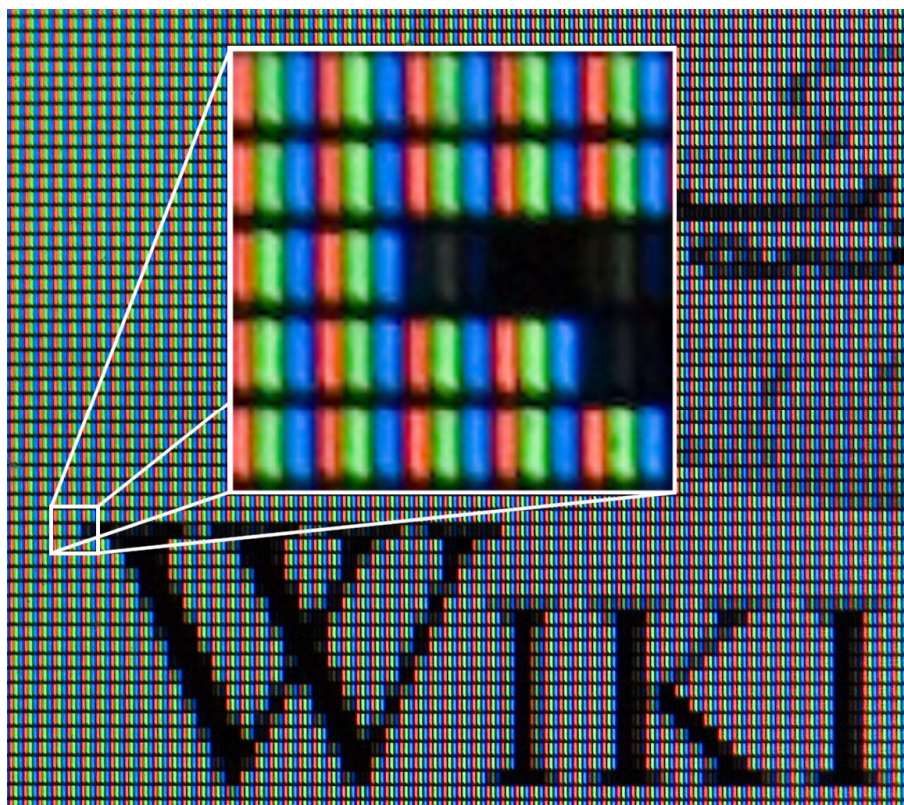


Figura 24 – Zoom dos subpixels presentes no LCD transmissivo colorido.

Fonte: WIKIPÉDIA. 2006.

Disponível em <<http://en.wikipedia.org/>>. Acesso em 16 de ago. de 2006.

A tecnologia descrita acima não permite o benefício de uma carga constante nos pixels, uma vez que, sendo excitados uma a uma, os mesmos não registram permanentemente sua ordenação até o próximo “refresh”⁷ da matriz (carga). Essa tecnologia é conhecida como Matriz Passiva.

Com o aumento do número de pixels por tela e, conseqüentemente, o aumento do número de linhas e colunas da matriz, o tempo de resposta das telas passou a ser muito alto e o contraste muito pobre.

Para solucionar este problema criou-se a tecnologia de Matriz Ativa ou TFT (thin film transistors), utilizada em telas de grande resolução.

Esta tecnologia adiciona uma fina camada de transistores ao LCD de forma que cada pixel passe a possuir um transistor associado. Desta forma, a ativação de uma linha da matriz já garante que todas as colunas recebam a correta voltagem e carreguem todos os pixels associados a ela. As linhas passam, então, a serem acionadas seqüencialmente durante uma operação de “refresh”.

As telas de matriz ativa são mais brilhantes e nítidas quando comparadas às de matriz passiva.

3.2.2.2 A fonte de luz

Luz é a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual (OSRAM 2005) (Figura 22). A sensibilidade visual para a luz varia não só de acordo com o comprimento de onda da radiação, mas também com a luminosidade ambiente. A curva de sensibilidade do olho humano demonstra que radiações de menor comprimento de onda (violeta e azul) geram maior intensidade de sensação luminosa quando há pouca luz (ex. crepúsculo, noite, etc.), enquanto as radiações de maior comprimento de onda (laranja e vermelho) se comportam ao contrário (Gráfico 1).

⁷ REFRESH. Renovação da excitação elétrica dos pixels.

Esta tecnologia adiciona uma fina camada de transistores ao LCD de forma que

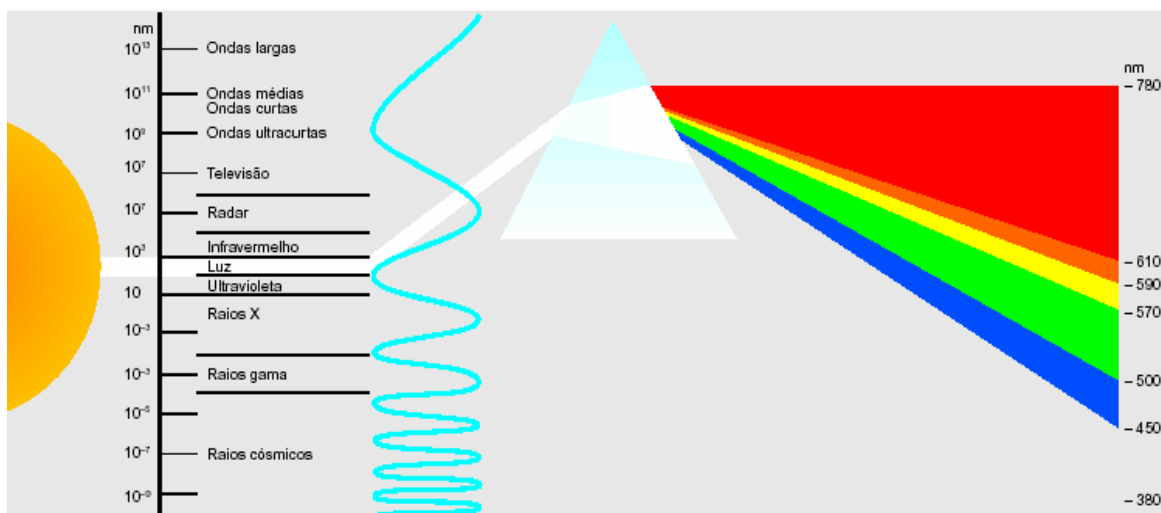


Figura 25 – Espectro Eletromagnético.

Fonte: MANUAL LUMINOTÉCNICO PRÁTICO. Osram. São Paulo. 2005.

Disponível em <<http://www.osram.com.br/>>. Acesso em 18 de ago. de 2006.

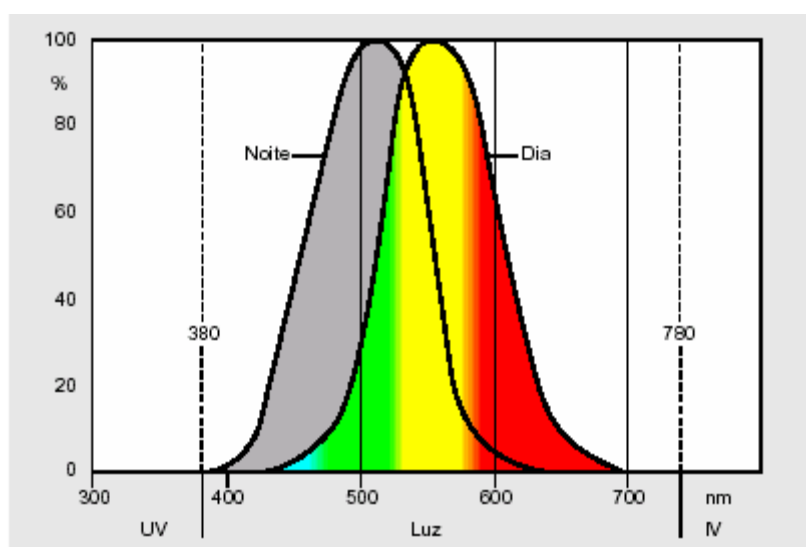


Gráfico 1 – Curva de sensibilidade do olho a radiações monocromáticas.

Fonte: MANUAL LUMINOTÉCNICO PRÁTICO. Osram 2005.

Disponível em <<http://www.osram.com.br/>>. Acesso em 18 de ago. de 2006.

Esta sensibilidade ajuda a entender porque se percebem diferenças de brilho e cor na imagem projetada quando se varia a intensidade luminosa do ambiente.

No tocante à luz produzida pelo próprio projetor, uma importante característica que deve ser estudada é o fluxo luminoso, ou seja, a radiação total da fonte luminosa entre os limites de comprimento de onda visíveis a olho nu (380 a 780 nm). O fluxo luminoso pode ser entendido, também, como a quantidade de luz emitida por uma

fonte, medida em lumens, quando alimentada por sua tensão nominal de funcionamento.

Nos projetores, quanto maior o fluxo luminoso da fonte, maior o brilho da imagem projetada, porém, as lâmpadas (fontes luminosas da maioria dos projetos avaliados) se diferenciam entre si não só pelos fluxos luminosos que irradiam, mas também, pelas diferentes potências que consomem e, para poder compará-las, é necessário que se saiba quantos lumens são gerados por watt consumido. A essa grandeza dá-se o nome de Eficiência Energética (antigo “Rendimento Luminoso”). (Gráfico 2)

Lembrando que a polarização do LCD bloqueia em parte do fluxo luminoso incidente no mesmo e, considerando que outras películas translúcidas são normalmente associadas ao LCD em sua fabricação (anti-reflexiva, por exemplo) a fonte luminosa ideal para o projetor deve possuir grande eficiência energética e grande fluxo luminoso, de forma a garantir um brilho satisfatório da imagem projetada.

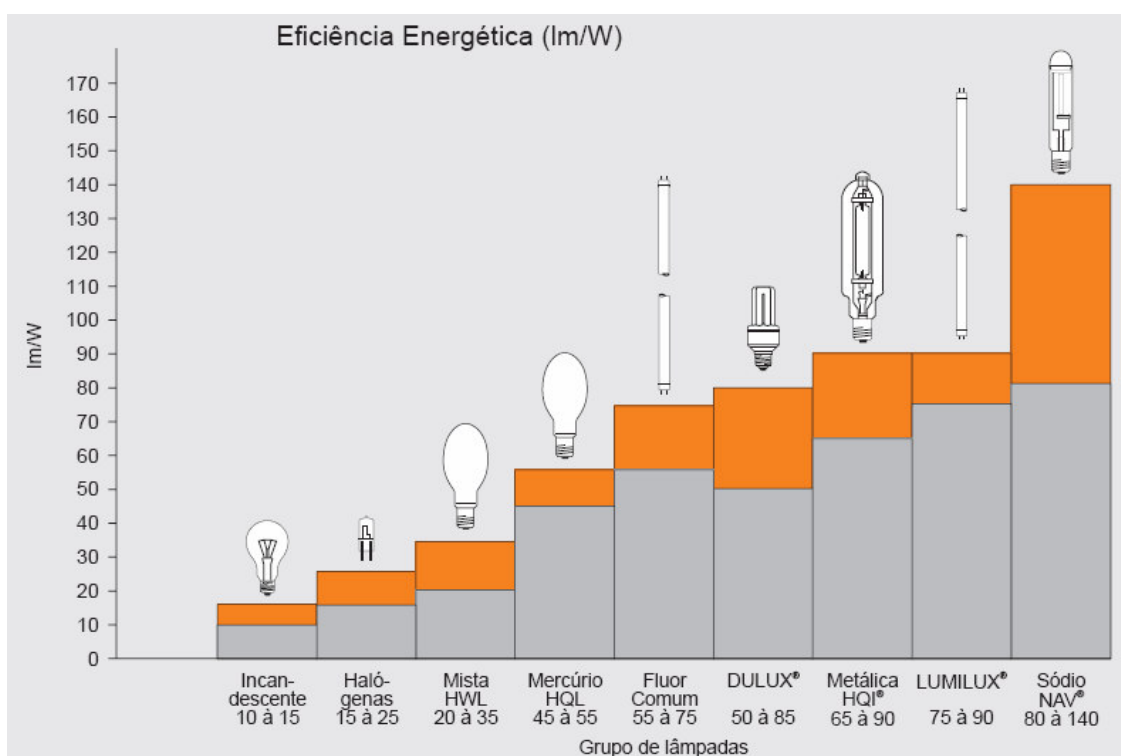


Gráfico 2 – Gráfico que apresenta a eficiência energética dos diferentes tipos de lâmpadas existentes hoje.

Fonte: PROJETOR DIY. 2006.

Disponível em <<http://www.projetoirdiy.com.br/>>. Acesso em 12 de ago. de 2006.

Pelo exposto anteriormente e, estudando-se o gráfico apresentado, pode-se explicar porque a lâmpada HQL, ou lâmpada de vapor metálico, é a principal escolha como fonte de luz dos projetos pesquisados.

Outros aspectos relacionados à luz que podem ser considerados quando da avaliação da fonte luminosa estão apresentados no anexo B.

3.2.2.3 A lente Fresnel

Outro constituinte comum aos projetos pesquisados é a lente Fresnel.

O matemático e físico Francês Augustin Jean Fresnel (1788-1827) inventou lentes planas com propriedades de lentes esféricas, as quais ganharam seu nome, em 1822.



Figura 26 – Augustin Jean Fresnel (1788-1827).

Fonte: CARON, Luana. **Demonstração de imagens reais utilizando lentes fresnel**. Campinas. Instituto de Física da UNICAMP (relatório final, 2 – 4)
Disponível em: < www.ifi.unicamp.br>. Acesso em 20 ago. 2006.

A primeira lente que tinha sua superfície em degraus foi idealizada por Buffon, em 1748. Tal lente deveria ter a superfície esférica com seções finas do vidro da lente, cujo material da parte plano fora retirado para que pudesse acompanhar o contorno

da lente, como mostra a figura 27 – Lente com superfície em degraus. Essa idéia foi continuada por Condorcet e por Sir. D. Brewster, que desenharam uma lente em degraus constituídos por anéis.



Figura 27 – Lente com superfície em degraus.

Fonte: CARON, Luana. **Demonstração de imagens reais utilizando lentes fresnel**. Campinas. Instituto de Física da UNICAMP (relatório final, 2 – 4)
Disponível em: < www.ifi.unicamp.br>. Acesso em 20 ago. 2006.

Enfim, Fresnel inventou a referida lente para concentrar o feixe de luz vindo dos faróis marítimos de sinalização, pois anteriormente estes se utilizavam de espelhos e lentes muito grandes e pesadas, que geravam grandes dificuldades na sua manipulação. Tal lente, então, foi usada no farol do rio Gironde, na França.

A lente Fresnel é uma lente ótica especial. É fina e consiste numa série de anéis, feitos com curvaturas concêntricas, como cortes seccionados da parte esférica de uma lente convexa. Cada secção tem um sutil diferente ângulo, mas todos têm a mesma distância focal, para que foquem a luz em direção ao foco central. Cada secção pode ser considerada como uma lente individual que serve para curvar as ondas de luz paralelas para focar a luz no mesmo ponto. Estas lentes costumam eliminar algumas aberrações esféricas, comuns em lentes esféricas.

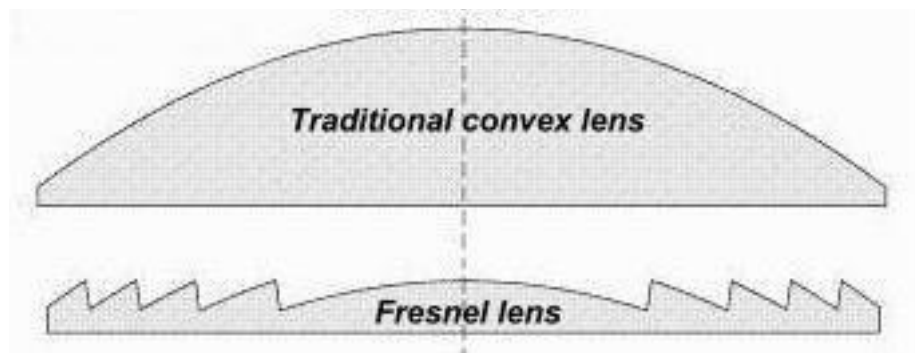


Figura 28 – Comparação entre a lente plano-convexa tradicional e a respectiva lente Fresnel.

Fonte: 3DLENS. 2006.

Disponível em <<http://www.3dlens.com/>>. Acesso em 12 de ago. de 2006.

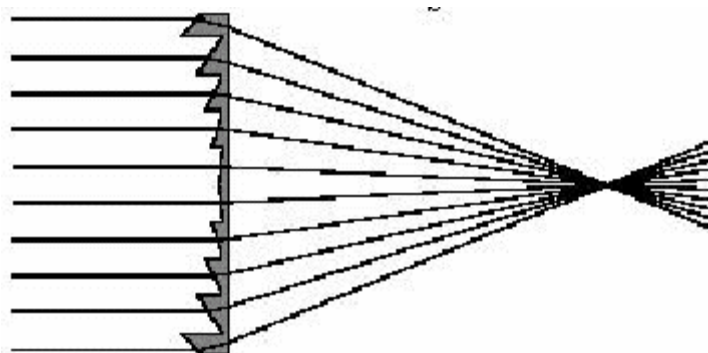


Figura 29 – Esquema indicando que a lente Fresnel não causa aberrações esféricas.

Fonte: CARON, Luana. **Demonstração de imagens reais utilizando lentes Fresnel**. Campinas. Instituto de Física da UNICAMP (relatório final, 2 – 4)

Disponível em: <<http://www.ifi.unicamp.br>>. Acesso em 20 ago. 2006.

Primeiramente as lentes Fresnel eram feitas em vidro cortado e polido. Tornavam-se, portanto, difíceis de fabricar e com custo elevado. Atualmente são feitas de plástico, como acrílico (Polimetil Metacrilato), de cloreto polivinílico e de policarbonato. Comparada a uma lente de vidro convexa, que é grossa, pesada e bastante cara, as lentes Fresnel plásticas são planas, finas, leves e de baixo custo. As lentes Fresnel ainda são utilizadas em faróis marítimos. Também são usadas em retroprojetores, em projetores de cinema na função de lentes de aumento, em detectores de movimento para sistemas de segurança, faróis de automóvel, semáforos, entre outros.

3.2.2.4 O conjunto para ampliação da imagem

A ampliação nos projetores DIY fica a cargo de um conjunto ótico (triplet⁸) ou de lentes convergentes delgadas (biconvexas plano-convexa e côncavo-convexa).

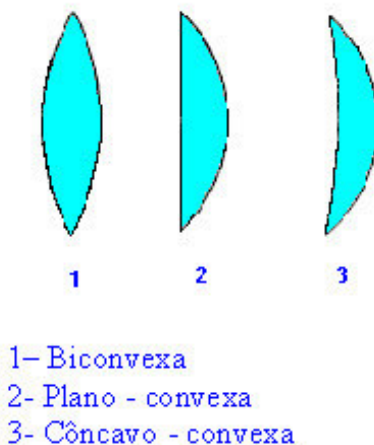


Figura 30 – Forma das lentes convergentes.

Fonte: PROGRAMA EDUCAR. CDCC – SUP São Carlos.

Disponível em <<http://educar.sc.usp.br/>>. Acesso em 22 de ago. de 2006.

O princípio de ampliação de imagens se baseia na refração da luz, ou seja, na alteração do ângulo de incidência, referente à normal da superfície que divide dois meios transparentes, de um raio luminoso oblíquo.

A alteração se dá devido à mudança na velocidade de propagação da luz nos diferentes meios. A Figura 31 ilustra esta alteração.

Maiores fundamentações teóricas sobre o fenômeno de ampliação de imagens e sobre a ótica associada ao projeto serão fornecidas mais adiante no item 4.3.2.

⁸ TRIPLET. Associação de três lentes esféricas com o objetivo de anular as aberrações geométricas em imagens projetadas.

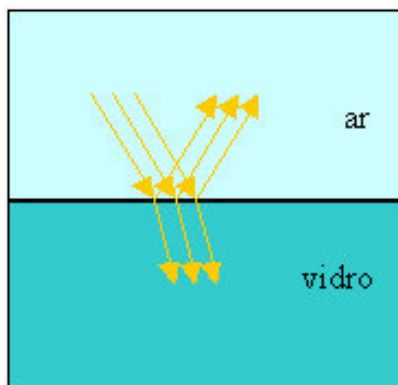


Figura 31 – Refração e reflexão da luz na mudança de meio de propagação.
 Fonte: PROGRAMA EDUCAR. CDCC – SUP São Carlos.
 Disponível em <<http://educar.sc.usp.br/>>. Acesso em 25 de ago. de 2006.

3.2.3 Dificuldades comumente encontradas nos projetos pesquisados

São três os principais problemas enfrentados pelos desenvolvedores dos projetos pesquisados. Inicialmente pode-se citar o empirismo, ou seja, a descoberta das soluções para os problemas apresentados pelos protótipos a partir do constante ciclo de experiências feitas por tentativas e erros. Outro problema que se pôde constatar é relativo ao aquecimento excessivo do interior do projetor. Como a fonte de luz mais utilizada é a lâmpada incandescente de vapor metálico (HQL), em média de 150 a 200 Watts de potência e temperatura de cor entre 3000K e 6000K, e em virtude da falta de um projeto de retirada de calor devidamente dimensionado, a temperatura no interior da carcaça pode alcançar valores superiores ao limite de operação do LCD, o que danificaria irreversivelmente o equipamento. Por fim, a falta de um direcionamento preciso do feixe de raios luminosos também faz com que alguns dos projetos percam a qualidade da imagem final projetada.

Em relação ao direcionamento da luz, a condição ideal seria que todos os raios luminosos produzidos pela lâmpada (fonte de luz) incidissem sobre a lente Fresnel posicionada anteriormente à tela de cristal líquido e, conseqüentemente, sobre o próprio LCD; porém, alguns projetos apresentam nitidamente o que se pode chamar de “vazamento de luz”.

Reforça-se aqui a importância dos objetivos complementares já definidos.

3.2.4 Exemplos de projetos

Algumas fotos de projetos em desenvolvimento e/ou já desenvolvidos, fundamentados no conceito do DIY, são apresentadas abaixo com o intuito de ilustrar os pontos levantados até o momento.

As fotos foram retiradas de sites da WWW em sites sobre o assunto.

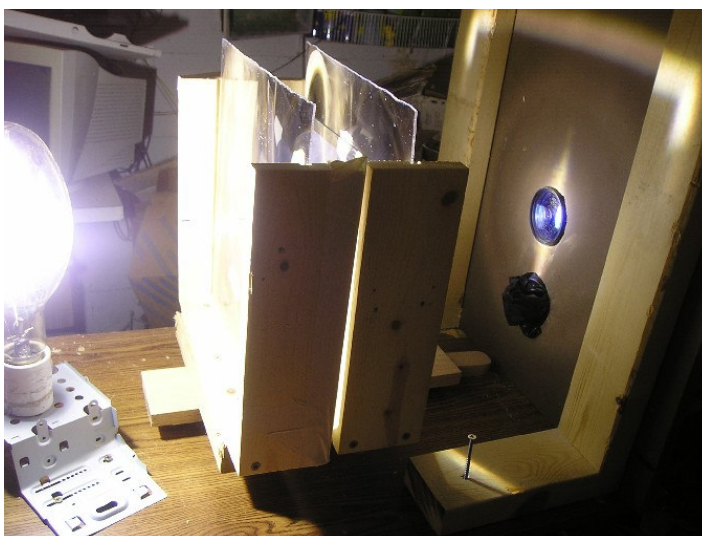


Figura 32 – Arranjo da fonte de luz e das lentes Fresnel.

Fonte: DYI Projector Company.

Disponível em <<http://www.projectorcompany.com>>. Acesso em 05 de set. de 2006.



Figura 33 – Tela de LCD desmontada para utilização no projeto.

Fonte: DYI Projector Company.

Disponível em <<http://www.projectorcompany.com>>. Acesso em 05 de set. de 2006.



Figura 34 – Arranjo básico para a projeção (retroprojektor + tela de LCD).
Fonte: DYI Projector Company.
Disponível em <<http://www.projectorcompany.com>>. Acesso em 05 de set. de 2006.



Figura 35 – Carcaça fechada e projetor em operação.
Fonte: DYI Projector Company.
Disponível em <<http://www.projectorcompany.com>>. Acesso em 05 de set. de 2006.



Figura 36 – Interior de um projetor utilizando LCD de 15" de diagonal.
Fonte: DYI Labs Brasil.
Disponível em <<http://www.diy labs.com.br>>. Acesso em 08 de set. de 2006.

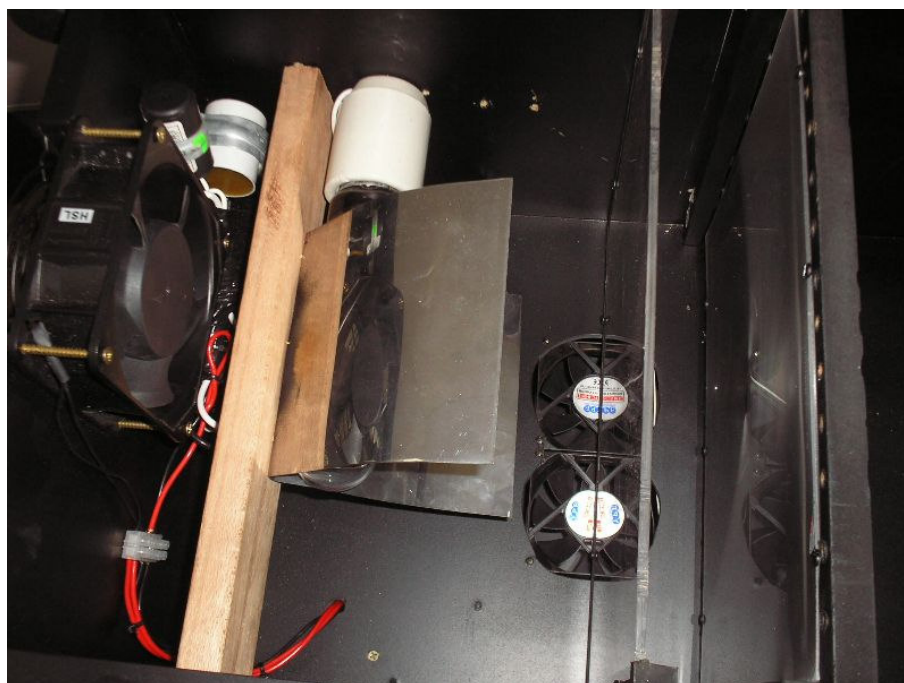


Figura 37 – Detalhe do sistema de resfriamento da lâmpada do mesmo projeto.
Fonte: DYI Labs Brasil.
Disponível em <<http://www.diy labs.com.br>>. Acesso em 08 de set. de 2006.

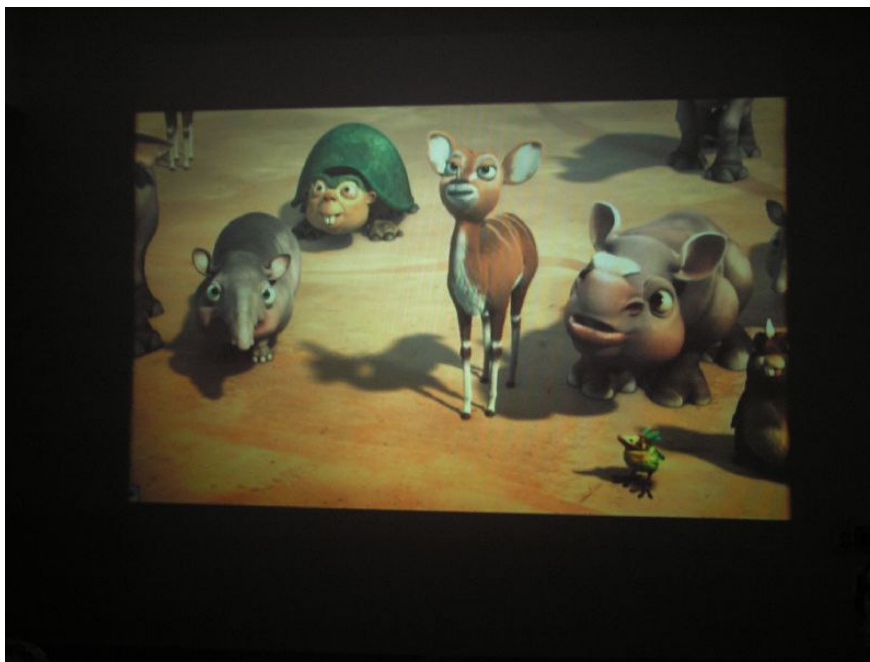


Figura 38 – Resultado da projeção do projeto detalhado nas duas últimas figuras.

Fonte: DYI Labs Brasil.

Disponível em <<http://www.diyilabs.com.br>>. Acesso em 08 de set. de 2006.

4 METODOLOGIA

Este capítulo trata da coleta de dados relevantes para a construção do projeto. Os primeiros dados são de uma pesquisa de campo feita com a aplicação de um questionário aberto, composto de questões dissertativas dirigidas a professores, o restante das informações, apresentado em uma tabela, resulta do levantamento e pesquisa das características e principais funcionalidades dos projetores de vídeo disponíveis no mercado brasileiro atual. Com a análise das informações coletadas procurou-se definir, após união dessas com as informações dos capítulos anteriores, os pré-requisitos do projeto.

4.1 PESQUISA DE CAMPO

Foi aplicado um questionário (via e-mail) com questões dissertativas diretas e abertas a professores de diferentes instituições de ensino, de forma, a saber, se lhes são colocados à disposição, na instituição onde trabalham recursos audiovisuais para a realização das aulas. O questionário procura também aferir as opiniões de tais profissionais sobre os possíveis benefícios resultantes da utilização desses recursos e avaliar a existência de uma possível demanda para a aquisição do projetor proposto.

O modelo do questionário aplicado está disponível no apêndice um.

É importante destacar que a continuidade do projeto não depende dos resultados obtidos com os questionários, mas sim, é enriquecida com os mesmos.

4.1.1 Recursos audiovisuais no ensino particular

Os questionários aqui explanados foram aplicados a professores de instituições de ensino particular. Foram inquiridos professores de ensino superior e de escola de idiomas.

André Carvalho, professor de desenvolvimento e aprendizagem motora da Faculdade de Educação Física da Universidade Bandeirante de São Paulo (Uniban), tem à sua disposição retroprojetor, projetor de slides e projetor de vídeo. Costumeiramente utiliza-se do projetor de vídeo devido à sua melhor qualidade de imagem e relativa praticidade de operação. Para André, os recursos audiovisuais são importantes, porém, não essenciais. Ajudam a reter a atenção do aluno e permitem a demonstração de exemplos práticos.

Para Izabel Maria da Silva Ladeira, professora de inglês da escola English for You, que disponibiliza retroprojetores para as aulas, os recursos são extremamente importantes se bem utilizados. Neste caso, por se tratar da aprendizagem de uma nova língua, o recurso de áudio é fundamental para desenvolver a capacidade de compreensão.

Também professora de inglês da escola Wisdom, Miriam de Mello e Silva Giglio tem disponível aparelho de som e televisor com DVD player. O aparelho de som é utilizado em todas as aulas devido ao método de ensino, baseado na escuta e repetição do idioma, e o vídeo, eventualmente em aulas extras. Para Miriam, o dinamismo proporcionado pela imagem e pelo som faz com que a aula seja mais interessante, mantendo o aluno atento.

A opinião do professor de computação gráfica da Faculdade de Desenho Industrial da Universidade Paulista (UNIP), Diogo Ferreira, é enfática em relação à essencialidade do uso de recursos audiovisuais. Durante todas as suas aulas, por ensinar a operação de softwares gráficos para Design, os alunos acompanham seus passos através da projeção da tela de seu microcomputador.

4.1.2 Recursos audiovisuais no ensino público

Em adição à subseção anterior, o público questionado aqui foi de profissionais de instituições de ensino públicas de nível superior.

Segundo Antonio Luis de Campos Mariani, professor do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), a instituição disponibiliza um retroprojektor em todas as salas de aula, projetores de vídeo em quantidade limitada (3 equipamentos para 6 ou mais turmas) e projetores de filmes de 8mm (super 8). Mariani utiliza-se de todos os recursos disponíveis e acredita que os mesmos auxiliam na compreensão dos fenômenos ensinados, principalmente porque as novas gerações estão profundamente familiarizadas com a imagem e o som.

Para o professor Euryale Zerbini, dos mesmos departamento e escola do professor Mariani, a aula fica “morta” com a utilização do retroprojektor. Zerbini aponta que a utilização do projetor de vídeo é interessante por poder apresentar, a um grande número de pessoas, a simulação de um processo sendo realizado no computador. Ainda ressalta que a existência de uma biblioteca de vídeos e outros materiais garantiria um melhor aproveitamento desses recursos.

Hilma Khoury, professora de Teoria e Prática de Pesquisa em Psicologia Social, da Faculdade de Psicologia da Universidade Federal do Pará (UFPA), dispõe, em

“situações especiais”, de retroprojektor, projetor de slide e projetor de vídeo. Ela tem preferência pelo projetor de vídeo, por ser mais prático e possibilitar muitos recursos didáticos. O principal ponto destacado por Hilma é a motivação para a aprendizagem, e a otimização da dinâmica ensino-aprendizagem.

4.1.3 Levantamento da Concorrência (o que existe no mercado convencional)

Os projetores de vídeo escolhidos (vide tabela a seguir) foram selecionados dentre todos os existentes no mercado por se tratarem de modelos “menos sofisticados”, ou seja, de baixa resolução, razão de contraste e de baixo custo, que mais se aproximam, então, do projetor em questão. Além disso, a utilização em sala de aula não requer grande qualidade de imagem por não se tratar de um home theater, sala especialmente projetada para a utilização da imagem e do som como meios de entretenimento, ou uma sala de cinema.

Tabela 1 – Comparação de diferentes projetores de vídeo.

Fonte: Projector Central.

Disponível em <<http://www.projectorcentral.com>>. Acesso em 15 de set. de 2006.**ANÁLISE DA CONCORRÊNCIA: PROJETORES DE VÍDEO****CARACTERÍSTICAS BÁSICAS**

Fotos dos Produtos					
MARCA	BenQ	InFocus	Epson	Optoma	InFocus
MODELO	MP610	2	PowerLite S4	EP716	Work Big In24
Preço Médio (R\$)	3.012,00	2.600,00	3.260,00	3.300,00	3.250,00
Garantia	1 ano	1 ano	2 anos	1 ano	1 ano
Brilho (ANSI Lumens)	2000	1700	1800	1800	1700
Contraste (Full ON/OFF)	2.000:1	2.000:1	500:1	2.000:1	2.000:1
Potência dos Alto-falantes (W)	1.0W + 1.0W	2.5W Mono	1.0W Mono	2.0W Mono	1.0W Mono
Ruído Audível (dB)	29.0	39.0	36.0	**	**
Peso (kg)	2.9	3.1	2.6	2.0	2.7
Dimensão (cm) (A x L x P)	9.4 x 23.9 x 28.2	10.7 x 24.9 x 32.8	9.9 x 32.8 x 24.6	9.4 x 22.9 x 21.0	10.1 x 30.4 x 24.0

Tabela 1 – Comparação de diferentes projetores de vídeo. (Continuação)

COMPATIBILIDADE					
Vídeo Componente	✓	✓	✓	✓	✓
Vídeo Padrão	✓	✓	✓	✓	✓
Entrada Digital	**	M1-DA (P&D)	NÃO	NÃO	NÃO
Computador	✓	✓	✓	✓	✓
CARACTERÍSTICAS ÓTICAS					
Distância. de Projeção (m)	1.5 a 8.0	1.5 a 9.8	2.0 a 9.0	1.2 a 12.0	1.5 a 10.0
Tamanho da diagonal da Imagem (cm)	91.1 a 558.8	83.9 a 651.1	127. a 762.0	68.6 a 774.7	87.7 a 644.2
Zoom óptico	Manual 1.15:1	Manual 1.20:1	Manual 1.35:1	Manual 1.11:1	Manual 1.10:1
Zoom digital	✓	**	✓	**	**
Foco da lente	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
Keystone digital	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical
LÂMPADA					
Tipo	**	200W SHP	170W UHE	200W UHP	200W SHP
Vida útil (horas)	3.000	3.000	2.000	2.000	**
Quantificação	1	1	1	1	1

Tabela 1 – Comparação de diferentes projetores de vídeo. (Conclusão)

ATRIBUTOS DE TELA					
Resolução Nativa	800x600	800x600	800x600	800x600	800x600
Máxima Resolução	1280x1024	1024x768	1280x1024	1400x1050	1024x768
Proporção da imagem	4:3 SVGA	4:3 SVGA	4:3 SVGA	4:3 SVGA	4:3 SVGA
Tipo	0.6" DLP(1)	0.6" DLP(1)	PolySi LCD(3)	0.6" DLP(1)	0.6" DLP(1)
ELETRÔNICOS					
Potência Máxima Consumida (W)	285	250	250	265	300
Voltagem (V)	Bi-volt	Bi-volt	Bi-volt	Bi-volt	Bi-volt

** (Este item não é aplicável, não foi publicado ou não é conhecido).

4.2 ANÁLISE DA PESQUISA

Este capítulo se destina à análise dos dados colhidos na pesquisa de campo e na análise da concorrência.

4.2.1 Importância dos recursos audiovisuais na educação

A pesquisa feita com os professores revelou que os recursos audiovisuais disponibilizados pelas instituições de ensino na qual trabalham são amplamente utilizados, mesmo no ensino público. Ressalve-se que o presente trabalho não tem o objetivo de provar a essencialidade do uso destes recursos, mas sim os ganhos que a relação ensino – aprendizagem pode ter com isso.

É interessante notar que esta utilização se dá não apenas pela característica do professor (que pode preparar suas aulas antes, ou não, que pode não gostar de usar computador, etc.), mas principalmente pela característica do ensino. Para o professor de educação física, por exemplo, não é essencial, mas enriquece suas aulas. Lecionando desenvolvimento motor, pode mostrar a seus alunos a evolução dos movimentos de uma criança através de vídeos, aumentando assim, o nível de compreensão de seus alunos.

Já para uma professora de inglês, o projetor não é tão essencial como um rádio gravador, uma vez que o som é que é o recurso fundamental para a compreensão da pronúncia da fala no ensino daquela língua. Mesmo assim, assistir a um filme para treinar o entendimento da língua pode ser de extremo aproveitamento.

E finalmente, ao observarmos um professor de Design gráfico, que ensina como utilizar softwares de computação gráfica, o projetor de vídeo é fundamental, pois pode mostrar a seus alunos a seqüência de comandos passo-a-passo.

De uma maneira geral, é possível dizer que os recursos audiovisuais auxiliam no entendimento dos alunos e na preparação de aulas pelos professores, sendo, de fato, de grande relevância.

A importância dos recursos audiovisuais na educação pode ser ilustrada pelos projetos “Porta Curtas na Escola” e “Educação em Cartaz”. A reportagem “O curta-metragem na escola”, publicada no Jornal da Tarde do dia 11 de outubro do ano de 2006, descreve o projeto “Porta Curtas na Escola”, patrocinado pela Petrobras, como sendo um site onde uma equipe de pedagogos indica filmes que possam ser vistos em sala de aula, incluindo a faixa etária, o nível de ensino, disciplinas e temas sugeridos. Além disso, também exibe pareceres de professores com comentários pedagógicos e experiências em sala de aula relativa aos filmes indicados. Também, no site, são disponibilizados os filmes para serem assistidos, bem como suas respectivas fichas descritivas.

O projeto “Educação em Cartaz”, patrocinado pelo HSBC9, traz sessões de cinema a R\$ 1,00, com filmes de temas relacionados aos principais vestibulares do país, seguidos por comentários e debates de especialistas em atualidade, meio ambiente, história e literatura.

As conclusões acima apresentadas reforçam a idéia de que um projetor de vídeo “artesanal”, de baixo custo, para o uso educacional, está em consonância com a opinião dos profissionais da área da educação.

4.2.2 Relevância do preço dos recursos audiovisuais na educação

A análise da pesquisa de campo permite, ainda que de forma superficial, afirmar que as instituições de ensino particulares possuem uma maior quantidade de equipamentos disponíveis aos professores do que as públicas. Pode-se atribuir como causa desta diferença o elevado custo unitário dos equipamentos (R\$3.000,00 em média).

Assim, o projetor em questão, se custar até R\$1.000,00, será equivalente a um terço do valor médio dos equipamentos comerciais, comparados na tabela 1.

Independentemente do fato de que os projetores comerciais possam apresentar recursos extras que agreguem valor ao produto, pode-se dizer que o projeto em questão, mesmo que contenha somente as funções e compatibilidades básicas de um projetor de vídeo, pode contribuir para uma maior difusão na utilização destes

equipamentos nas instituições de ensino, especialmente nas públicas e nas que lidem diretamente com comunidades de baixa renda.

4.2.3 Definição dos pré-requisitos do projeto

Este item apresenta os principais problemas (técnicos) a serem solucionados no desenvolvimento do projetor, bem como as diretrizes a serem seguidas em sua fabricação, que garantirão a adequação do projeto ao seu propósito.

Como já registrado nos itens anteriores, o propósito principal que entremeia todo o processo de criação do projetor deve resultar em um produto que possa ser utilizado por professores de qualquer instituição de ensino, nas mais diversas atividades pedagógicas, e que facilite a difusão da utilização dos recursos audiovisuais.

Portanto, os pré-requisitos do projeto são:

- A utilização de uma lente Fresnel plano-convexa associada a uma convexo-plana, ou apenas de uma Fresnel dupla, é fundamental para o correto direcionamento do feixe de luz.
- A utilização de uma maior quantidade destas lentes deverá seguir o propósito de aumentar o fluxo luminoso incidente sobre o LCD.
- As dimensões externas da carcaça do projetor (A x L x P) devem ser as menores possíveis, tendo como limites aceitáveis as dimensões médias dos projetores comerciais apresentadas na tabela 1. Para tanto, a tela de LCD deverá ser menor ou igual a 7 polegadas (diagonal).
- Somado aos limites dimensionais, o projetor deverá ser de fácil portabilidade.
- A temperatura máxima da tela de LCD durante a operação do projetor deve ser sempre inferior à temperatura máxima de trabalho.

- A temperatura máxima de trabalho do LCD é de 60°C e a da lente Fresnel é de 80°C.
- O custo final do projetor deverá ser menor que R\$1.000,00

4.3 O PROJETO

Após feita a constatação e análise dos problemas existentes com projetores DIY pesquisados, a pesquisa de campo e a definição dos conceitos do projeto, a fabricação do projetor pretende, a seguir, solucionar as dificuldades encontradas e oferecer, simultaneamente, ao público alvo, um produto de baixo custo, simples, com funcionamento satisfatório e que possa ser utilizado em larga escala para fins educacionais.

Para que isso seja possível, o projeto se baseará em teorias da ótica e da transferência de calor, isto é, em conhecimento científico.

Finalmente, será calculado o seu custo para que se possa ter um parâmetro real de comparação com os produtos industrializados encontrados no mercado brasileiro atual.

4.3.1 Fundamentação teórica

Os principais conceitos físicos envolvidos na concepção do projetor são a ótica geométrica - responsável pela geração da imagem projetada ampliada - e a transferência de calor, inerente à fonte de luz escolhida.

Os itens abaixo apresentarão as principais leis e fundamentos para o correto dimensionamento do projeto.

4.3.1.1 Leis da transferência de calor

Transferência de calor é a energia em trânsito existente devido a uma diferença de temperatura - Incropera e DeWitt (1998). Existem três diferentes tipos de transferência de calor, a saber: condução – transferência de calor devido à existência do gradiente de temperatura em um meio estacionário; convecção – transferência de calor na qual o gradiente de temperaturas se dá entre uma superfície e um fluido em movimento; e radiação térmica – emissão de energia na forma de ondas eletromagnéticas de qualquer superfície com temperatura não nula. Existe uma radiação entre duas superfícies que se encontram a temperaturas diferentes.

No presente problema as transferências de calor significativas são resultantes dos processos de convecção e radiação.

A transferência de calor por convecção pode ser classificada de acordo com a natureza do escoamento do fluido - Incropera e DeWitt (1998). A chamada convecção forçada é associada ao escoamento causado pela ação de meios externos, como, por exemplo, um ventilador. Já a convecção livre ou natural é associada ao escoamento resultante das forças de empuxo originadas nas diferenças de densidades causadas por variações de temperatura no fluido.

Tanto para a convecção forçada como para a livre, a equação que representa a taxa de transferência de calor possui a seguinte forma:

$$q'' = \bar{h} \times (T_{\text{sup}} - T_{\infty}) \quad (1)$$

Onde:

q'' é o fluxo de calor por convecção [W/m²].

T_{sup} é a temperatura da superfície em contato com o fluido [K ou °C].

T_{∞} é a temperatura do fluido [K ou °C].

$\bar{h}$ é a constante de proporcionalidade ou coeficiente (médio) de transferência de calor por convecção. [W/m²K ou W/m²°C]

Em relação à $\bar{h}$ Incropera e DeWitt (1998) ainda afirmam que:

“O coeficiente de transferência de calor por convecção depende das condições da camada limite, as quais, por sua vez, são influenciadas pela

geometria da superfície, pela natureza do escoamento do fluido e por outras propriedades termodinâmicas e de transporte do fluido.”

A grande dificuldade associada à avaliação da troca de calor por convecção reside na determinação de h (local ou médio) para as condições do problema.

A adimensionalização das equações de conservação nas camadas limites (térmica e fluidodinâmica) resulta em uma série de parâmetros de similaridade que permitem a utilização de resultados obtidos em uma superfície submetida a um determinado conjunto de condições, na resolução em superfícies geometricamente similares, mas submetidas a condições inteiramente diferentes.

O adimensional associado à convecção é conhecido como Número de Nusselt (Nu), o qual representa o gradiente de temperaturas adimensionais na superfície, fornecendo uma medida da transferência de calor por convecção que ocorre na mesma. Segundo Incropera e DeWitt (1998), Nusselt na condição de convecção forçada é função do comprimento característico da superfície, e de outros dois adimensionais conhecidos como Número de Reynolds (Re) e número de Prandtl (Pr), e na condição de convecção livre, do comprimento característico, e dos Números de Grashof (Gr) e de Prandtl (Pr).

O número de Reynolds é um adimensional que exprime a razão entre as forças de inércia e as forças viscosas que atuam sobre um elemento do fluido, Gr exprime a razão entre a força de empuxo e a força viscosa que atuam no fluido, e Pr é a razão entre as difusidades de momento e térmicas no escoamento. A multiplicação dos números de Prandtl e Grashof produz mais uma adimensional intitulado número de Rayleigh (Ra).

Uma variada gama de correlações empíricas foi desenvolvida para a condição de convecção livre e convecção forçada, porém, como não é objetivo deste trabalho o questionamento e/ou desenvolvimento destas correlações e, considerando-se a geometria cilíndrica característica das possíveis fontes de luz (lâmpadas de vapor metálico), as correlações associadas à determinação de $\bar{h}$ para o escoamento externo em torno de cilindros serão apresentadas diretamente.

Churchill e Chu apud Incropera e DeWitt (1998) recomendam, para um cilindro isotérmico sob a condição de convecção livre, uma relação capaz de fornecer h para uma ampla faixa de valores do número de Rayleigh – $Ra \leq 1012$.

$$\overline{Nu} = \frac{\bar{h} \times D}{k} = \left\{ 0,6 + \frac{0,387 \times Ra_D^{1/6}}{\left[1 + (0,559 / Pr)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 \quad (2)$$

$$Ra_D = \frac{g \times \beta \times (T_{sup} - T_{\infty}) \times D^3}{\nu \times \alpha} \quad (3)$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho \times c_p} \quad (5)$$

Onde:

D é o diâmetro do cilindro [m].

k é o coeficiente de condutividade térmica do fluido [W/m.K].

$\overline{Nu}$ é o Número de Nusselt médio

Pr Número de Prandtl

g é a aceleração local da gravidade [m/s²]

T_f é a temperatura de filme = (T_{sup} + T_∞)/2 para o ar como gás perfeito [K]

β é o coeficiente de expansão térmica do fluido [K⁻¹]

μ é a viscosidade dinâmica do fluido [N.s/m²]

ν é a viscosidade cinemática do fluido = ρ/μ [m²/s]

α é a difusividade térmica [m²/s]

Para as condições de convecção forçada, o mesmo autor apresenta a seguinte equação:

$$\overline{Nu} = 0,3 + \frac{0,62 \times Re_D^{1/2} \times Pr^{1/3}}{\left[1 + (0,4 / Pr)^{2/3} \right]^{1/4}} \times \left[1 + \left(\frac{Re_D}{282000} \right)^{5/8} \right]^{4/5} \quad (6)$$

Tratando-se ainda da convecção, outra geometria presente no estudo é a da placa plana (lentes), e para esta geometria a correlação para escoamento livre paralelo sobre uma placa vertical é:

$$\overline{Nu} = 0,68 + \frac{0,670 \times Ra^{1/4}}{(1 + (0,492 / Pr)^{9/16})^{4/9}} \quad (7)$$

E para a convecção forçada:

$$\overline{Nu} = 0,664 \times Re^{1/2} \times Pr^{1/3} \quad (8)$$

Uma vez determinados os valores de 02 dos adimensionais envolvidos na convecção, torna-se possível a determinação do terceiro restante, e de todas as variáveis associadas aos adimensionais (temperaturas, velocidade do escoamento e coeficiente de transferência de calor por convecção).

Para as trocas de calor por radiação entre os componentes do conjunto ótico (lâmpada, refletor, vidro e lentes), nas condições de regime permanente, os cálculos se basearão na teoria de troca radiante entre superfícies cinza para o calor, e difusas quanto à radiação e irradiação.

A superfície cinza, segundo Incropera e DeWitt (1998), pode ser definida como a superfície para a qual os valores da absortividade espectral e a emissividade espectral α_λ e ε_λ são independentes do comprimento de onda λ ao longo das regiões espectrais da irradiação e da emissão superficial. Já na superfície difusa, a emissividade espectral direcional $\varepsilon_{\lambda\theta}$ e a absortividade espectral direcional $\alpha_{\lambda\theta}$ independem da direção definida.

$$q''_{rad} = \varepsilon \times \sigma \times T_{sup}^4 - \alpha \times G = \varepsilon \times \sigma \times (T_{sup}^4 - T_{viz}^4) \quad (9)$$

Onde:

σ é a constante de Stefan-Boltzmannn = $5,670 \times 10^{-8}$ [W/m².K⁴]

T_{sup} é a Temperatura da superfície [K].

T_{viz} é a Temperatura da Vizinhança [K].

G é a irradiação total incidente sobre a superfície [W].

Para avaliação das trocas radiantes entre as superfícies cinza e difusas no interior de uma cavidade pode ser expressa por:

$$q_i = \frac{\sigma \times T_i^4 - J_i}{(1 - \varepsilon_i) / \varepsilon_i * A_i} = \sum_{j=1}^N \frac{J_i - J_j}{(A_i \times F_{ij})^{-1}} \quad (10)$$

Onde:

J é a radiosidade da superfície, ou seja, a soma das parcelas de emissão e de reflexão da irradiação na superfície.

A_i é a área da superfície i.

F_{ij} é o Fator de Forma entre as superfícies i e j.

4.3.1.2 Propagação da luz e propriedades da fonte luminosa

Já se apresentou neste trabalho o fato de a luz alterar sua propagação quando da passagem de um meio transparente para um outro meio, diferente do inicial, porém, também transparente, e que esta alteração do ângulo formado entre o raio incidente e a normal à superfície de separação se dá devido aos diferentes valores da velocidade da luz nos meios.

Quando da passagem da luz de um meio onde a mesma se propaga de maneira mais veloz para um meio onde a propagação se dá em uma velocidade inferior, o raio de luz se aproxima da reta normal à superfície.

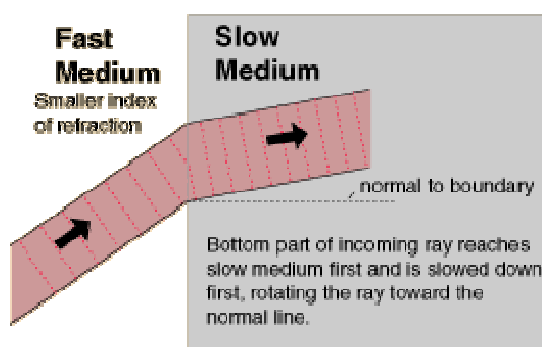


Figura 39 – Aproximação do raio luminoso em relação à normal da superfície.

Fonte: Hyper Physics.

Disponível em <<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hph.html>>.

Acesso em 15 de set. de 2006.

A divisão do valor da velocidade da luz no vácuo pelo valor da velocidade da luz no meio fornece o índice de refração do meio o “n” do meio. Os valores de interesse para o projeto são $n_{ar} = 1,0$ e $n_{acrílico} = 1,49$.

A lei de Snell para as lentes delgadas relaciona os índices de refração dos meios com a direção de propagação dada pelo ângulo formado entre a normal à superfície e o raio luminoso:

$$n_{ar} \times \sin \theta_{ar} = n_{acrílico} \times \sin \theta_{acrílico} \quad (11)$$

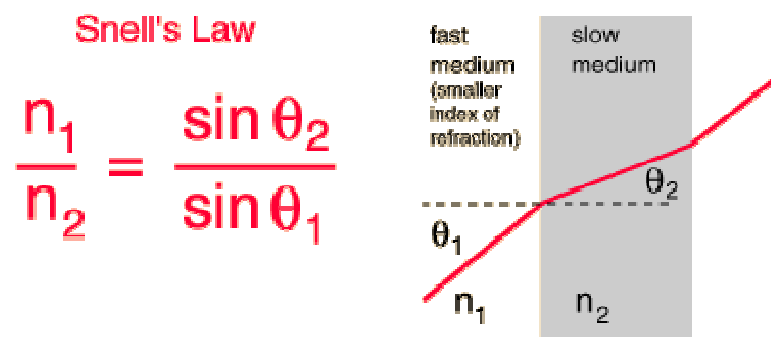


Figura 40 – Ilustração da lei de Snell

Fonte: Hyper Physics.

Disponível em <<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hph.html>>.
Acesso em 18 de set. de 2006.

Outro ponto importante da ótica associada ao projeto é o fenômeno da formação de imagens pelas lentes delgadas. A formação das imagens também se deve ao fenômeno da refração da luz quando a mesma passa do ar para o acrílico das lentes, e posteriormente do acrílico para o ar novamente.

Três raios fundamentais são suficientes para a determinação da posição e do tamanho da imagem gerada. O primeiro raio é o que incide na lâmpada passando pelo foco. Este raio irá emergir da lente, paralelo ao eixo central. O segundo raio é aquele que incide paralelamente ao eixo central da lente e emerge passando pelo foco da imagem e, por fim, o raio que incide passando exatamente pelo centro da lente emerge sem alteração em sua trajetória.

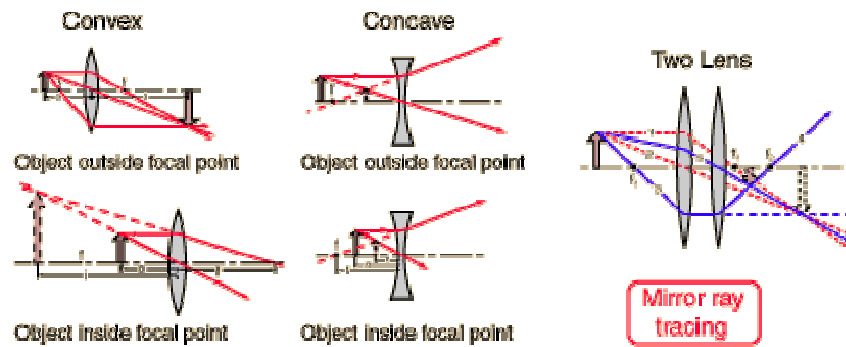


Figura 41 – Ilustração da formação da imagem nas lentes delgadas.
 Fonte: Hyper Physics.
 Disponível em <<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hph.html>>.
 Acesso em 18 de set. de 2006.

A equação de Gauss para lentes esféricas relaciona a distância focal f com a distância imagem q e a distância objeto p . A demonstração da lei está apresentada a seguir.

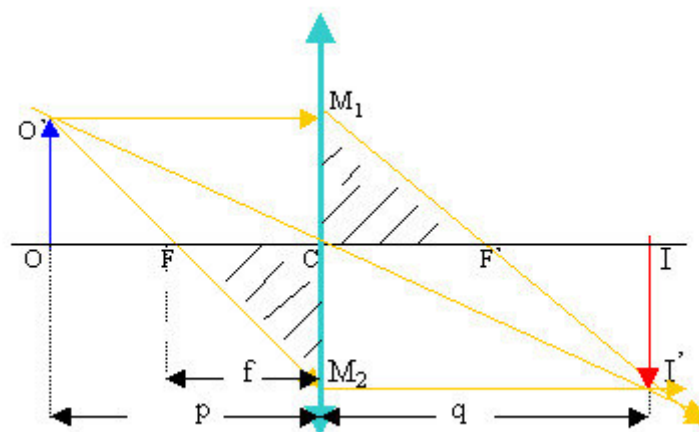


Figura 42 – Ilustração da lei de Gauss
 Fonte: Educar USP.
 Disponível em <<http://www.educar.sc.usp.br/optica/lente.htm>>. Acesso em 18 de set. de 2006.

Os triângulos $O'M_1M_2$ e FCM_2 são semelhantes, portanto, seus lados são proporcionais:

$$\frac{f}{p} = \frac{CM_2}{M_1M_2} \quad (12)$$

Os triângulos $I'M_2M_1$ e $F'CM_1$ são também semelhantes, portanto, seus lados são proporcionais:

$$\frac{f}{q} = \frac{M1C}{M1M2} \quad (13)$$

Somando 11 e 12, obtemos:

$$\frac{f}{p} + \frac{f}{q} = \frac{(CM2 + M1C)}{M1M2} \quad (14)$$

Como $(CM2 + M1C) = M1M2$, temos:

$$\frac{f}{p} + \frac{f}{q} = 1 \quad (15)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \quad \text{Equação de Gauss (16)}$$

Onde:

f é a distância focal

p é a distância objeto

q é a distância imagem

Para se saber qual será a ampliação da imagem deve-se considerar que A é definida como sendo a razão entre o tamanho imagem II' e o tamanho objeto OO':

$$A = \frac{II'}{OO'} \quad (17)$$

Como os triângulos O'OC e I'IC são semelhantes (figura 38), pois possuem dois ângulos iguais, obtemos:

$$A = \frac{II'}{OO'} = \frac{q}{p} \quad \text{Equação da Ampliação (18)}$$

4.3.2 Partes constitutivas

Apresentam-se, a partir deste ponto, os dimensionamentos e as atribuições específicas do projetor proposto.

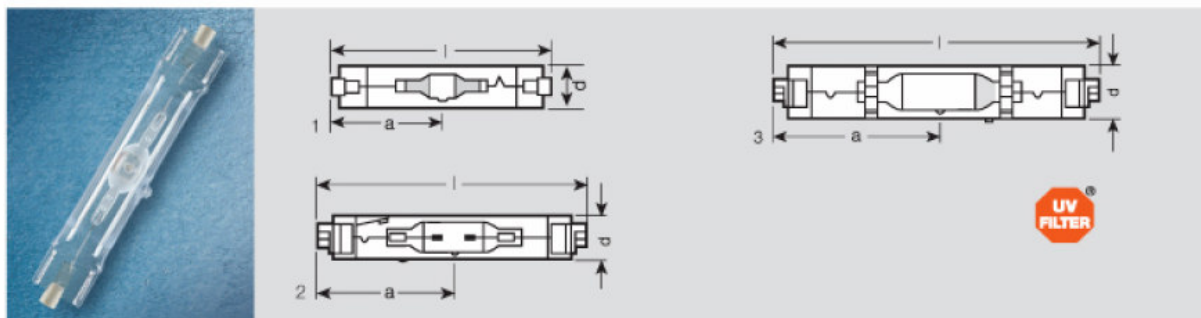
4.3.2.1 A fonte de luz

A fonte de luz do projeto será uma lâmpada. Alguns projetos pesquisados sugerem utilização de leds para a iluminação do LCD, porém, as lâmpadas continuam a possuir uma maior eficiência luminosa.

Dentre todos os tipos de lâmpadas disponíveis para a utilização no projetor, as lâmpadas de vapor metálico são as que apresentam a maior eficiência luminosa e o melhor índice de reprodução de cor IRC (fidelidade das lâmpadas na reprodução das cores) por um custo satisfatório (R\$150,00 em média para a lâmpada mais seus acessórios). Após a comparação entre as diferentes marcas fabricantes deste tipo de lâmpada, a lâmpada de vapor metálico escolhida para o projeto é da marca OSRAM, modelo Powerstar® HQI-TS 150W/NDL (Neutral White de Luxe). O fluxo luminoso total da mesma é de 11250 lumens, sua eficiência luminosa é de 75 lm/W, seu IRC é igual a 90, a sua temperatura de cor é de 4200K e sua vida útil média é de 12000 horas.

POWERSTAR® HQI® (Alta e Baixa Potências)

Lâmpadas de Multivapores Metálicos com Tubo de Descarga de Quartzo



POWERSTAR® HQI® TS	W	lm	IRC	 1)	t [h] 2)	 d [mm]	 l max. [mm] 3)	 LCL a [mm]	 No.	
HQI-TS 70/D	70	5000	80-89	5200	9000	20	114,2	57	1	RX7s
HQI-TS 70/NDL	70	5500	80-89	4200	9000	20	114,2	57	1	RX7s
HQI-TS 70/WDL	70	5000	70-79	3000	9000	20	114,2	57	1	RX7s
HQI-TS 150/D	150	11000	80-89	5200	12000	23	132	66	1	RX7s-24
HQI-TS 150/NDL	150	11250	80-89	4200	12000	23	132	66	1	RX7s-24
HQI-TS 150/WDL	150	11000	70-79	3000	12000	23	132	66	1	RX7s-24

1) Temperatura de cor

2) Vida útil média

3) Distância máxima entre os contatos

Figura 43 – Lâmpada de Vapor Metálico escolhida para ser a fonte de luz do projetor.

Fonte: OSRAM do Brasil.

Disponível em <<http://br.osram.info/produtos/profissional/descarga/>>. Acesso em 18 de set. de 2006.

4.3.2.2 A fonte da imagem

A fonte de imagem e som do projeto é um DVD portátil marca MIDI Japan, similar ao apresentado nas figuras abaixo.

A seqüência das fotos apresenta a desmontagem do DVD para a retirada da tela de LCD.



Figura 44 – Caixa do DVD player marca COBY..

Fonte: Projetor DIY Brasil.

Disponível em <<http://www.diy labs.com.br>>. Acesso em 22 de set. de 2006.



Figura 45 – Mascara frontal do DVD player destravada.

Fonte: Projetor DIY Brasil.

Disponível em <<http://www.diy labs.com.br>>. Acesso em 22 de set. de 2006.



Figura 46 – LCD isolado ainda com proteção e back-light.

Fonte: Projetor DIY Brasil.

Disponível em <<http://www.diy labs.com.br>>. Acesso em 22 de set. de 2006.

4.3.2.3 O conjunto ótico

De forma a solucionar o problema de pouca luminosidade incidente no LCD, o projeto utiliza-se de uma calha refletora produzida em aço inoxidável ou um espelho esférico, disposta antes da lâmpada, e uma lente Fresnel pré-condensadora colocada à frente da mesma. O raio de curvatura da calha é de 40 mm, estando a lâmpada devidamente localizada em seu centro de curvatura. A distância entre a lâmpada e a lente Fresnel pré-condensadora também é de 40 mm.

Para a montagem das outras lentes as distâncias focais foram respeitadas, ou seja, Fresnel 1 (240mm), Fresnel 2 (330mm) e uma lente biconvexa de 300mm.

O arranjo das lentes segue o esquema abaixo:

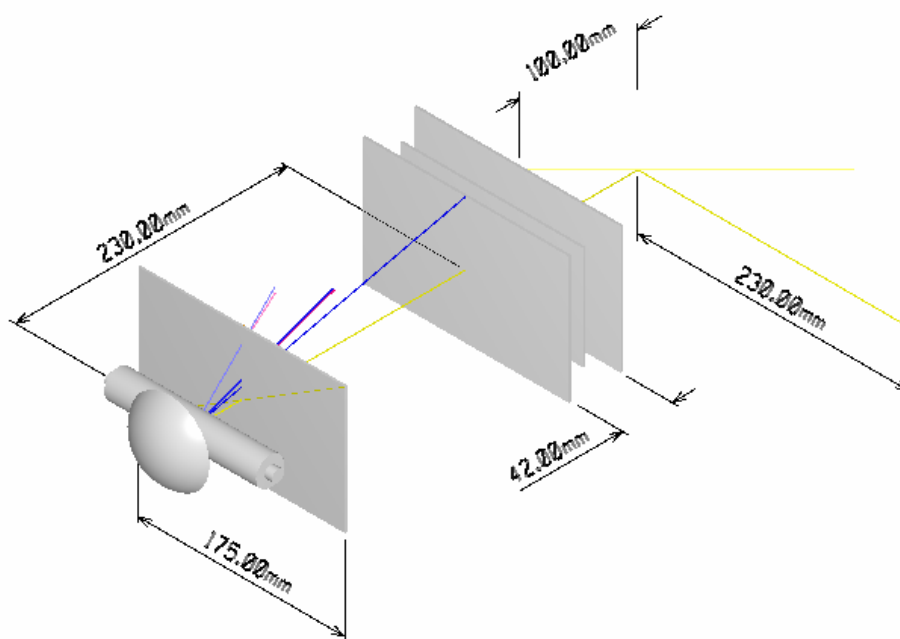


Figura 47 – Disposição do conjunto ótico – Espelho Esférico; Fresnel pré condensadora; Fresnel 1; LCD; Fresnel 2; caminho até a Triplet..

4.3.2.4 A Carcaça

O dimensionamento respeitou as distâncias do conjunto ótico, apresentadas no item anterior, bem como, garantir a existência de espaço suficiente para o

condicionamento de outras partes constituintes do projetor como o reator da lâmpada HQL, por exemplo.

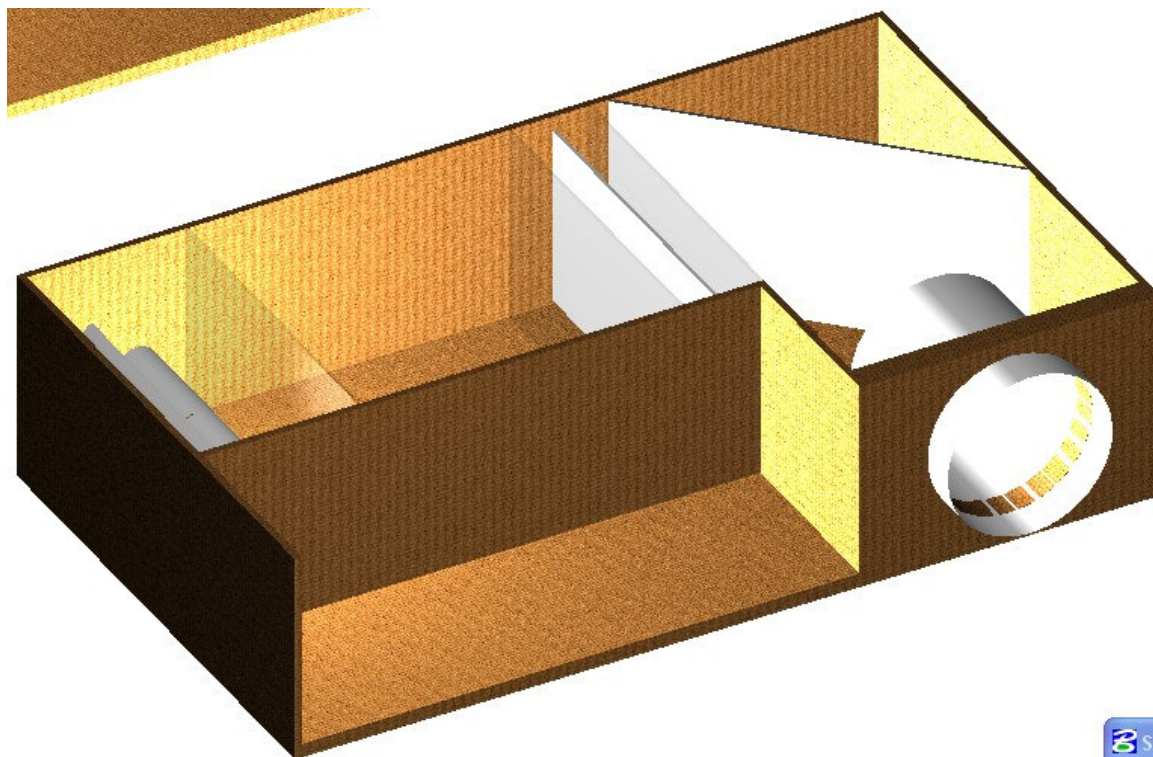


Figura 48 – Desenho da carcaça com as lentes, LCD e espelho já instalados.

O material utilizado para a fabricação da carcaça foi o MDF (medium density fiber) de 6 mm de espessura. As dimensões finais são (A x L x P) 135 x 460 x 280 mm. A lente biconvexa foi alojada em um cano de PVC de 2 mm de espessura, de 90mm de diâmetro e 100mm de comprimento.

4.3.2.5 O sistema de resfriamento

O dimensionamento do sistema de convecção forçada inicia-se com a determinação da temperatura superficial do bulbo de vidro da lâmpada, para uma condição de operação aberta ao ambiente. A medição desta temperatura foi realizada no laboratório de mecânica dos fluidos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, no dia 17 de novembro de 2006. O equipamento utilizado foi um medidor

eletrônico denominado PT100 com sensor de platina, marca Instrutherm, modelo THR 080, N° de série P842474 – Fig. 43.



Figura 49 – Equipamento utilizado para a aferição da temperatura do bulbo da lâmpada, indicando uma temperatura qualquer.

No dia da medição a temperatura ambiente era $T_{\text{viz}} = 26^{\circ}\text{C}$.

A posição da sonda do equipamento durante a medição está registrada na figura abaixo e, o valor apresentado pelo medidor depois de decorridos dez minutos do acendimento da lâmpada foi de $T_b = 410^{\circ}\text{C}$.



Figura 50 – Sonda do medidor PT100 posicionada próxima ao bulbo da lâmpada.

Uma vez determinado o valor de T_b , a solução do balanço de energia apresentado em forma de circuito elétrico equivalente na Fig. 45, fornecerá a quantidade de calor transferida ao bulbo pelos fenômenos internos à lâmpada que geram a luz (q_1).

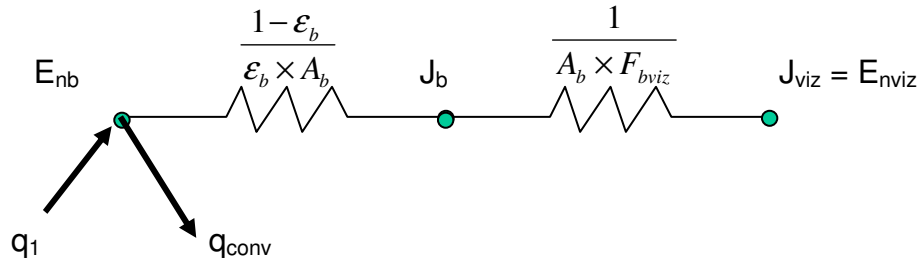


Figura 51 – Circuito elétrico equivalente para o funcionamento da lâmpada exposta ao ambiente.

Esta quantidade de calor será considerada constante para os próximos cálculos.

No balanço as perdas de calor do bulbo para o ambiente acontecem por radiação e por convecção natural, e a vizinhança foi considerada um corpo com comportamento de corpo negro.

Os valores conhecidos são $\varepsilon_b = 0,86$ (vidro pirex); $F_{bviz} = 1$ (fator de forma do bulbo em relação à vizinhança); $D_b = 24\text{mm}$ (diâmetro do bulbo) e $L_b = 132\text{mm}$ (comprimento do bulbo).

O equacionamento para o esquema proposto é:

$$q_1 = \frac{E_{nb} - E_{nviz}}{\frac{1 - \varepsilon_b}{\varepsilon_b \times A_b} + \frac{1}{A_b \times F_{bviz}}} + q_{conv} \quad (19)$$

$$E_{nb} - E_{nviz} = \sigma \times T_b^4 - \sigma \times T_{viz}^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \times (683^4 - 299^4) = 11885,42 \text{ W / m}^2 \quad (20)$$

$$\frac{1 - \varepsilon_b}{\varepsilon_b \times A_b} + \frac{1}{A_b \times F_{bviz}} = 116,86 \text{ 1 / m}^2 \quad (21)$$

Da aplicação de 20 e 21 em 19 tem-se que $q_{\text{rad}} = 101,7\text{W}$.

O q_{conv} é obtido aplicando-se as equações 4, 3, 2 e 1 para as condições do problema, assim teremos $q_{\text{conv}} = 41,3\text{W}$.

Portanto, o resultado para o calor fornecido ao bulbo q_1 será $q_1 = 143\text{W}$.

Sabendo-se o calor constante fornecido ao bulbo da lâmpada durante sua operação, pode-se, então, resolver o balanço de energia para as trocas térmicas entre as superfícies expostas à lâmpada dentro do projetor.

A cavidade considerada para o equacionamento das trocas entre as superfícies está representada na figura abaixo.

Os valores conhecidos destas superfícies são: $\varepsilon_1 = 0,86$; $\varepsilon_3 = 0,90$; $A_1 = A_2 = 9,95 \times 10^{-3} \text{m}^2$; $A_3 = 14,52 \times 10^{-3} \text{m}^2$.

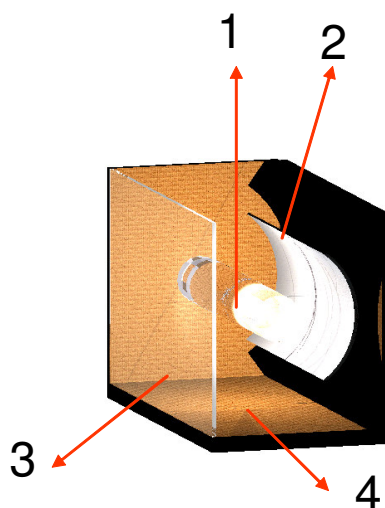


Figura 52 – Superfícies consideradas no equacionamento da troca de calor na cavidade onde se encontra inserida a lâmpada.

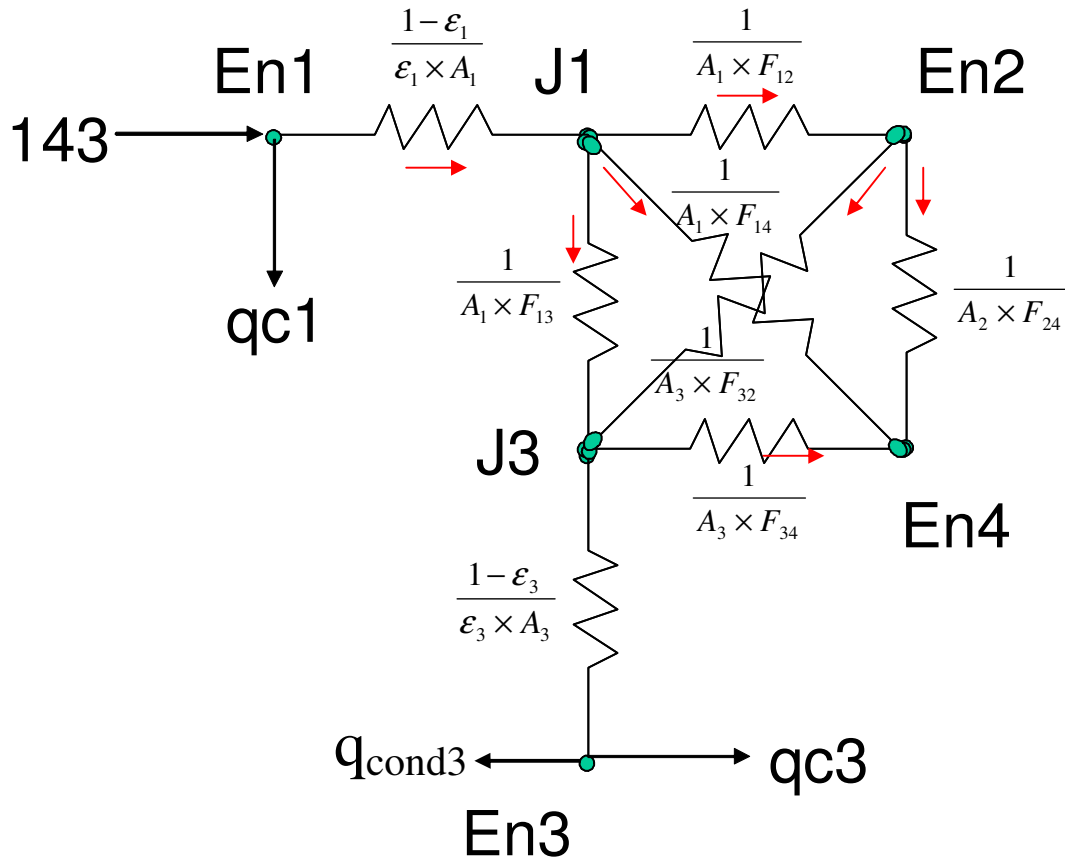


Figura 53 – Circuito elétrico equivalente para as trocas radiantes entre as superfícies da cavidade na qual se encontra inserida a lâmpada.

De forma a simplificar os cálculos de pré-projeto (primeira estimativa), considerou-se para a superfície 2 um isolamento para garantir que não haja troca de calor com o meio externo e $J_2 = E_{n2}$. Além disso, a superfície 4 foi considerada com comportamento de corpo negro. $J_4 = E_{n4}$.

A retirada de calor da superfície 3 se dá por convecção natural (q_{c3}) e por uma parcela absorvida pelo acrílico no espectro das ondas visíveis (q_{cond3}) e que acaba por elevar a sua temperatura. Por fim, o calor que deverá ser retirado da superfície da lâmpada por convecção forçada está representado por q_{c1} .

O sistema de equação resultante do arranjo proposto, respeitando-se as direções arbitradas para os fluxos de calor (setas em vermelho) é o seguinte:

$$\frac{E_{n1} - J_1}{\frac{1 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1 \times A_1}} = A_1 \times F_{12} \times (J_1 - J_2) + A_1 \times F_{13} \times (J_1 - J_3) + A_1 \times F_{14} \times (J_1 - J_4) \quad (22)$$

$$0 = A_2 \times F_{23} \times (J_2 - J_3) + A_2 \times F_{24} \times (J_2 - J_4) - A_1 \times F_{12} \times (J_1 - J_2) \quad (23)$$

$$\frac{E_{n3} - J_3}{\frac{1 - \varepsilon_3}{\varepsilon_3 \times A_3}} = -A_2 \times F_{23} \times (J_2 - J_3) + A_3 \times F_{34} \times (J_3 - J_4) - A_1 \times F_{13} \times (J_1 - J_3) \quad (24)$$

$$0 = -A_1 \times F_{14} \times (J_1 - J_4) - A_2 \times F_{24} \times (J_2 - J_4) - A_3 \times F_{34} \times (J_3 - J_4) \quad (25)$$

Outro ponto importante, resultante do balanço de energia, é que para os nó 1 e 3 termos mais duas equações:

$$\frac{E_{n1} - J_1}{\frac{1 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1 \times A_1}} = 143 - q_{c1} \quad (26)$$

$$\frac{J_3 - E_{n3}}{\frac{1 - \varepsilon_3}{\varepsilon_3 \times A_3}} = q_{c3} + q_{cond3} \quad (27)$$

A condição imposta para a solução do sistema linear composto pelas equações 22 a 25 é o valor que se quer garantir para a temperatura superficial da lente Fresnel (superfície número três).

Para o dimensionamento a favor da segurança do equipamento, T_3 deve ser no máximo, igual a sessenta graus Celsius. Ou seja, para o sistema linear tomaremos $T_3 = 60^\circ\text{C}$. Somado ao valor pré-estabelecido para T_3 , será considerado que a perda por convecção na placa seja do tipo convecção natural.

Desta forma, o valor para a E_3 fica facilmente identificado por:

$$E_{n3} = \sigma \times T_3^4 = 697,2 \text{ W/m}^2 \quad (28)$$

Da condição de convecção natural em 3, a equação (7) permite definir que $q_{c3} = 2,6 \text{ W}$. Uma outra hipótese que será utilizada é que $q_{\text{cond}3} = 10\%$ do calor radiante que atinge a superfície da lente.

$$0,1 \times q_{r3} + q_{c3} = q_{r3} \Rightarrow q_{c3} = 0,9 \times q_{r3} \Rightarrow q_{r3} = 2,89 \text{ W/m}^2 \quad (29)$$

Da junção das equações 27 e 29 encontra-se o valor de J_3 . $J_3 = 719,3 \text{ W/m}^2$.

Basta a determinação dos fatores de forma entre as superfícies para que se possa resolver o sistema linear apresentado.

Incropera e DeWitt (1998) apresentam diversas correlações para os cálculos dos fatores de forma e acrescentam que, em uma cavidade, a soma dos fatores de forma é igual a um. Desta maneira têm-se para as superfícies envolvidas F_{ij} apresentado na tabela abaixo onde as linhas representam a superfície i e as colunas a superfície j

Tabela 2 – Apresentação dos fatores de forma da cavidade na qual se encontra localizada a lâmpada.

F	1	2	3	3
1	0	0,3	0,3	0,4
2	0,3	0,1416	0,2414	0,3170
3	0,2056	0,1655	0	0,6289

Substituindo-se todos os valores obtidos nas equações que constituem o sistema linear, mais especificamente, nas equações 23 a 25 descobre-se que $J_1 = 24252,53 \text{ W/m}^2$; $J_2 = 11865,33 \text{ W/m}^2$ e $J_4 = 8638,88 \text{ W/m}^2$ e que levados à equação 22, resultam em $E_{n1} = 24263,39 \text{ W/m}^2$.

Por fim, a equação 26 resultará no valor de q_{c1} necessário à manutenção de $T_3 = 60^\circ\text{C}$.

$$q_{c1} = 142,336 \text{ W} \quad (30)$$

A velocidade necessária para que tenhamos garantido o valor exigido para q_{c1} deve ser calculado com auxílio das equações 1 e 6. Da equação um descobre-se que $h_{\text{médio}} = 28,1 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow NU_{\text{médio}} = 15,37$. Portanto teremos para a velocidade de escoamento do ar sobre o cilindro:

$$V_{ar} = 2,0 \text{ m/s} \quad (31)$$

Esta velocidade será imposta pela utilização de um micro ventilador da marca Ventisilva.

4.3.3 Custo do projeto (apenas material)

DVD MIDI Japan – R\$ 350,00

Conjunto Fresnel + Biconvexa – R\$ 65,00

Lâmpada HQI OSRAM + Reator + Soquete – R\$ 100,00

Ventilador + Madeira + Elementos de fixação – R\$ 100,00

Cabo de força + Fêmea de painel 3 pinos + Interruptor – R\$ 35,00

Lupa + PVC + Adesivos – R\$ 30,00

Custo final do projeto = R\$ 680,00

5 RESULTADOS

Os dimensionamentos apresentados na seção anterior foram aplicados a um protótipo e os resultados desta aplicação estão dispostos nos próximos itens.

5.1 O PROTÓTIPO EM OPERAÇÃO

Este item é uma das partes do trabalho que comprovam o correto dimensionamento do sistema de resfriamento da carcaça e a satisfatória projeção proporcionada pelo protótipo.

5.1.1 Fotos do projetor

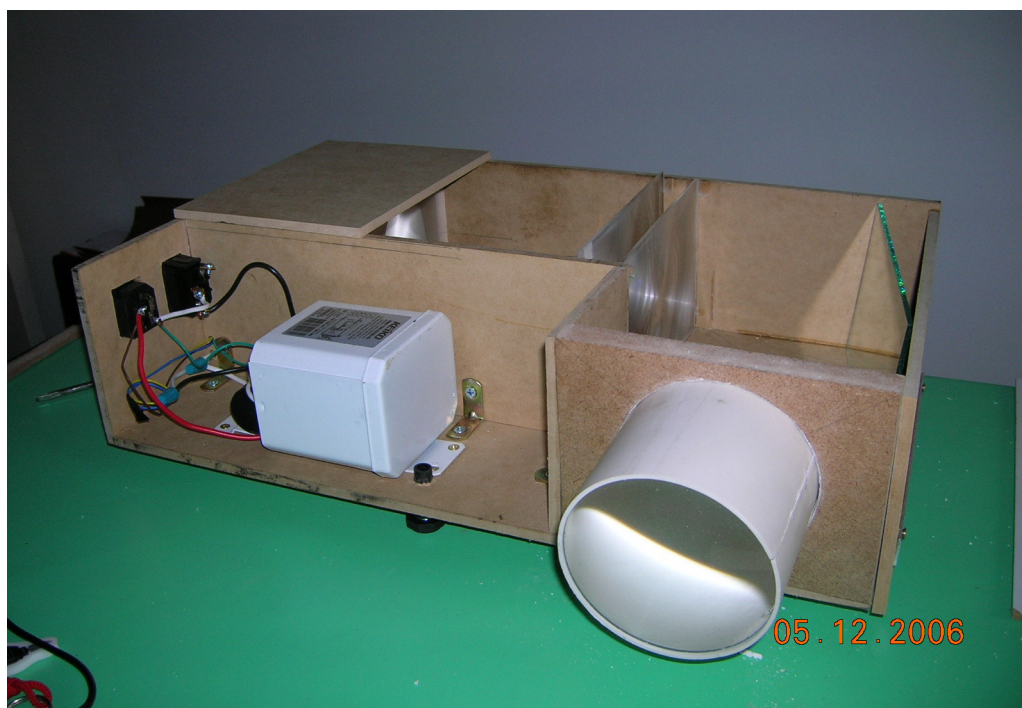


Figura 54 – O protótipo visto de frente.

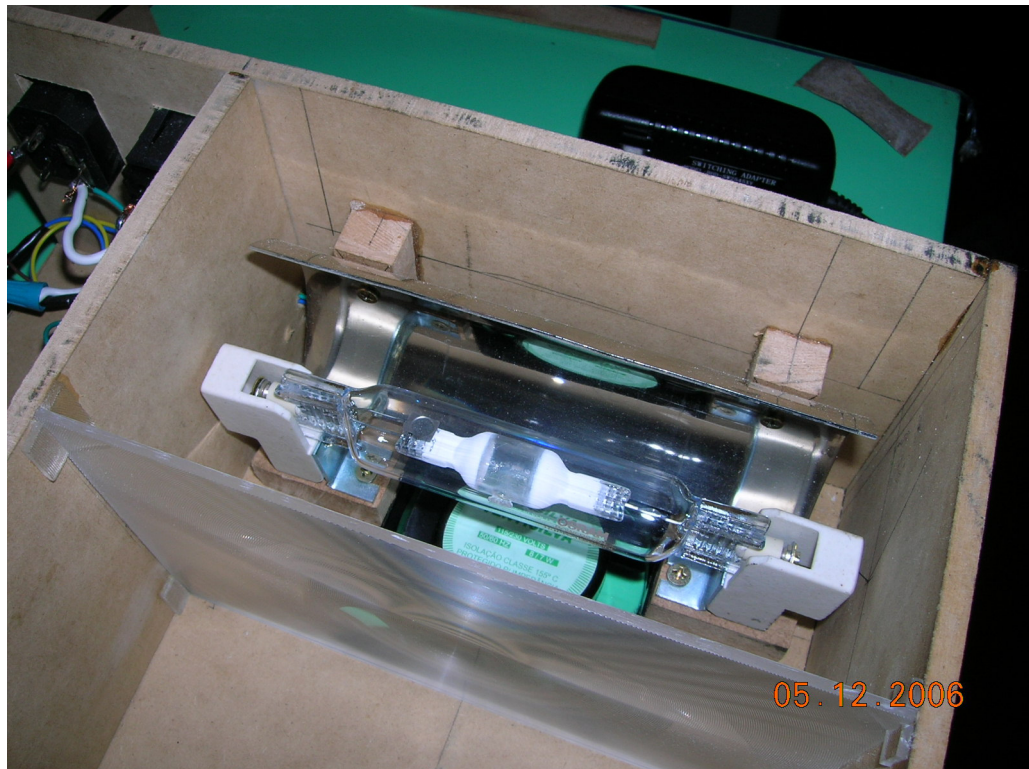


Figura 55 – Detalhe da cavidade com a lâmpada instalada



Figura 56 – Vista superior do protótipo ainda em fase de montagem.

5.1.2 Fotos da imagem projetada

Inicialmente a imagem apresentava uma borda luminosa ao seu redor, porém, com a alteração nas distâncias relativas entre o LCD e as lentes Fresnel, o problema foi solucionado.

A seguir apresenta-se algumas imagens projetadas já sem o problema da moldura luminosa.



Figura 57 – Cena do filme a Era do Gelo II.



Figura 58 – Cena de abertura de um filme da 20th Century Fox.

6 DISCUSSÃO

Este item apresenta a indicação de possíveis melhorias no projeto para serem aplicadas no protótipo e/ou em outros equipamentos que sejam construídos com base neste trabalho.

6.1 SOBRE O DIMENSIONAMENTO DA CONVECÇÃO FORÇADA

A construção do protótipo permitiu constatar o correto dimensionamento proposto para convecção forçada, responsável pelo resfriamento da lâmpada e, conseqüentemente, pela manutenção da temperatura superficial da lente Fresnel abaixo de seu limite operacional (80°C). O teste realizado para esta verificação foi manter o equipamento funcionando pelo período de trinta minutos retirando-se, ao final do período, a lente Fresnel para avaliação qualitativa. Mais especificamente, foi aplicado à lente, no exato momento em que a mesma fora retirada do equipamento, um momento fletor de baixa intensidade (vide figura a seguir). Caso a lente apresentasse uma deformação plástica após a aplicação do esforço, poder-se ia afirmar que o limite de escoamento do material fora substancialmente alterado, ou seja, que sua temperatura máxima de trabalho – $T_{\text{máx}} = 80^{\circ}\text{C}$ – fora alcançada.

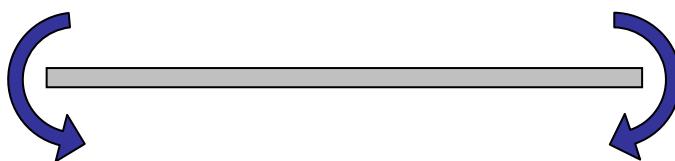


Figura 59 – Representação do esforço solicitante aplicado à lente.

O que se constatou após a realização do teste mencionado é que a lente resistiu ao esforço aplicado, mantendo sua geometria inalterada. A conseqüência deste resultado é que se pode afirmar que a temperatura máxima de trabalho da lente (do acrílico) não é alcançada com o equipamento em operação regular, porém, não se pode precisar o efetivo valor da temperatura superficial da lente nestas condições.

Existe uma melhoria para o sistema de convecção forçada que pode ser aplicada no protótipo já desenvolvido, ou em futuros equipamentos baseados neste trabalho. A área da seção transversal de saída do ventilador, o qual estabelece o fluxo de ar sobre a lâmpada, pode ser reduzida com a instalação de um bocal convergente. Esta redução de área da seção transversal provocará um aumento da velocidade do ar que escoar sobre a lâmpada, garantindo assim aumentos no número de Reynolds, no número de Nusselt e, por fim, no coeficiente médio de troca de calor por convecção ($h_{\text{médio}}$). Com a instalação do bocal teremos uma maior quantidade de calor retirada do bulbo da lâmpada e, portanto, uma menor temperatura superficial da lente Fresnel na situação de operação normal do projetor.

6.2 Sobre o posicionamento das lentes

O posicionamento das lentes no protótipo seguiu a necessidade de se respeitar as distâncias focais das mesmas, porém, o fino ajuste na imagem, como a remoção de fantasmas, correção de uma moldura luminosa que se forma envolta da imagem projetada e possíveis distorções nos extremos da projeção são corrigidos com ajustes sensíveis nas distâncias entre as partes do conjunto ótico. A sugestão é fixar as lentes somente após a conferência de todas as distâncias e ajustes.

Uma forma alternativa de solucionar a questão seria instalar as lentes sobre uma espécie de trilho móvel e acrescentar a este trilho uma trava que possibilitasse o posicionamento das lentes em um ponto desejado.

6.3 Sobre a lente de projeção

No protótipo fabricado utilizou-se uma lente extraída de uma lupa. O que se pode observar é que os cantos da imagem apresentam uma acentuada curvatura e ficam levemente desfocados. Este comportamento se dá devido às aberrações

geométricas resultantes da pequena espessura de vidro no contorno da lente biconvexa.

A imagem projetada pode ser melhorada com a substituição da lente biconvexa por uma lente triplet.

A diferença no custo de uma lente triplet em relação a uma biconvexa comum é de, no máximo, R\$ 100,00 (cem reais), porém, o ganho de qualidade na imagem justifica o investimento.

7 CONCLUSÃO

O trabalho se encerra tendo alcançado quase todos os objetivos propostos. O único que ainda requer uma maior atenção é o da ampla divulgação de suas conquistas, buscando garantir que o produto seja efetivamente utilizado para disseminar a utilização dos recursos audiovisuais na educação.

A utilização do método científico proporcionou um projeto simples, porém, eficiente, que merece destaque pela utilização de apenas um ventilador no sistema de resfriamento, responsável por garantir que as temperaturas máximas de todos os componentes do projetor não sejam alcançadas.

No que se refere ao problema de baixa luminosidade da imagem, constatou-se que conseguir que toda a luz produzida na lâmpada seja direcionada ao LCD resultaria em um projeto complexo, com a utilização de mais superfícies refletoras e de diferentes geometrias, o que demandaria um excessivo trabalho o qual, entretanto, não ofereceria um ganho sensível de luminosidade. O que se precisa garantir é que a luz que normalmente seria desperdiçada por ser emitida na direção contrária ao LCD, seja redirecionada com o auxílio de um espelho esférico ou uma calha refletora e retorne sua trajetória em direção à tela de LCD.

Já em relação ao custo do projetor, este ainda ficou abaixo do limite inicialmente proposto de R\$ 1.000,00, tornando mais evidente que esta solução é realmente uma alternativa econômica e certamente pode ser utilizada por instituições de ensino e por organizações que promovam a educação, a cultura, e a dignidade em comunidades carentes.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INCROPERAM F.P.; DE WITT, D.P. **Fundamentos de transferência de calor e massa**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1998. 494p.

DAVIS, A et al. P-95: **Fresnel Lenses in Rear Projection Display**. Estados Unidos: Nova Iorque, 2001. 5p.

BUSH, R.C. **Rear Projection Screens for Different Applications**. Estados Unidos: Nova Iorque, Rochester, Fresnel optics, Inc., 2000, 5p.

CAVERNA DE ALTAMIRA. WIKIPÉDIA
Disponível em <<http://pt.wikipedia.org>>. Acesso em 17 de jul. de 2006.

CHINA RÁDIO INTERNACIONAL
Disponível em <<http://po.chinabroadcast.cn>>. Acesso em 28 de jul. de 2006.

LABORATÓRIO DE ILUMINAÇÃO DA UNICAMP. Campinas – Brasil. Disponível em <<http://www.iar.unicamp.br>>. Acesso em 28 de jul. de 2006.

PEREGRINO DAS LETRAS. 2004. Disponível em <<http://www.jperegrino.com.br>>. Acesso em 28 de jul. de 2006.

MUSEO DIDATTICO DEGLI STRUMENTI DE FISICA. Liceo Ginnasio Paritario Parco del Seminario. Potenza - Itália. Disponível em <<http://www.parcodelseminario.it/museo>>. Acesso em 31 de jul. de 2006.

FEIRA DE CIÊNCIAS. Prof. Luiz Ferraz Neto. São Paulo – Brasil. Disponível em <<http://www.feiradeciencias.com.br>>. Acesso em 31 de jul. de 2006.

VISOGRAF BRASIL.
Disponível em<<http://www.visograf.com.br/>>. Acesso em 31 de jul. de 2006

HOTSITE DA SONY BRASIL.
Disponível em <<http://www.sony.com.br/hotsites>>. Acesso em 02 de ago. de 2006

BROOM COMMUNITY COLLEGE. State University of New York. Nova Iorque – EUA. Disponível em <<http://web.sunybroome.edu/>>. Acesso em 10 de ago. de 2006.

TOMS HARDWARE. 2006.
Disponível em <<http://www.tomshardware.com/>>. Acesso em 10 de ago. de 2006.

PROJETOR DIY. 2006.
Disponível em <<http://www.projetordiy.com.br/>>. Acesso em 12 de ago. de 2006.

O LCD - WIKIPÉDIA. 2006.

Disponível em <<http://en.wikipedia.org/>>. Acesso em 16 de ago. de 2006.

MANUAL LUMINOTÉCNICO PRÁTICO. Osram. São Paulo. 2005.

Disponível em <<http://www.osram.com.br/>>. Acesso em 18 de ago. de 2006.

CARON, Luana. Demonstração de imagens reais utilizando lentes Fresnel. Campinas. Instituto de Física da UNICAMP (relatório final, 2 – 4)

Disponível em: < www.ifi.unicamp.br>. Acesso em 20 ago. 2006.

3DLENS. 2006.

Disponível em <<http://www.3dlens.com/>>. Acesso em 12 de ago. de 2006.

PROGRAMA EDUCAR. CDCC – SUP São Carlos.

Disponível em <<http://educar.sc.usp.br/>>. Acesso em 22 de ago. de 2006.

DYI PROJECTOR COMPANY.

Disponível em <<http://www.projectorcompany.com>>. Acesso em 05 de set. de 2006.

DYI LABS BRASIL.

Disponível em <<http://www.diy labs.com.br>>. Acesso em 08 de set. de 2006.

HYPER PHYSICS.

Disponível em <<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hph.html>>. Acesso em 15 de set. de 2006.

EDUCAR USP.

Disponível em <<http://www.educar.sc.usp.br/optica/lente.htm>>. Acesso em 18 de set. de 2006

OSRAM DO BRASIL.

Disponível em <[http:// br.osram.info/produtos/profissional/descarga/](http://br.osram.info/produtos/profissional/descarga/)>. Acesso em 18 de set. de 2006.

PROJETOR DIY BRASIL.

Disponível em <<http://www.diy labs.com.br>>. Acesso em 22 de set. de 2006.

APÊNDICE A – Modelo do questionário respondido pelos professores

NOME:

NOME DA INSTITUIÇÃO DE ENSINO:

PARTICULAR ou PÚBLICA?

NOME DO CURSO E DISCIPLINA MINISTRADA:

GRAU DE SUA DISCIPLINA (FUNDAMENTAL, MÉDIO, SUPERIOR):

1. A Instituição que o(a) Sr.(a) trabalha disponibiliza recursos audiovisuais para utilização do professor na sala de aula?
2. Quais? (retroprojektor, projetor de slides, projetor de vídeo, datashow, etc)
3. Se sim, qual costuma usar? Por quê?
4. Se não, gostaria que tivesse? Por quê?
5. Para o Sr.(a), qual é a importância desses recursos no processo de ensino?
6. Caso tivesse à disposição um projetor de vídeo, isso facilitaria sua metodologia de ensino? Por quê?
7. O Sr(a) acha que a imagem e o som podem auxiliar na maior compreensão dos alunos? Por quê?

ANEXO A – Questionários respondidos pelos professores

NOME: André Carvalho

NOME DA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: Uniban

PARTICULAR ou PÚBLICA? Particular

NOME DA DISCIPLINA MINISTRADA: Desenvolvimento e aprendizagem motora

GRAU DE SUA DISCIPLINA (FUNDAMENTAL, MÉDIO, SUPERIOR): superior..

1. A Instituição que o(a) Sr.(a) trabalha disponibiliza recursos audiovisuais para utilização do professor na sala de aula?
Sim
2. Quais? (retroprojektor, projetor de slides, projetor de vídeo, datashow, etc.).
Projetores em geral (retroprojektor, projetor de slides, projetor de vídeo, datashow, etc.).
3. Se sim, qual costuma usar? Por quê?
Data show e retroprojektor. Melhor qualidade de imagens, menor custo, praticidade etc...
4. Se não, gostaria que tivesse? Por quê?
5. Para o Sr.(a), qual é a importância desses recursos no processo de ensino?
 - Importante, mas não é essencial.
 - Reter a atenção do aluno e permitir a demonstração de exemplos
 - Possibilitar maior utilização de mídia (VHS, DVD, PC....)
6. Caso tivesse à disposição um projetor de vídeo, isso facilitaria sua metodologia de ensino? Por quê?
Sim, porque não dependeria de terceiros para organizar e apresentar minha aula.
7. O Sr.(a) acha que a imagem e o som podem auxiliar na maior compreensão dos alunos? Por quê?
Sim, porque é uma ponte entre a teoria pura e os exemplos práticos.

NOME Diogo Ferreira

NOME DA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: Universidade Paulista UNIP

PARTICULAR ou PÚBLICA? Particular

NOME DA DISCIPLINA MINISTRADA:

- Computação Gráfica 3D
- Processamento de imagem
- Projeto de embalagem

GRAU DE SUA DISCIPLINA (FUNDAMENTAL, MÉDIO, SUPERIOR): Superior.

1. A Instituição que o(a) Sr.(a) trabalha disponibiliza recursos audiovisuais para utilização do professor na sala de aula?

Sim

2. Quais? (retroprojektor, projetor de slides, projetor de vídeo, datashow, etc)

Retroprojektor, projetor de slides e projetor de vídeo.

3. Se sim, qual costuma usar? Por quê?

Projetor de vídeo. Porque reproduz a tela do computador em um telão onde posso mostrar aos alunos um passo a passo na hora de ensinar um comando novo em determinado software, posso reproduzir vídeos, e mostrar o material didático.

4. Se não, gostaria que tivesse? Por quê?

5. Para o Sr.(a), qual é a importância desses recursos no processo de ensino?

Acho que são recursos que facilitam ao professor passar informação de uma maneira interativa.

6. Caso tivesse à disposição um projetor de vídeo, isso facilitaria sua metodologia de ensino? Por quê?

Sim. Seria mais fácil para mostrar aos alunos onde eu quero que eles cheguem, dando exemplos e mostrando situações.

7. O Sr(a) acha que a imagem e o som podem auxiliar na maior compreensão dos alunos? Por quê?

Com certeza, pois os alunos estão vendo o que está acontecendo na medida em que o professor vai falando, podendo interagir com a aula levantando dúvidas no momento da explicação.

NOME: Antonio Luis de Campos Mariani

NOME DA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: Escola Politécnica da USP

PARTICULAR ou PÚBLICA? – Pública

NOME DA DISCIPLINA MINISTRADA: - PME 2230 / PME 2033 – Mec Fluidos –

PME 2515 – Ar Condicionado / PME 2595 / PME 2596 / PME 5409 / PME 5417, etc.

GRAU DE SUA DISCIPLINA (FUNDAMENTAL, MÉDIO, SUPERIOR): Superior.

1. A Instituição que o(a) Sr.(a) trabalha disponibiliza recursos audiovisuais para utilização do professor na sala de aula?

Sim disponibiliza,

Há retroprojetores em todas as salas e vídeo projetores (data-show) em quantidade limitada. p/. Ex.: há três equipamentos para 6 ou mais turmas simultâneas.

2. Quais? (retroprojetor, projetor de slides, projetor de vídeo, datashow, etc).

Há retroprojetores em todas as salas e vídeo projetores (data-show) em quantidade limitada. p/. Ex.: há três equipamentos para 6 ou mais turmas simultâneas.

Temos também projetores de filmes super 8 (mm), com cartuchos de filmes.

3. Se sim, qual costuma usar? Por quê?

Utilizo todos os três citados acima. Sendo que os retroprojetores são utilizados com maior frequência, até por que estão mais disponíveis.

4. Se não, gostaria que tivesse? Por quê?

5. Para o Sr.(a), qual é a importância desses recursos no processo de ensino?

É muito grande, pois a visualização de fenômenos através de imagens, filmes auxilia o processo de aprendizagem.

6. Caso tivesse à disposição um projetor de vídeo, isso facilitaria sua metodologia de ensino? Por quê?

Sim, especialmente porque cada vez mais há material multimídia, filmes que podem auxiliar o processo de aprendizagem.

7. O Sr (a) acha que a imagem e o som podem auxiliar na maior compreensão dos alunos? Por quê?

Sim, porque hoje a familiaridade da criança desde pequena com o mundo das imagens é muito grande, forte, e desta forma a mensagem chega mais rápido / fácil.

NOME: HTTK

NOME DA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UFPA (Universidade Federal do Pará)

PARTICULAR ou PÚBLICA? Pública

NOME DA DISCIPLINA MINISTRADA: Teoria e Prática de Pesquisa em Psicologia Social

GRAU DE SUA DISCIPLINA (FUNDAMENTAL, MÉDIO, SUPERIOR): Superior.

1. A Instituição que o(a) Sr.(a) trabalha disponibiliza recursos audiovisuais para utilização do professor na sala de aula?

Sim, mas não em todas as aulas. Somente quando é solicitado, em situações especiais.

2. Quais? (retroprojektor, projetor de slides, projetor de vídeo, datashow, etc)

Retroprojektor e Datashow.

3. Se sim, qual costuma usar? Por quê?

O Datashow. É muito mais prático que o retroprojektor. Além disso, possibilita muitos recursos didáticos.

4. Se não, gostaria que tivesse? Por quê?

5. Para o Sr.(a), qual é a importância desses recursos no processo de ensino?

Tem maior poder de motivação para a aprendizagem que o simples quadro branco e caneta;

Facilita a utilização de muitos e variados recursos didáticos para favorecer a dinâmica ensino-aprendizagem;

Facilita o trabalho do professor e a aula a ser ministrada.

6. Caso tivesse à disposição um projetor de vídeo, isso facilitaria sua metodologia de ensino? Por quê?

Nessa disciplina, talvez não. Mas, em outras disciplinas que leciono ocasionalmente, sim. O vídeo também é um poderoso recurso didático, atual e moderno.

7. O Sr(a) acha que a imagem e o som podem auxiliar na maior compreensão dos alunos? Por quê?

Sim. Como já disse, são poderosos recursos didáticos que criam ou estimulam a motivação do aluno, conseqüentemente, favorecem a aprendizagem e otimizam a dinâmica ensino-aprendizagem.

NOME: Euryale Zerbini

NOME DA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: EPUSP

PARTICULAR ou PÚBLICA? Pública

NOME DA DISCIPLINA MINISTRADA: Transferência de Calor

GRAU DE SUA DISCIPLINA (FUNDAMENTAL, MÉDIO, SUPERIOR): Superior.

1. A Instituição que o (a) Sr.(a) trabalha disponibiliza recursos audiovisuais para utilização do professor na sala de aula?

Sim

2. Quais? (retroprojektor, projetor de slides, projetor de vídeo, datashow, etc)

Retroprojektor

3. Se sim, qual costuma usar? Por quê?

Não uso o retroprojektor porque acredito que a aula fica “morta”.

4. Se não, gostaria que tivesse? Por quê?

5. Para o Sr.(a), qual é a importância desses recursos no processo de ensino?

O datashow é interessante porque pode mostrar, para um grande número de pessoas, a simulação de um processo sendo realizada num computador.

6. Caso tivesse à disposição um projetor de vídeo, isso facilitaria sua metodologia de ensino? Por quê?

Acredito que a aula ficaria mais viva. Entretanto, seria necessário formar uma biblioteca de vídeos interessante.

7. O Sr(a) acha que a imagem e o som podem auxiliar na maior compreensão dos alunos? Por quê?

A “cultura” dos alunos atuais é mais visual do que aquela dos alunos anteriores. Assim, as imagens seriam úteis para “animar” os alunos e para despertar a curiosidade deles.

NOME: Miriam de Mello e Silva Giglio

NOME DA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: Inglês Wisdom

PARTICULAR ou PÚBLICA? Particular

NOME DA DISCIPLINA MINISTRADA: Inglês Básico, Intermediário e Avançado.

GRAU DE SUA DISCIPLINA: extra curricular

1. A Instituição que o(a) Sr.(a) trabalha disponibiliza recursos audiovisuais para utilização do professor na sala de aula?

Sim

2. Quais? (retroprojektor, projetor de slides, projetor de vídeo, datashow, etc)
Aparelho de som com Cd player e televisão com DVD player.

3. Se sim, qual costuma usar? Por quê?

Uso o som em todas as aulas, pois faz parte do método da escola. O vídeo é utilizado apenas em aulas extras.

4. Se não, gostaria que tivesse? Por quê?

5. Para o Sr.(a), qual é a importância desses recursos no processo de ensino?

O som é fundamental para se aprender o idioma. Já o vídeo, faz com que o aluno fique atualizado com as expressões idiomáticas da língua, pois os filmes mostram a língua falada atual.

6. Caso tivesse à disposição um projetor de vídeo, isso facilitaria sua metodologia de ensino? Por quê?

Sim, pois o DVD fica apenas em uma sala de vídeo para o uso de todos os professores da escola. Com um projetor, o aluno poderia ouvir e ver ao mesmo tempo, poderia, por exemplo, ouvir uma palavra, ou uma frase e ler na tela sua escrita simultaneamente, o que facilitaria o aprendizado. Ele faz isso no livro, mas não de maneira tão dinâmica e sincronizada.

7. O Sr(a) acha que a imagem e o som podem auxiliar na maior compreensão dos alunos? Por quê?

Sim, o dinamismo da imagem e do som faz com que a aula seja muito mais interessante, ajudando o aluno a não desanimar e que continue mantendo o seu interesse pelo aprendizado de um idioma, o que é preciso conquistar diariamente.

NOME: Izabel Maria da Silva Ladeira

NOME DA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: English For You

PARTICULAR ou PÚBLICA? Particular

NOME DA DISCIPLINA MINISTRADA: Inglês Básico, Intermediário e Avançado.

GRAU DE SUA DISCIPLINA: extra curricular

1. A Instituição que o(a) Sr.(a) trabalha disponibiliza recursos audiovisuais para utilização do professor na sala de aula?

Sim

2. Quais? (retroprojektor, projetor de slides, projetor de vídeo, datashow, etc)
Retroprojektor aparelho de som com K7, televisão com DVD player.

3. Se sim, qual costuma usar? Por quê?

Uso o som nas aulas, para a prática do "listening". O retroprojektor também é muito usado porque facilita a apresentação do material para praticar estruturas gramaticais e vocabulário.

4. Se não, gostaria que tivesse? Por quê?

5. Para o Sr.(a), qual é a importância desses recursos no processo de ensino?
Eles são extremamente importantes se forem bem utilizados.

6. Caso tivesse à disposição um projetor de vídeo, isso facilitaria sua metodologia de ensino? Por quê?

Não, não é um recurso essencial na sala de aula.

7. O Sr(a) acha que a imagem e o som podem auxiliar na maior compreensão dos alunos? Por quê?

Sim, qualquer recurso audiovisual é de extrema necessidade e importância num curso de língua estrangeira para desenvolver a capacidade de compreensão.

ANEXO B – Partes do manual de luminotécnica da OSRAM



Luz e Cores

Há uma tendência em pensarmos que os objetos já possuem cores definidas.

Na verdade, a aparência de um objeto é resultado da iluminação incidente sobre o mesmo. Sob uma luz branca, a maçã aparenta ser de cor vermelha pois ela tende a refletir a porção do vermelho do espectro de radiação absorvendo a luz nos outros comprimentos de onda. Se utilizássemos um filtro para remover a porção do vermelho da fonte de luz, a maçã refletiria muito pouca luz parecendo totalmente negra. Podemos ver que a luz é composta por três cores primárias. A combinação das cores vermelho, verde e azul permite obtermos o branco.

A combinação de duas cores primárias produz as cores secundárias - magenta, amarelo e ciano. As três cores primárias dosadas em diferentes quantidades permitem obtermos outras cores de luz. Da mesma forma que surgem diferenças na visualização das cores ao longo do dia (diferenças da luz do sol ao meio-dia e no crepúsculo), as fontes de luz artificiais também apresentam diferentes resultados. As lâmpadas incandescentes, por exemplo, tendem a reproduzir com maior fidelidade as cores vermelha e amarela do que as cores verde e azul, aparentando ter uma luz mais “quente”.

Fluxo Luminoso

Símbolo: j

Unidade: lúmen (lm)

Fluxo Luminoso é a radiação total da fonte luminosa, entre os limites de comprimento de onda mencionados (380 e 780nm). (Figura 4). O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lumens, na tensão nominal de funcionamento.

Fig. 4: Fluxo Luminoso



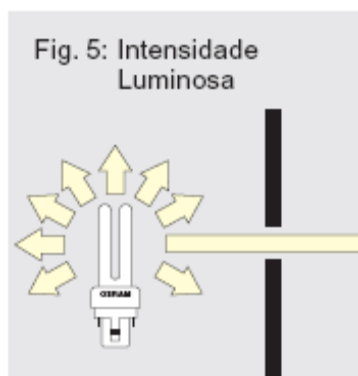
Intensidade Luminosa

Símbolo: I

Unidade: candela (cd)

Se a fonte luminosa irradiasse a luz uniformemente em todas as direções, o Fluxo Luminoso se distribuiria na forma de uma esfera. Tal fato, porém, é quase impossível de acontecer, razão pela qual é necessário medir o valor dos lumens emitidos em cada direção. Essa direção é representada por vetores, cujo comprimento indica a Intensidade Luminosa. (Figura 5)

Portanto é o Fluxo Luminoso irradiado na direção de um determinado ponto.

**Características das lâmpadas e acessórios**

Estaremos apresentando a seguir características que diferenciam as lâmpadas entre si, bem como algumas características dos acessórios utilizados com cada sistema.

Eficiência Energética

Símbolo: hw (ou K, conforme IES)

Unidade: lm / W (lúmen / watt)

As lâmpadas se diferenciam entre si não só pelos diferentes Fluxos Luminosos que elas irradiam, mas também pelas diferentes potências que consomem. Para poder compará-las, é necessário que se saibam quantos lumens são gerados por watt absorvido. A essa grandeza dá-se o nome de Eficiência Energética (antigo “Rendimento Luminoso”). (Figura 10)

Temperatura de cor

Símbolo: T

Unidade: K (Kelvin)

Em aspecto visual, admite-se que é bastante difícil a avaliação comparativa entre a sensação de Tonalidade de Cor de diversas lâmpadas. Para estipular um parâmetro, foi definido o critério Temperatura de Cor (Kelvin) para classificar a luz. Assim como um corpo metálico que, em seu aquecimento, passa desde o vermelho até o branco, quanto mais claro o branco (semelhante à luz diurna ao meio-dia), maior é a Temperatura de Cor (aproximadamente 6500K). A luz amarelada, como de uma lâmpada incandescente, está em torno de 2700 K. É importante destacar que a cor da luz em nada interfere na Eficiência Energética da lâmpada, não sendo válida a impressão de que quanto mais clara, mais potente é a lâmpada.

Convém ressaltar que, do ponto de vista psicológico, quando dizemos que um sistema de iluminação apresenta luz “quente” não significa que a luz apresenta uma maior temperatura de cor, mas sim que a luz apresenta uma tonalidade mais amarelada. Um exemplo deste tipo de iluminação é a utilizada em salas de estar, quartos ou locais onde se deseja tornar um ambiente mais aconchegante.

Fig. 11: Temperatura de Cor.



Da mesma forma, quanto mais alta for a temperatura de cor, mais “fria” será a luz. Um exemplo deste tipo de iluminação é a utilizada em escritórios, cozinhas ou locais em que se deseja estimular ou realizar alguma atividade. Esta característica é muito importante de ser observada na escolha de uma lâmpada, pois dependendo do tipo de ambiente há uma temperatura de cor mais adequada para esta aplicação.

A lâmpada incandescente iluminando a cena da esquerda apresenta um IRC de 100. Já a fluorescente tubular FO32/31 3000K iluminando a cena da direita apresenta um IRC de 85.

(As fotos foram ajustadas para compensar variações no filme e na impressão).

Índice de reprodução de cores

Símbolo: IRC ou Ra

Unidade: R

Objetos iluminados podem nos parecer diferentes, mesmo se as fontes de luz tiverem idêntica tonalidade. As variações de cor dos objetos iluminados sob fontes de luz diferentes podem ser identificadas através de um outro conceito, Reprodução de Cores, e de sua escala qualitativa Índice de Reprodução de Cores (Ra ou IRC).

O mesmo metal sólido, quando aquecido até irradiar luz, foi utilizado como referência para se estabelecer níveis de Reprodução de Cor. Define-se que o IRC neste caso seria um número ideal = 100. Sua função é como dar uma nota (de 1 a 100) para o desempenho de outras fontes de luz em relação a este padrão. 2700K 4000K 6000K

Fig. 12: Avaliação do IRC





Portanto, quanto maior a diferença na aparência de cor do objeto iluminado em relação ao padrão (sob a radiação do metal sólido) menor é seu IRC. Com isso, explica-se o fato de lâmpadas de mesma Temperatura de Cor possuírem Índice de Reprodução de Cores diferentes.