

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA  
INSTITUTO DE FÍSICA

# ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM ÓPTICA COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO

TRABALHO DE INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO

ALUNO: Bruno Siqueira de Lemos Gonçalves Brito

ORIENTADORA: Lígia de Farias Moreira

Banca:

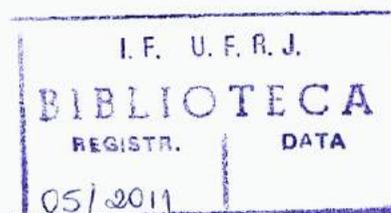
Lígia de Farias Moreira

Marcelo de Souza Alves

Marcos Binderly Gaspar

Vitorvani Soares

Rio de Janeiro  
dezembro de 2011



## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos que acreditam e lutam dia a dia por um mundo melhor a partir da educação.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por ter me dado saúde para chegar aonde eu cheguei.

Aos meus pais, Helcio e Reni, e minha irmã, Marcia, que sempre me incentivaram.

Aos meus amigos e familiares que sempre me apoiaram.

Aos amigos da Universidade que sempre estiveram ao meu lado me ajudando e estimulando.

Aos professores que tive principalmente na Universidade e em especial meu orientador acadêmico Professor Marcelo e a minha orientadora de monografia Professora Lígia pelos conselhos.

"Se eu vi mais longe, foi por estar  
de pé sobre ombros de gigantes."

Isaac Newton

## **RESUMO**

Visando a melhoria do processo de ensino-aprendizagem e a avaliação no ensino de óptica em Física, foi feito este trabalho onde se propõe, a partir da abordagem metodológica Ausubeliana, utilizando as atividades experimentais mais comumente executadas em aulas de ciências, a utilização de dois materiais de baixo custo em aulas experimentais: um esferômetro e uma bancada óptica. É demonstrada suas construções assim como suas utilizações em aulas experimentais onde os exemplos de atividades experimentais são propostos seguindo as orientações do PCN+ de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias para competências e habilidades que se deseja que o aluno alcance no ensino de óptica em Física no Ensino Médio.

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1 METODOLOGIA</b>	<b>3</b>
1.1 REFERÊNCIAS TEÓRICOS .....	3
1.2 METODOLOGIA APLICADA .....	5
<b>2 MATERIAIS</b>	<b>8</b>
2.1 ESFERÔMETRO DE BAIXO CUSTO .....	8
2.1.1 UTILIZANDO O ESFERÔMETRO .....	11
2.2 BANCADA ÓPTICA DE BAIXO CUSTO .....	13
2.2.1 TRILHO COM ESCALA .....	14
2.2.2 CARRINHOS PARA O TRILHO .....	15
<b>3 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS EXPERIMENTAIS</b>	<b>20</b>
3.1 ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE DEMONSTRAÇÃO .....	21
3.1.1 FORMAÇÃO DE IMAGENS EM LENTES CONVERGENTES – INSTRUMENTOS DE PROJEÇÃO .....	21
3.1.2 CONSTRUÇÃO DE IMAGENS POR UMALENTE DIVERGENTE .....	25
3.2 ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM ROTEIRO OU QUANTITATIVA .....	26
3.2.1 DETERMINAÇÃO DA DISTÂNCIA FOCAL DE UM ESPELHO CÔNCAVO .....	26
3.2.2 DETERMINAÇÃO DA DISTÂNCIA FOCAL DE UMALENTE CONVERGENTE .....	28
3.2.3 INSTRUMENTO ÓPTICO – MICROSCÓPIO COMPOSTO .....	29
3.2.4 INSTRUMENTO ÓPTICO – LUNETAS .....	30
3.3 ATIVIDADE EXPERIMENTAL COMO TRABALHO E PESQUISA – AVALIAÇÃO FORMATIVA .....	32
3.3.1 SITUAÇÃO-PROBLEMA – CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS ÓPTICOS DIVERSOS .....	33
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>36</b>

## INTRODUÇÃO

Visitando laboratórios didáticos ou vendo catálogos de materiais didáticos de empresas especializadas por vezes ficamos fascinados por equipamentos de demonstração e ou análise de fenômenos físicos. Desejamos que estes equipamentos estejam disponíveis nas instituições que nós trabalhamos, para utilizá-los em aulas experimentais com os nossos alunos e para melhor entendimento por eles de algum assunto abordado. Porém, o valor de tais materiais não é viável para professores e, infelizmente, também não é para muitas instituições de ensino particulares e principalmente públicas devido ao seus altos custos diante do escasso investimento em educação.

Analisando tais equipamentos didáticos observamos que podemos construir equipamentos semelhantes que realizem os mesmos fenômenos com materiais que compramos e encontramos facilmente no nosso cotidiano. Materiais estes de baixo custo, tornando o equipamento viável agora para o nosso orçamento a até mesmo para o das instituições de ensino. E o melhor, a possibilidade de construir tal equipamento a nosso gosto. Até mesmo montá-los com nossos alunos ajudando-os a desenvolver competências que podem vir a ser úteis em seus cotidianos.

Após a construção do equipamento pensamos em como utilizá-lo da melhor maneira possível com a classe. Como é um experimento podemos utilizá-lo em aulas experimentais com diversas atividades. Atividades de demonstração, verificação de fenômenos, tomada e análise de dados, entre outras. As atividades experimentais são um ótimo modo de interação social entre os alunos entre si, o professor e outras pessoas que possam vir a contribuir no processo de ensino-aprendizagem para tornar as explicações mais acessíveis e eficientes. Utilizando atividades experimentais podemos fazer com que o aluno aprenda e ao mesmo tempo avaliá-lo sem que este perceba, tornando os processos de ensino-aprendizagem e avaliação menos desgastantes e mais prazerosos.

Não é só com materiais didáticos de empresas especializadas que é possível realizar estas atividades com os alunos, e elas podem abranger a maior parte dos conteúdos abordados. O exemplo da bancada óptica neste trabalho demonstra que com materiais de baixo custo podemos realizar diversos experimentos úteis para a compreensão de fenômenos de óptica, comprovando hipóteses que inclui os conceitos de formação de imagem a partir de lentes e espelhos e ainda desenvolver atividades que permitam o entendimento de tópicos sugeridos

pelas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+) de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Desta forma fica viável o desenvolvimento das competências e habilidades que desejamos alcançar com o aluno no final do processo de ensino-aprendizagem do tópico de óptica no Ensino de Física.

# **CAPÍTULO 1 METODOLOGIA**

## **1.1 REFERÊNCIAS TEÓRICOS**

A teoria de David Ausubel (Moreira, 1982) é uma teoria cognitiva, e sendo assim, preocupa-se com o processo de compreensão, transformação, armazenamento e uso das informações na mente. Na teoria cognitiva quando falamos de aprendizagem estamos nos referindo ao processo de armazenamento de informação que irá se condensar na estrutura cognitiva do indivíduo de modo a ser manipulada e utilizada no futuro.

Ausubel comenta que a aprendizagem pode se dar a partir de dois processos: o de aprendizagem significativa e o de aprendizagem mecânica.

O processo de aprendizagem significativa ocorre quando um novo conceito ou informação é associado à estrutura cognitiva do indivíduo à outros conceitos, úteis para o entendimento do novo, já estabelecidos na estrutura cognitiva. Para Ausubel a estrutura cognitiva é uma estrutura hierárquica de conceitos que vem da experiência do indivíduo onde se armazena informações e é altamente organizada. Tais conceitos existentes na estrutura cognitiva são chamados de subsunçores. Quando há a interação do novo conceito com o conceito já existente o novo conceito se ancora na estrutura cognitiva obtendo significado e há um desenvolvimento do conceito subsunçor, tornando ele mais geral, diferenciado.

Para a ocorrência da aprendizagem significativa deve-se haver: um material potencialmente significativo para o indivíduo que auxilie no processo de aprendizagem sendo este relacionável a sua estrutura cognitiva e que o indivíduo tenha uma predisposição para o aprendizado, relacionando o material de maneira substantiva e não arbitrária à sua estrutura cognitiva.

No ensino de Física temos o seguinte exemplo de aprendizagem significativa: se o conceito de raio de luz estiver presente na estrutura cognitiva, ele servirá de subsunçor para novos conceitos como feixe de luz assim como se o conceito de côncavo e convexo estiver presente na estrutura cognitiva será mais fácil a diferenciação de um espelho côncavo ou convexo em um primeiro contato com o mesmo.

Já o processo de aprendizagem mecânica se dá quando ocorre pouca ou nenhuma associação do novo conceito à estrutura cognitiva do aluno. Quando um novo conceito se armazena arbitrariamente e não interage com nenhum subsunçor. Um exemplo de

aprendizagem mecânica no ensino de Física é quando se memoriza uma equação, lei ou conceito. Estas são fáceis de memorizar a partir de uma aprendizagem afetiva por meio de músicas, frases engraçadas ou outros métodos, porém, não se entende os seus significados nem onde aplicá-las.

De acordo com Ausubel:

*“... o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; determine isso e ensine-o de acordo.”*  
(AUSUBEL apud Moreira, 1982)

Podemos dizer que o que o aluno já sabe é as vezes uma concepção alternativa. Concepções alternativas são concepções que os alunos possuem e aceitam que não coincidem com as aceitas pela comunidade científica, porém são úteis e fazem sentido para os que a possuem e funcionam de certo modo para a realização e resoluções de problemas no cotidiano.

Para se verificar se ocorreu aprendizagem ou quais subsunçores já existem na estrutura cognitiva do aluno utilizamos avaliações no decorrer do processo de ensino. Com uma determinada avaliação em um momento oportuno podemos construir materiais potencialmente significativos. A avaliação pode se dar antes, durante e ou depois do ensino sendo estas as avaliações diagnóstica, formativa e somativa respectivamente. As definições são descritas por Jorba e Sanmarti (JORBA, 2003).

A avaliação diagnóstica tem como principal objetivo determinar a situação de cada aluno antes de iniciar um determinado processo de ensino e aprendizagem, para poder adaptá-lo a suas necessidades. Quando a informação obtida a partir desta modalidade de avaliação faz referência a uma classe ou grupo a denominamos avaliação prognóstica.

Avaliação formativa é a avaliação que ocorre durante o processo de ensino e aprendizagem para ajustar o processo didático as necessidades de aprendizagem dos alunos.

Ja a avaliação somativa é a avaliação que ocorre no final do processo de ensino-aprendizagem. É feita para verificar se o conteúdo proposto pelo professor foi adquirido pelo aluno. Esta é o tipo de avaliação mais utilizada no ensino.

Um método em que ocorre a aprendizagem e ao mesmo tempo pode ocorrer uma avaliação são em situações-problemas (MACEDO, 2002). Situação-problema em um contexto escolar é um desafio aos alunos, um enigma a ser resolvido, em que para realizar um

determinado trabalho bem identificado, em grupo na maioria das vezes, o aluno deverá efetuar uma aprendizagem precisa com pesquisas e diálogos com outros alunos e com o professor, em classe ou não. Com isso o aluno irá desenvolver competências, terá de formular hipóteses e conjecturas, será obrigado a utilizar termos científicos nos debates dentro de classe para melhor entendimento de suas hipóteses por todos e será avaliado pelo professor durante o processo de resolução da situação-problema.

## 1.2 METODOLOGIA APLICADA

As atividades experimentais permitem que o aluno possa individualmente ou coletivamente investigar fenômenos com objetivo de realizar inferências e propor soluções utilizando determinados usos dos processos de métodos da ciência ampliando o seu conhecimento sobre a mesma. O PCN+ (BRASIL, 1999) de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias orienta a utilização de atividades experimentais:

*“É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável ... Experimentar pode significar observar situações e fenômenos a seu alcance, em casa, na rua ou na escola, desmontar objetos tecnológicos, tais como chuveiros, liquidificadores, construir aparelhos e outros objetos simples, como projetores ou dispositivos óptico-mecânicos. Pode também envolver desafios, estimando, quantificando ou buscando soluções para problemas reais.” (BRASIL, 1999)*

E incita a utilização de materiais de baixo custo:

*“É tão possível trabalhar com materiais de baixo custo, tais como pedaços de fio, pequenas lâmpadas e pilhas, quanto com kits mais sofisticados, que incluem multímetros ou osciloscópios. A questão a ser preservada, menos do que os materiais disponíveis, é, novamente, que competências estarão sendo promovidas com as atividades desenvolvidas.” (BRASIL, 1999)*

Três tipos de atividades experimentais são utilizadas por muitos professores em suas aulas de ciências: atividade experimental de demonstração, atividade experimental com roteiro ou quantitativa e atividade experimental como trabalho e pesquisa. Em sala de aula ou em laboratórios, cada uma possui sua especificidade.

Atividade experimental de demonstração ou demonstração experimental é o tipo de atividade experimental predominantemente utilizado pela maioria dos professores. Ela consiste em um experimento que a única pessoa que interage com este é o professor. Este tipo de experimento em sua maioria não requer obtenção nem avaliação por meio de dados por parte dos alunos. A classe somente avalia o experimento por observação.

As vantagens para este tipo de atividade experimental são voltadas para o professor pois este pode administrar o tempo do experimento e as variáveis a seu gosto, também podendo fazer a demonstração a qualquer momento de sua aula. Questões podem ser feitas como forma de avaliação diagnóstica ou formativa. Irá se utilizar a avaliação diagnóstica no caso da realização da atividade experimental ocorrer antes do tópico ser abordado pois com tal avaliação é possível verificar concepções alternativas dos alunos e quais subsunçores já estão presentes na estrutura cognitiva dos mesmos, podendo assim construir a abordagem do tópico de maneira potencialmente significativa. Já a avaliação formativa se dará após a abordagem inicial para verificação da aprendizagem de conceitos do tópico abordado. Há uma extensa bibliografia que auxilia o professor em construções e manuseio de experimentos em atividades experimentais de demonstração como é o caso do livro *Experiências de ciências para o ensino fundamental* de Alberto Gaspar (GASPAR, 2003) e até mesmo em livros textos utilizados na maioria das escolas (JUNIOR, 2011) e (LUZ, 2005).

Já as desvantagem estão ligadas ao aluno que por não interagir com o experimento e somente observar pode não estar com atenção no mesmo fazendo com que o processo de aprendizagem proposto pelo professor não ocorra. Também como não há interação do aluno

com o experimento pouco pode ser utilizado em sua aprendizagem, somente o que o professor falar e demonstrar pode vir a ser adquirido pelo aluno como conhecimento. No caso de se haver materiais perigosos ou de difícil manipulação está é o tipo de atividade recomendada.

A atividade experimental com roteiro ou quantitativa é a atividade em que o aluno em um grupo ou sozinho manipula variáveis para que seja visto algum fenômeno, ou seja, feita a verificação ou comprovação de alguma lei ou teoria científica. Neste tipo de atividade o professor trabalha como um orientador da atividade e pouco interage com o experimento deixando isto a cargo do aluno. Atividades experimentais com roteiro são normalmente feitas em escolas que possuem laboratórios de ciências por esta demandar bancadas e instrumentos de observação e medidas. Avaliações formativas podem ser feitas pelo professor durante a realização de tais atividades verificando se os alunos sabem realizar o que é proposto no roteiro, se estão entendendo a linguagem científica inclusa no roteiro, se sabem utilizar os instrumentos da bancada, se conseguem dialogar utilizando termos científicos para pedir ou dar explicações, entre outras competências.

A vantagem de se trabalhar com este tipo de atividade experimental é de ensinar habilidades práticas como a utilização de instrumentos de medida (régua, goniômetros, paquímetros, multímetros, osciloscópios), materiais de análise (gráficos, tabelas) e instrumentos em geral que podem ser utilizados no dia a dia do aluno. Uma das críticas que certos autores fazem ao uso de atividades experimentais com roteiros é ao roteiro que na grande maioria das vezes é fechado, objetivo, e não permite ao aluno refletir sobre o que ele está fazendo. Os roteiros só possuem o algoritmo para se chegar ao resultado final do experimento e não permite ao aluno sair dele.

Ja a atividade experimental como trabalho e pesquisa vai além da atividade experimental com roteiro, posto que dá ao aluno a liberdade para pensar e criar experimentos para verificação ou comprovação de leis e teorias científicas. É uma situação-problema e como tal para o aluno não se confundir deverá haver a orientação do professor no decorrer de todo o trabalho. Com o aluno totalmente ativo no processo de aprendizagem é facilitada a aprendizagem, a compreensão de conceitos e a avaliação diagnóstica e ou formativa por parte do professor. Todas as vantagens descritas para a atividade experimental com roteiro são válidas para esta atividade experimental já a desvantagem é que este tipo de atividade experimental requer bastante tempo para sua execução devido a orientação para produção do experimento e a tomada de dados para a análise, se existir.

## **CAPÍTULO 2 MATERIAIS**

### **2.1 ESFERÔMETRO DE BAIXO CUSTO**

O esferômetro é um instrumento que se utiliza para medir a curvatura de uma superfície esférica. Para a construção de um esferômetro de baixo custo cuja precisão é aceitável a fins didáticos se gasta menos de 2% do valor do custo de um esferômetro de precisão. Neste roteiro se explica a construção de um esferômetro de baixo custo (adaptação de PROJETO RIPE, 2011). É aconselhável que se leia todo o roteiro antes de se comprar o material para se ter ideia do que se irá fazer com cada material e até mesmo poder utilizar outro material no lugar do indicado para aprimoramento do item a construir.

Material necessário para construção do esferômetro:

- um parafuso com passo milimetrado com duas porcas de comprimento aproximado 10 cm;
- 3 parafusos com uma porca para cada um (estes parafusos devem ter 2/3 de comprimento do parafuso milimetrado);
- placa de duratex;
- escala graduada em milímetros (régua pequena);
- tampa de creme dental;
- cola Super Bonder;
- cola de papel em bastão;
- lima;
- furadeira.

Cortamos a placa de duratex em dois discos com 6 cm e 8 cm de diâmetro cada. No disco de menor diâmetro fazemos um furo no centro tal que passe o parafuso milimetrado e no disco de maior diâmetro além de fazermos um furo no centro tal que passe o parafuso milimetrado, também fazemos um furo em três partes da borda de tal forma que os três furos sejam vértices de um triângulo equilátero cujo o centro é o centro do disco. Nestes furos passamos os três parafusos.

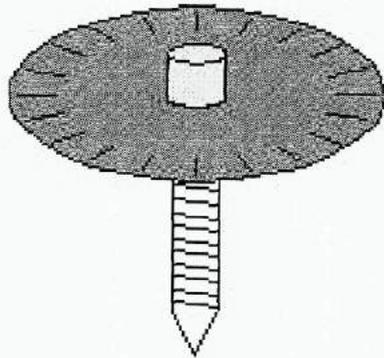


Figura 2.1: *Disco superior com parafuso milimetrado (Projeto Ripe, 2011).*

Pegamos os três parafusos, mais o milimetrado e fazemos pontas em todos. Isso pode ser feito colocando o parafuso na furadeira e lixando-o com a lima.

Colocamos os três parafusos nos furos da borda do disco maior e os prendemos com as porcas. Após pegamos uma porca do parafuso milimetrado e a colamos com Super Bonder no furo do centro deste mesmo disco.

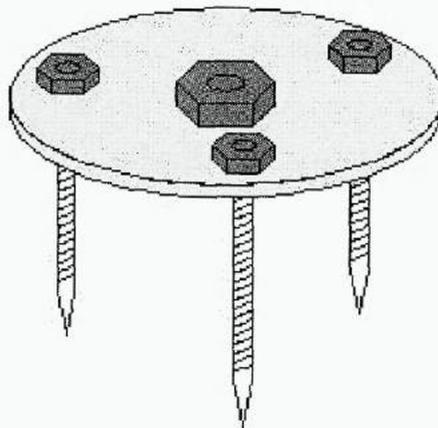


Figura 2.2: *Disco inferior com porca central e três parafusos suporte (Projeto Ripe, 2011).*

Fazemos um desenho no computador, utilizando um programa de desenho vetorial, de uma circunferência em uma imagem quadrada com tamanho de 5,9 cm de comprimento com no mínimo dez divisões. Após a impressão do desenho, recortamos a circunferência para colar no disco menor utilizando a cola de papel em bastão. Um exemplo está na figura 2.4.

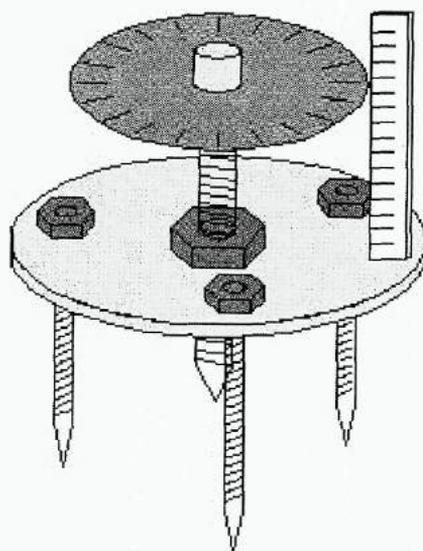


Figura 2.3: *Montagem do esferômetro suporte (Projeto Ripe, 2011).*

Como o parafuso utilizado é milimetrado a cada volta ele se desloca 1 mm no eixo de seu comprimento. Se a circunferência desenhada conter dez divisões, cada divisão será igual a 0,1 mm de deslocamento do parafuso.

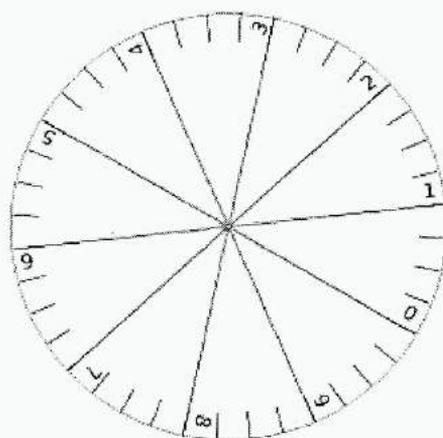


Figura 2.4: *Exemplo de circunferência para utilizar como frações do passo milimetrado.*

No disco menor colocamos o parafuso milimetrado e prende-se o com a porca restante. Colamos o parafuso milimetrado com Super Bonder para que ele fique firme ao disco. Também com o Super Bonder colamos a tampa de creme dental na cabeça do parafuso milimetrado para melhor rotacioná-lo e a escala milimetrada na borda do disco maior de forma a medir a altura do disco menor.

Obs.: Podemos trocar a escala milimetrada e a circunferência com divisões por um paquímetro de plástico.

### 2.1.1 UTILIZANDO O ESFERÔMETRO

O esferômetro consta de um tripé com três pontas de apoio como base as quais criam um triângulo equilátero com aresta  $a$ . A aresta  $a$  pode ser medida colocando o esferômetro com o parafuso milimetrado levantado sobre um papel e fazendo pressão sobre ele para que as pontas dos parafusos façam pequenas cavidades no papel. Com as cavidades sendo os vértices do triângulo equilátero medimos a distância entre duas cavidades sendo esta distância o valor da aresta  $a$ .

Colocamos o esferômetro sobre uma superfície plana, baixamos o parafuso milimetrado até que todos os parafusos toquem a superfície e medimos o seu valor na escala milimetrada e na fração no disco (pode-se também medir o valor com um paquímetro obtendo a distância entre os dois discos). Este valor obtido,  $h_0$ , pode ser guardado pois será a posição fixa do esferômetro em relação a uma superfície plana. Após colocamos o esferômetro sobre a superfície em que se deseja descobrir o raio de curvatura de modo que todos os parafusos toquem a superfície e medimos valor  $h$  na escala milimetrada e na fração do disco (ou com o paquímetro). Com estes valores podemos definir a altura do arco  $H$  em relação ao plano onde:

$$H = ||h - h_0|| \quad (2.1)$$

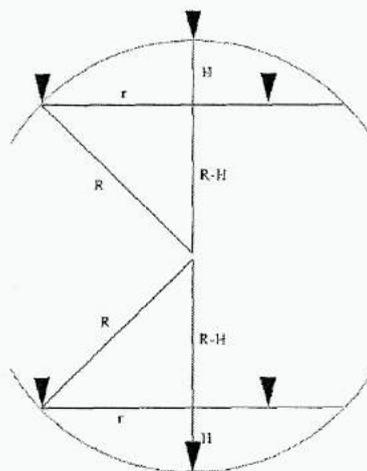


Figura 2.5: Corte vertical do objeto de medição com uma superfície convexa e côncava.

A distância  $r$  das pontas de apoio do centro do esferômetro e a altura  $H$  do arco se relacionam com o raio de curvatura  $R$  pela equação:

$$R^2 = r^2 + (R - H)^2 \quad (2.2)$$

Colocando a incógnita  $R$  em evidência obtemos:

$$R = \frac{r^2 + H^2}{2H} \quad (2.3)$$

Podendo se determinar  $r$  a partir da aresta  $a$  do triângulo equilátero formado pelas pontas de apoio:

$$r = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (2.4)$$

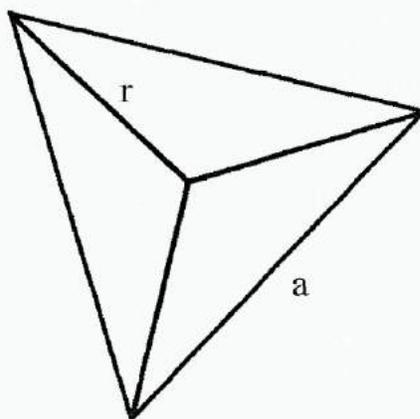


Figura 2.6: Triângulo equilátero formado pelas pontas de apoio.

Obtemos substituindo  $r$  na equação (2.3) pelo lado direito da equação (2.4):

$$R = \frac{a^2}{6H} + \frac{H}{2} \quad (2.5)$$

O raio de curvatura da superfície esférica definida a partir dos valores obtidos anteriormente.

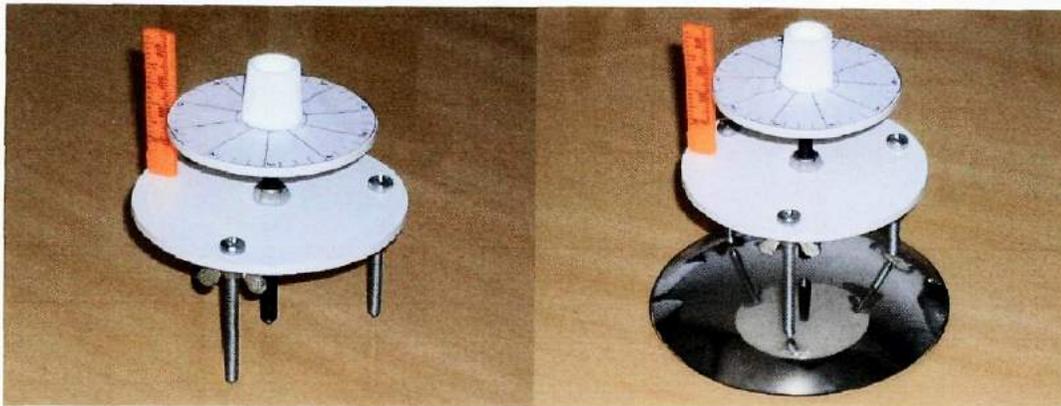


Figura 2.7: Fotos do esferômetro construído como descrito acima.

## 2.2 BANCADA ÓPTICA DE BAIXO CUSTO

Uma bancada óptica consiste em um conjunto de itens que auxiliam na construção de sistemas ópticos para atividades experimentais. Na bancada óptica de baixo custo há uma mistura de itens que devem ser construídos com outros que já são adquiridos prontos. A bancada óptica de baixo custo descrita aqui consiste de:

- trilho com escala;
- 4 carrinhos para o trilho sendo um de suporte para o anteparo, um de suporte para o canhão de luz e dois para suporte de lentes;
- suporte para a transparências;
- anteparo;
- transparências;
- pequeno canhão de luz;
- lentes convexas com distância focal de 5 cm, 10 cm e 30 cm;
- lente côncava com distância focal de 10 cm;
- espelho convexo;
- espelho côncavo.

Podemos fazer o anteparo translúcido de uma tábua de isopor de frios. Fizemos as transparências imprimindo cada imagem em um quadrado de dimensões 5x5 cm em uma transparência em A4 onde cada figura tem 40% da dimensão do quadrado e as recortamos no tamanho do quadrado. Uma imagem boa para se fazer a transparência é a de uma letra F de

forma, pois esta não é simétrica em nenhum dos eixos e sendo assim de fácil visualização de sua projeção invertida quando colocamos em alguns sistemas ópticos (exemplo de transparências na figura 2.9). O canhão de luz é uma lanterna de led branco que pode ser comprada em bazares. O led, devido às suas pequenas dimensões, funciona como uma fonte pontual que auxilia na formação das imagens projetadas. As lentes côncava e convexa podem ser adquiridas em óticas. O espelho convexo pode ser comprado em uma loja de utilidades para automóveis por ser um espelho muito utilizado por motoristas por apresentarem um campo visual maior do que os espelhos planos que vem por padrão em carros e motos, já o espelho côncavo pode ser comprado em uma loja de material de estética por ser um espelho usado em salões de beleza para ampliar a imagem refletida, por exemplo, de um rosto de uma cliente. O trilho com escala e os carrinhos para o trilho são descritos para construção abaixo.

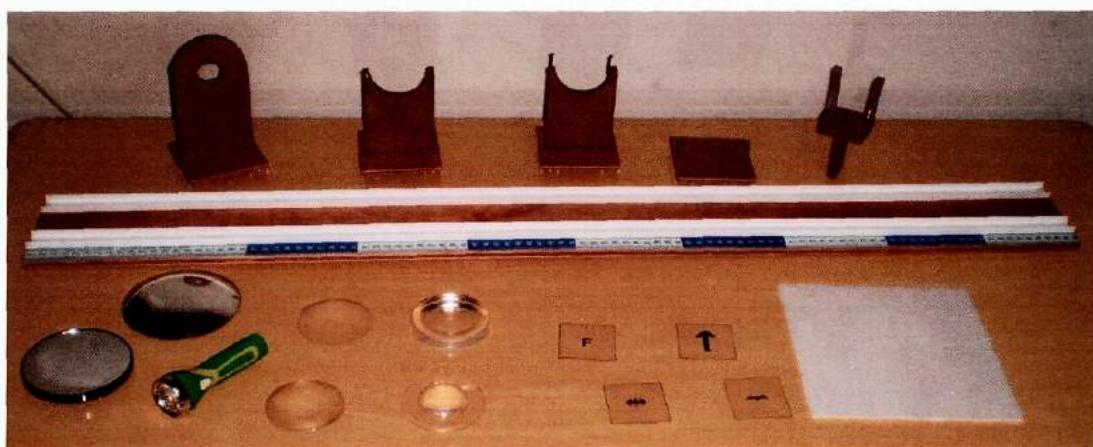


Figura 2.8: Fotografia da bancada óptica construída.

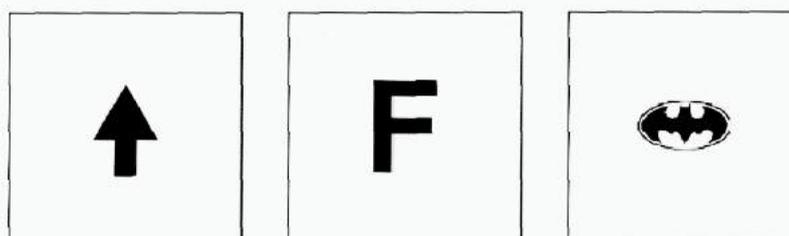


Figura 2.9: Exemplo de transparências a serem utilizadas.

### 2.2.1 TRILHO COM ESCALA

Materiais utilizados:

- placa de MDF de 1 m de comprimento e 10 cm de largura;
- 2 m de caneleta de PVC;
- fita métrica de 1 m;
- cola Super Bonder.

Cortamos a caneleta de PVC em duas de 1 m cada. Colamos uma das caneletas em uma lateral da placa de MDF e a fita métrica na outra lateral. A caneleta restante deve ser colada na placa utilizando os carrinhos do trilho como referência para a distância entre as caneletas. A figura abaixo mostra o trilho montado como foi descrito acima.



Figura 2.10: *Trilho com escala.*

### 2.2.2 CARRINHOS PARA O TRILHO

Materiais utilizados:

- 70 cm de caneleta;
- placa de MDF de 6 mm de espessura;
- placa de MDF de 10 mm de espessura;
- 4 parafusos de 2 mm de espessura e 6 cm de comprimento;
- 2 circunferências de ferro de chaveiro;
- cola Super Bonder.

### Carrinhos

Cortamos a placa de MDF de menor espessura em cinco quadrados de 8 cm de lado cada e a caneleta em 10 pedaços de 7 cm cada. Colamos duas caneletas em cada quadrado em laterais opostas.

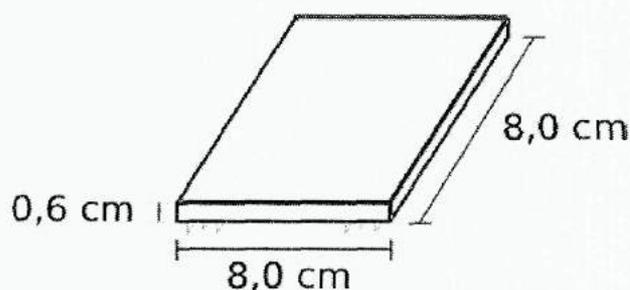


Figura 2.11: *Desenho técnico dos carrinhos.*

### Suporte do anteparo

Com a placa de MDF de maior espessura cortamos um retângulo de dimensões 7,5x2,0 cm de madeira e fazemos um corte de cavidade nele de aproximadamente 4 mm de abertura e 1,5 cm de altura sobre o seu maior eixo no lado do retângulo de dimensões 7,5x1,0 cm, após colamos o paralelepípedo no meio de um dos carrinhos. Este carrinho será o de suporte para o anteparo.

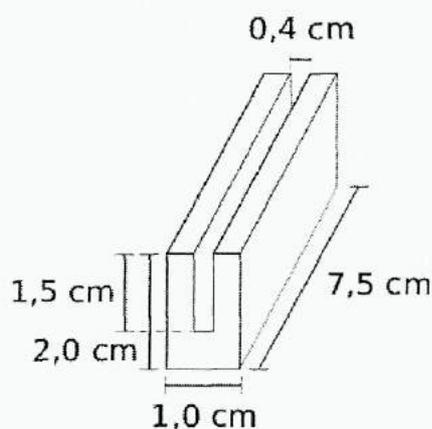


Figura 2.12: *Desenho técnico do suporte do anteparo.*

### Suporte do canhão de luz

O esquema do suporte para o canhão de luz está no desenho técnico abaixo. A placa deste suporte é a de maior espessura e o diâmetro do orifício é de 2,4 cm, pois este é o

diâmetro do canhão utilizado.

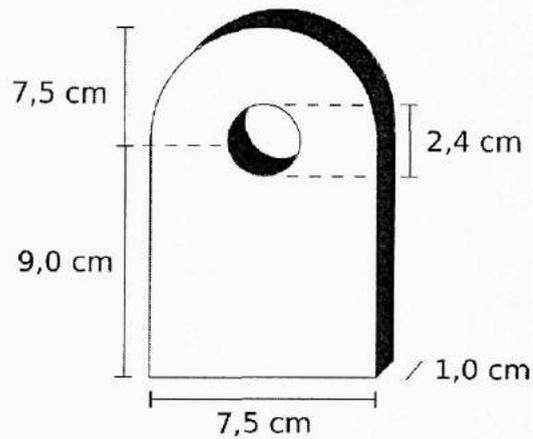


Figura 2.13: *Desenho técnico do suporte do canhão de luz.*

Após feito os cortes, colamos o suporte do canhão de luz em um dos carrinhos.

### Suporte para lentes

O suporte para lentes foi feito com a placa de maior espessura e projetado para servir a lentes de 6,5 cm de diâmetro. Utilizamos dois pregos para segurarem a lente cortando a cabeça de cada um, pregando no suporte e depois dobrando para ficarem como no desenho técnico abaixo.

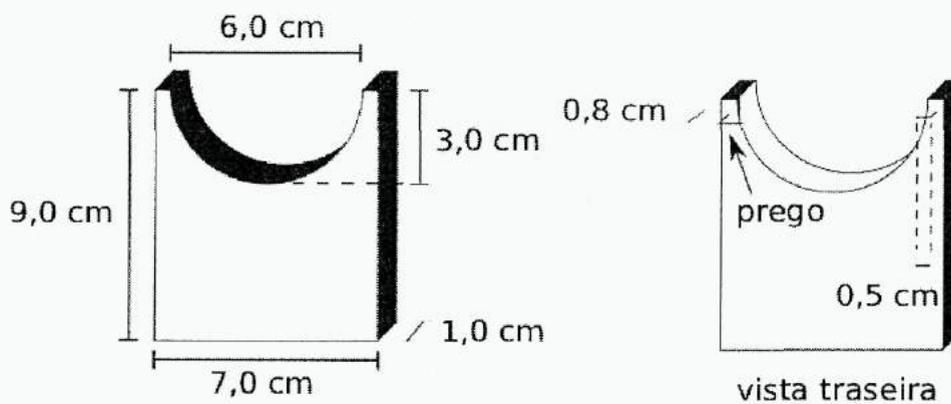


Figura 2.14: *Desenho técnico do suporte para lentes.*

Para as lentes não escorregarem podemos colar durex como rolos nos pregos. São necessários dois suportes para lentes. Após feitos colamos cada um em um dos carrinhos.

### Suporte para transparências

O suporte para transparências é todo construído com a placa de maior espessura. Cortamos as duas colunas de 5,0 cm de comprimento e as colamos na pequena placa de 5,0x3,0 cm . Após pegamos as 2 circunferências de ferro de chaveiro. Faça com que elas virem duas barrinhas e corte-as para que fique com 6 cm cada. Fazemos dois furos na placa atrás das colunas coladas para fixar as barrinhas. Colamos nos furos e fazemos curvas para que elas possam encostar na pequena coluna. O desenho técnico deste suporte se encontra abaixo.

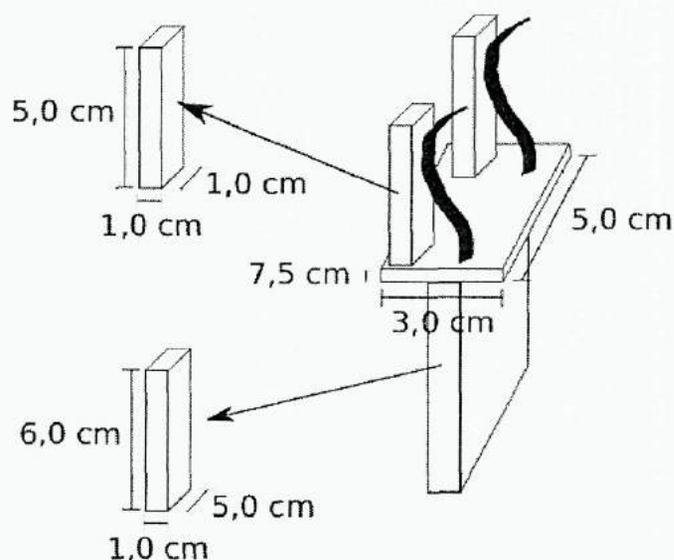


Figura 2.15: *Desenho técnico do suporte para transparências.*

Cortamos uma pequena placa de 6,0x5,0 cm para elevar o suporte a uma altura útil. Este suporte ficará solto, pois poderá ser usado em qualquer carrinho.

Para embelezarmos os carrinhos podemos passar um verniz em tudo que for de MDF. A figura abaixo mostra os carrinhos com os suportes montados como foram descritos acima.



Figura 2.16: *Carrinhos para o trilho.*

## **CAPÍTULO 3 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS EXPERIMENTAIS**

As atividades experimentais propostas abaixo foram planejadas visando a utilização dos materiais construídos (esferômetro e bancada óptica) e seguindo as orientações contidas no PCN+ (BRASIL, 1999) para o curso de Física do Ensino Médio de acordo com as competências e habilidades que se deseja alcançar ao final do processo de ensino-aprendizagem na área de óptica como descrito abaixo:

**Tema estruturador:** Som, imagem e informação

**Unidades Temáticas:**

### 2. Formação e detecção de imagens

- Identificar objetos, sistemas e fenômenos que produzem imagens para reconhecer o papel da luz e as características dos fenômenos físicos envolvidos.
- Associar as características de obtenção de imagens a propriedades físicas da luz para explicar, reproduzir, variar ou controlar a qualidade das imagens produzidas.
- Conhecer os diferentes instrumentos ou sistemas que servem para ver, melhorar e ampliar a visão: olhos, óculos, telescópios, microscópios etc., visando utilizá-los adequadamente.

### 3. Gravação e reprodução de sons e imagens

- Compreender, para utilizar adequadamente, diferentes formas de gravar e reproduzir imagens: fotografia, cinema, vídeo, monitores de tevê e computadores.

### 4. Transmissão de sons e imagem

- Conhecer os processos físicos envolvidos nos diferentes sistemas de transmissão de informação sob forma de sons e imagens para explicar e monitorar a utilização de transmissões por antenas, satélites, cabos ou através de fibras ópticas.
- Compreender a evolução dos meios e da velocidade de transmissão de informação ao longo dos tempos, avaliando seus impactos sociais, econômicos ou culturais.

(BRASIL, 1999)

As atividades experimentais de demonstração foram propostas para serem utilizadas

antes da abordagem teórica do tópico sobre lentes esféricas delgadas. Já as atividades experimentais com roteiro ou quantitativas são propostas para utilização junto e ou após a abordagem teórica do tópico de espelhos e lentes esféricas. As atividades experimentais como trabalho e pesquisa são propostas para realização após a abordagem teórica do tópico de espelhos e lentes esféricas e antes do tópico de Instrumentos ópticos.

### **3.1 ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE DEMONSTRAÇÃO**

#### **3.1.1 FORMAÇÃO DE IMAGENS EM LENTES CONVERGENTES – INSTRUMENTOS DE PROJEÇÃO**

**Objetivo:** Demonstrar a formação de imagens em lentes convergentes e o funcionamento de sistemas ópticos de projeção.

**Tempo necessário:** Dois tempo de aula (aproximadamente 100 min).

**Material utilizado:**

- trilho;
- carrinho com fonte de luz;
- carrinho com transparência;
- carrinho com lente convergente;
- carrinho com anteparo.

**Perguntas a serem feitas antes da demonstração (avaliação diagnóstica):**

- Que tipo de aparelho que utilizamos em nosso dia a dia utiliza um sistema óptico?
- Quando brincamos com lentes no sol, sabemos que podemos queimar uma folha de papel. Como fazemos isto?
- O que uma lupa faz?
- Por que quando olhamos num binóculo vemos tudo maior e se virarmos o binóculo tudo fica pequeno?

## Instrumentos de projeção

Instrumentos de projeção são instrumentos que fornecem uma imagem real que pode ser projetada em um anteparo. Por exemplo um filme ou uma tela.

## Aparelho Fotográfico

Na demonstração do funcionamento de um aparelho fotográfico colocamos a pequena transparência junto com fonte de luz em uma distância além do ponto antiprincipal objeto  $C$  de uma lente convergente que fica a duas vezes a distância do foco da lente e o anteparo deve ser colocado entre o foco principal imagem  $F'$  e o ponto antiprincipal imagem  $C'$  da lente em uma posição onde a imagem seja nítida.

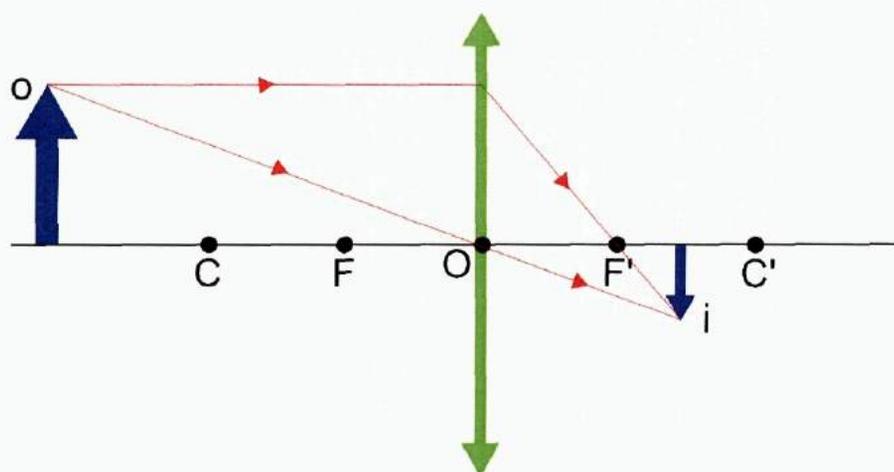


Figura 3.1: Diagrama do funcionamento de uma câmera fotográfica.

Câmeras fotográficas, filmadoras e outros instrumentos que obtêm imagens possuem seu sistema óptico como neste caso onde a imagem formada é real, invertida e menor. O mesmo acontece numa máquina de fotocópia quando queremos reduzir um documento. O globo ocular também funciona de modo semelhante, pois seus vários componentes transparentes funcionam como uma lente convergente formando na retina uma imagem real, menor e invertida.

### **Questões para avaliação formativa (após o tópico já ter sido abordado):**

- Quais as características da imagem formada?
- Se a transparência fosse colocada entre o ponto antiprincipal objeto e o foco principal objeto que tipo de imagem obteríamos?
- No caso das câmeras comuns observamos que existem três posições de distância. Para fotografar de perto (macro), para pessoa inteira (retrato), para imagem no infinito (paisagem). O que você acha que acontece nestas câmeras para ajustar a imagem?

### **Projektor de slides**

Modificando agora a posição da lente convergente podemos também demonstrar o funcionamento de um projetor colocando-se a pequena transparência junto com fonte de luz entre o ponto antiprincipal objeto  $C$  e o foco principal objeto  $F$  e o anteparo além do ponto antiprincipal imagem  $C'$  da lente em uma posição onde a imagem seja nítida, ou melhor, mudando a posição da lente utilizando a mesma distância que a lente estava do anteparo na atividade anterior para a distância da lente a pequena transparência.

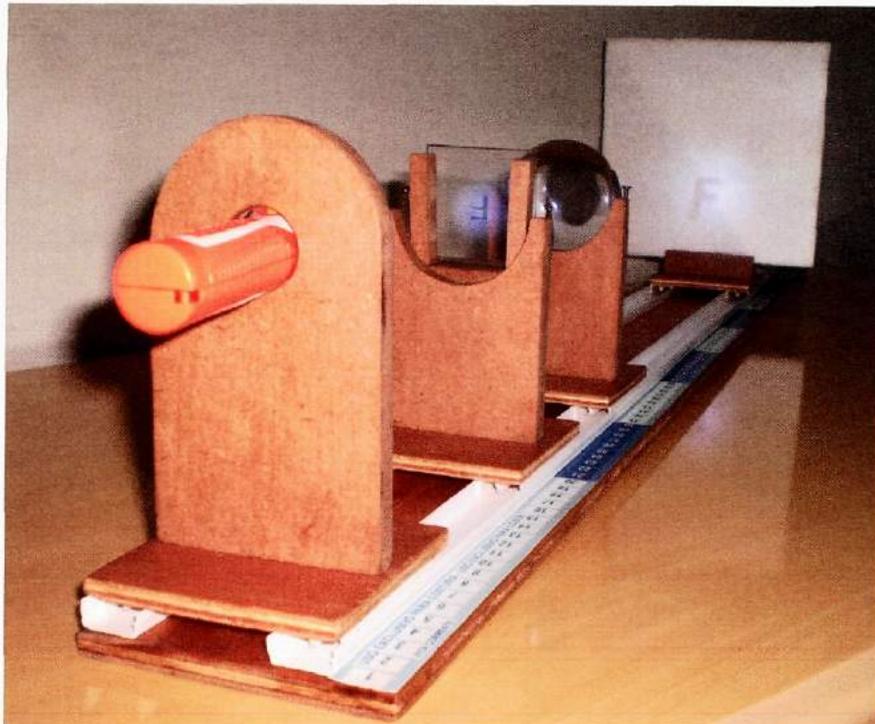


Figura 3.2: Sistema óptico do projetor construído na bancada óptica.

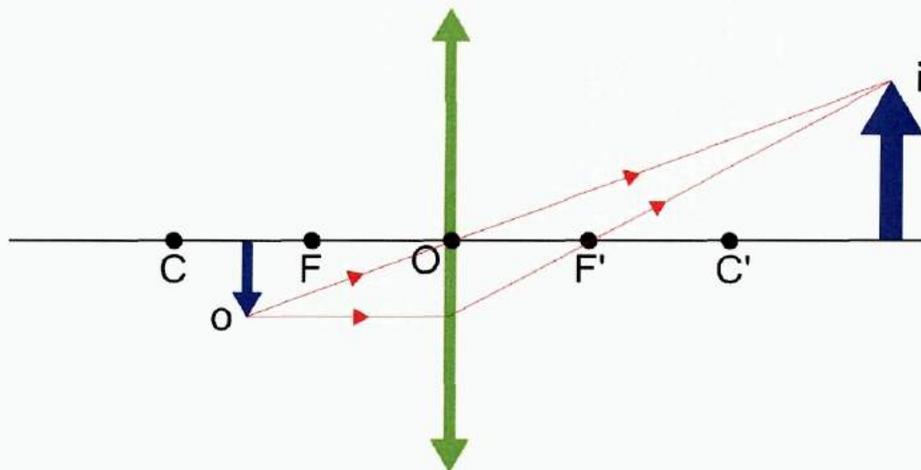


Figura 3.3: Diagrama do funcionamento de um projetor.

Projetores de filmes e de slides que fornecem do filme ou slide (objetos) uma imagem real, invertida e maior, projetada numa tela, utilizam este sistema óptico.

**Questões para avaliação formativa:**

- Quais as características da imagem formada?
- A lente utilizada nestas duas atividades poderia ser divergente? Se não, por que?
- Se obtivemos na primeira atividade uma imagem menor e nesta segunda uma imagem maior, será que poderíamos obter, de alguma maneira, uma imagem de mesmo tamanho?

A partir desta última questão podemos demonstrar a formação de uma imagem real, invertida e de mesmo tamanho que o objeto colocando a transparência no ponto antiprincipal objeto C e o anteparo no ponto antiprincipal imagem C' da lente convergente.

Façamos a experiência com medições movendo a lente e deixando o anteparo fixo.

### 3.1.2 CONSTRUÇÃO DE IMAGENS POR UMALENTE DIVERGENTE

**Objetivo:** Demonstrar a formação de imagens em lentes divergentes.

**Tempo necessário:** Um tempo de aula (aproximadamente 50 min).

**Material utilizado:**

- trilho;
- carrinho com fonte de luz;
- carrinho com transparência;
- carrinho com lente divergente;
- carrinho com anteparo.

Colocamos o carrinho com a transparência e o carrinho com o anteparo sobre o trilho com uma distância entre eles de mais de quatro vezes a distância focal da lente divergente utilizada e demonstramos que não há nenhuma formação de imagem movimentando o carrinho com a lente divergente em diversas posições entre a transparência e o anteparo.

**Questões para avaliação formativa:**

- Por que não há formação de imagem real?
- Este sistema forma algum tipo de imagem? Se sim, qual e como deve ser o construído o sistema para tal formação?

Após, demonstramos que a imagem formada por uma lente divergente é sempre virtual, direita e menor que o objeto olhando através da lente para qualquer objeto.

### 3.2 ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM ROTEIRO OU QUANTITATIVA

#### Medição com o esferômetro:

- Medir o raio de curvatura dos espelhos esféricos com o esferômetro.
- Medir a distância  $a$  entre dois parafusos laterais. O raio de curvatura será dado por:

$R = \frac{a^2}{6H} + \frac{H}{2}$ , onde  $R$  é o raio de curvatura do espelho e  $H$  é dado pela distância deslocada do disco menor.

#### 3.2.1 DETERMINAÇÃO DA DISTÂNCIA FOCAL DE UM ESPELHO CÔNCAVO

**Objetivo:** Determinar a distância focal de um espelho côncavo a partir de dois métodos diferentes. Um utilizando o esferômetro e outro a bancada óptica.

**Tempo necessário:** Dois tempos de aula.

#### Material utilizado:

- esferômetro;
- trilho;
- carrinho com canhão de luz;
- espelho côncavo;
- carrinho com anteparo.

#### Roteiro:

Demonstramos à classe a utilização do esferômetro para medir o raio de curvatura de superfícies esféricas e pedimos que os alunos meçam o raio de curvatura do espelho côncavo. Após, utilizando a bancada óptica com o carrinho com o canhão de luz e o anteparo, pedimos que posicionem o espelho côncavo de tal forma a formar a imagem real do objeto com o mesmo tamanho.

**Questão:** Como se pode obter a distância focal do espelho com cada uma dessas atividades?

**Problema:** Determine a distância focal do espelho utilizando de duas maneiras diferentes cada um dos métodos apresentados.

Tabela 3.1: Tabela de anotação dos dados obtidos.

MÉTODOS	RAIO DE CURVATURA (cm)
Esferômetro	
Método experimental	

Após os alunos obterem a distância focal em cada experimento, é solicitado que observem se o valor encontrado foi aproximadamente o mesmo nas duas atividades realizadas e que discutam sobre os resultados obtidos.

**Questões:**

- Quais as características da imagem formada?
- Conseguiríamos obter a mesma imagem com um espelho convexo? Justifique sua resposta.
- Podemos obter imagens de tamanhos diferentes? Explique como seria o esquema do sistema para obtenção de imagens maiores e menores.

### 3.2.2 DETERMINAÇÃO DA DISTÂNCIA FOCAL DE UMALENTE CONVERGENTE

**Objetivo:** Determinar a distancia focal de uma lente convergente utilizando métodos diferentes. Esta atividade experimental pode ser feita utilizando somente um método modificando as questões propostas.

**Material utilizado:**

- trilho;
- carrinho com fonte de luz;
- carrinho com transparência;
- carrinho com lente convergente;
- carrinho com anteparo.

**Roteiro:**

- Construimos um sistema em que a luz solar incida sobre um lado de uma lente convergente e colocamos um anteparo do outro lado.
- Ajustamos a distância da lente ao anteparo de modo que se obtenha um pequeno ponto bem iluminado e medimos esta distância.
- Após construimos um sistema com a bancada óptica utilizando o carrinho da fonte de luz, um carrinho com a transparência, um carrinho com a mesma lente convergente utilizada na atividade anterior e o carrinho do anteparo.
- Colocamos a transparência e o anteparo numa posição fixa. Vamos lentamente deslizando a lente ao longo do trilho. Vamos encontrar duas posições onde as imagens aparecem nítidas.
- Tomamos nota da distância da transparência à lente e da lente ao anteparo de acordo com a tabela abaixo.

Tabela 3.2: Tabela de anotação dos dados obtidos.

POSIÇÃO	DISTÂNCIA DO OBJETO A LENTE $p$	DISTÂNCIA DA IMAGEM (ANTEPARO) A LENTE $p'$
1		
2		

**Questões:**

- Obtenha a distância focal da lente a partir da medida obtida na primeira atividade e comente

como chegar a este valor.

- Com as duas medidas obtidas na segunda atividade é possível obtermos a distância focal da lente utilizando uma equação. Descubra qual é esta equação e a distância focal.
- Os resultados obtidos nos dois processos de obtenção da distância focal da lente foram concordantes? Comente.

### 3.2.3 INSTRUMENTO ÓPTICO – MICROSCÓPIO COMPOSTO

**Objetivo:** Demonstrar o princípio de funcionamento do microscópio composto construindo o seu sistema óptico e introdução do conceito de aumento linear transversal.

**Tempo necessário:** Um tempo de aula.

**Material utilizado:**

- trilho;
- carrinho com lente convergente de 5 cm de foco;
- carrinho com lente convergente de 10 cm de foco.

**Roteiro:**

Construamos um sistema óptico no trilho com as duas lentes. Utilize como objeto algo que seja pequeno. Você deverá olhar através da lente de maior foco colocando esta entre a sua visão e a lente de menor foco e ajustar a posição de modo que veja a imagem do objeto bem nítida. A lente próxima a sua visão é chamada de **ocular** e a lente afastada é chamada de **objetiva**.

**Problemas:**

- Faça um desenho do sistema óptico construído com os componentes utilizados.
- Indique as posições dos componentes de seu sistema óptico utilizando o referencial de gauss.
- Indique os valores das vergências das lentes.
- Calcule o aumento linear transversal do sistema construído.

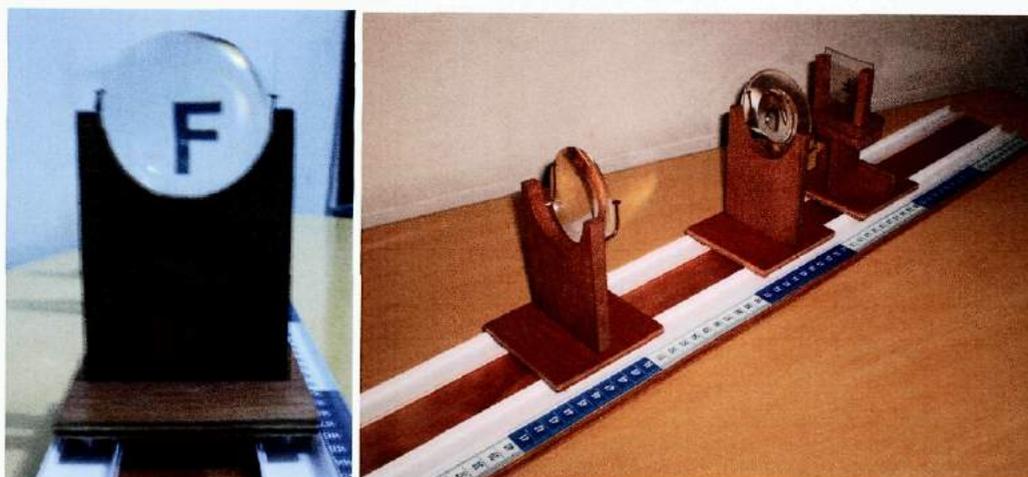


Figura 3.4: Sistema óptico do microscópio construído na bancada óptica.

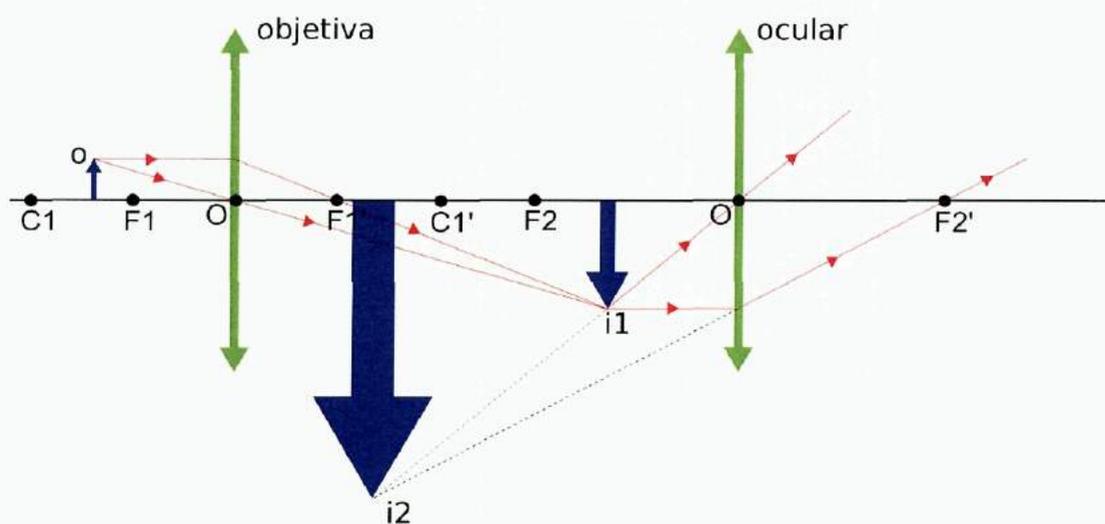


Figura 3.5: Diagrama do sistema óptico do microscópio.

### 3.2.4 INSTRUMENTO ÓPTICO – LUNETAS

**Objetivo:** Demonstrar o princípio de funcionamento de uma luneta construindo o seu sistema óptico e introdução do conceito de aumento visual.

**Tempo necessário:** Um tempo de aula.

**Material utilizado:**

- trilho;

- carrinho com lente convergente de 30 cm de foco;
- carrinho com lente convergente de 5 cm de foco.

**Roteiro:**

Construamos um sistema óptico no trilho com as duas lentes. Utilize como objeto algo que esteja longe como um prédio. Você deverá olhar através da lente de menor foco colocando esta entre a sua visão e a lente de maior foco e ajustar a posição de modo que veja a imagem do objeto bem nítida. A lente próxima a sua visão é chamada de **ocular** e a lente afastada é chamada de **objetiva**.

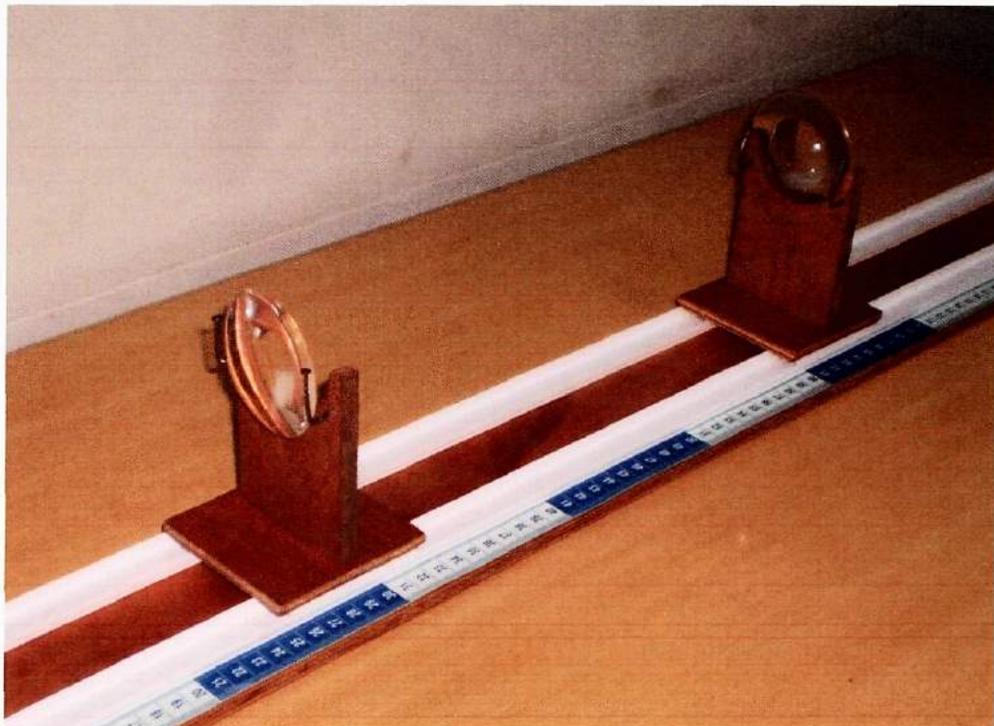


Figura 3.6: Sistema óptico da luneta montado na bancada óptica.



Figura 3.7: Aumento visual na luneta.

**Problemas:**

- Faça um desenho do sistema óptico construído com os componentes utilizados.
- Indique as posições dos componentes de seu sistema óptico utilizando o referencial de gauss.
- Indique os valores das vergências das lentes.
- Calcule o aumento visual do sistema construído.

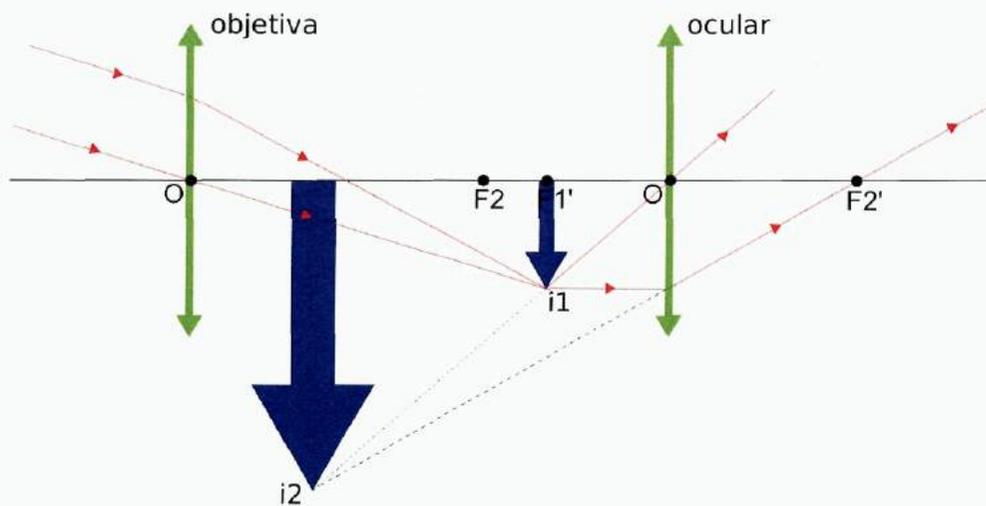


Figura 3.8: Diagrama do sistema óptico da luneta.

### 3.3 ATIVIDADE EXPERIMENTAL COMO TRABALHO E PESQUISA – AVALIAÇÃO FORMATIVA

#### 3.3.1 SITUAÇÃO-PROBLEMA – CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS ÓPTICOS DIVERSOS

**Objetivo:** Construção e explicação de sistemas ópticos utilizados no dia a dia: microscópio, luneta, óculos, olho humano, projetores de imagens e câmeras fotográficas. O que se deseja obter: Além do aprendizado de fenômenos de óptica, despertar no aluno a habilidade de pesquisa, debate, desenvolvimento de projetos, trabalho em grupo e aprendizagem por pesquisa.

**Execução da tarefa:** Primeiramente propomos a atividade para a turma. A atividade deve conter a verificação de algum fenômeno óptico. Dividimos a turma em grupos de 3 a 5 alunos escolhendo um tópico de óptica geométrica para verificação por cada grupo a partir de um experimento que eles próprios terão que projetar, construir e analisar utilizando instrumentos de medida. Manipulamos os grupos de forma a colocar alunos mais capacitados juntos com outros alunos para que juntos haja uma melhor aprendizagem.

**Tempo necessário para a realização da atividade:** Será necessário um mês utilizando vinte minutos semanais de aula primeiramente para questionamento sobre como está o andamento da produção do trabalho de cada grupo. Também devemos orientar extra classe para a solução de dúvidas, porém, estas devem ser levadas a sala de aula para que todos possam debater a questão. Ao final será necessário algumas aulas para a apresentação dos trabalhos.

**A avaliação:** A avaliação se dará de maneira formativa durante as aulas onde os alunos serão interrogados sobre o andamento da produção de seus trabalhos e terão de usar de linguagem científica para o melhor entendimento e comunicação. Também poderão ser avaliados em orientações extra classe. E ao final serão avaliados de forma formativa e somativa quando os

grupos terão de apresentar seus trabalhos realizando as atividades em sala de aula ou demonstrando as atividades já feitas em um vídeo no caso destas não poderem ser executadas em sala de aula.

## CAPÍTULO 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A introdução do laboratório didático nas aulas de Física se deve a forte ligação desta ciência básica com procedimentos e práticas experimentais. Tanto que em cursos de Ensino Superior onde no currículo há disciplinas de Física há concomitantemente disciplinas de Física Experimental. A inserção deste laboratório no Ensino Básico deve ter ocorrido de maneira natural como comenta Alves Filho (ALVES, 2000). Apesar da grande maioria de professores de ciências do Ensino Básico aprovarem a necessidade do laboratório didático, poucos são os que o utilizam. Alguns não o utilizam por não possuir tal espaço nas escolas, mas a grande maioria não o utiliza devido ao escasso tempo para fechar todo o conteúdo programado para o ano letivo.

A utilização de atividades experimentais em aulas de Física e Ciências no Ensino Básico é necessária para sairmos da mesmice de aulas teóricas de quadro negro e levarmos o aluno a uma experiência escolar diferente da que ele está acostumado. Tais atividades experimentais não devem servir somente para ilustrar o conteúdo do professor, mas também criar novos desafios didáticos estimulando, assim, os alunos no processo de ensino-aprendizagem.

A necessidade do uso de materiais de baixo custo em atividades experimentais se dá devido as atuais condições da educação, principalmente pública, em nosso país. Sem investimentos em nossas escolas é impossível comprar equipamentos didáticos de empresas especializadas em desenvolvê-los, para a construção de laboratórios. Muitas escolas nem possuem sua própria sala de laboratório. Espera-se que em breve a situação do investimento em educação melhore e possamos utilizar materiais apropriados e mais precisos. Mas o prazer em projetar seus próprios materiais didáticos, vê-los funcionar como o previsto e observar seus alunos aprendendo com eles não tem preço.

A bancada óptica construída pode ser aperfeiçoada incrementando-a com outros itens para observação e análise de mais fenômenos de óptica. Espero poder demonstrar melhorias e outras utilidades do esferômetro e da bancada óptica em trabalhos futuros abrangendo toda a óptica geométrica.

## REFERÊNCIAS

AXT, R.; MOREIRA, M. A. *O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo*, Revista de Ensino de Física, vol.13, São Paulo: dez. 1991.

BRASIL, PCN+ *Ensino Médio Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*, Brasília: SEMTEC/MEC, 1999.

GASPAR, A. *Experiências de ciências para o ensino fundamental*, São Paulo: Atica, 2003. p. 11-30.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*, Porto Alegre: Bookman, 2002-2006.

JORBA, J.; SANMARTÍ, N. *A Função Pedagógica da Avaliação*, BALLESTER, M. (org) *Avaliação como apoio à aprendizagem*, Porto Alegre: Artmed, 2003.

JUNIOR, F. R.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. *Os Fundamentos da Física 2 Termologia, óptica e ondas*, São Paulo: Moderna, 2001.

JUNIOR, W. M. S. *Ensino de Física com laboratórios de baixo custo*, II Escola de Verão de Física - Dep. Física - PUC-Rio, Rio de Janeiro: 2011.

LUZ, A. M.; ÁLVARES, B. A. *Física: Volume 2*, São Paulo: Scipione, 2005.

MACEDO, L. *Situação-Problema: Forma e Recurso de Avaliação, Desenvolvimento de Competências e Aprendizagem Escolar*, Perrenoud, P. *As competências para ensinar no séc XXI A formação dos professores e o desafio da avaliação*, Artmed, 2002.

MORAN, J. M. *Os Novos espaços de atuação do professor com as tecnologias*, Revista Diálogo Educacional, v. 4, n.12, p.13-21, maio/agosto, Curitiba: PUC-PR, 2004.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. M. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*, São Paulo: Moraes, 1982.

PINHO ALVES, J. F°. *Regras da transposição didática aplicada ao laboratório didático*, Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 17. n. 2, p. 174-188, Florianópolis: UFSC, 2000.

RICARDO, E. C. *Implementação dos PCN em Sala de Aula: Dificuldades e Possibilidades*, Física na Escola, v.4, n.1, São Paulo: SBF, 2003.

## CONSULTAS A ENDEREÇOS ELETRÔNICOS

PROJETO RIPE. *Esferômetro*, USP, <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=rip&cod=esferometro-mecanica-txtmec0063>, em 15 de junho de 2011.