

## F 609 - Tópicos de ensino de física I

### Projeto Espelho grande (1m de diâmetro) - Relatório Final



**Nome:** João Pedro Gasparini Signoretti  
**RA:** 155932



**Nome:** Douglas Sermarini  
**RA:** 150916



**Orientador:** Prof. José Joaquim Lunazzi

**Julho 2018**

## Introdução

O Prof. Lunazzi montou, em 2015, na UNICAMP, uma exposição didática sobre a luz, localizada na avenida Albert Einstein, 851, ao lado da RTV, chamada “*Veja a luz como nunca viu*”. Sua mais nova aquisição é um espelho côncavo de um metro de diâmetro, podendo ser assim um dos maiores da América Latina, voltado para o ensino. Nosso trabalho se pautou em adequar um espaço dentro da exposição para que o novo item possa ser integrado a ela em um módulo adicional, iniciando o trabalho de determinar a melhor maneira de apresentá-lo em um experimento sobre imagens.

## Materiais

- Espelho côncavo grande
- Lâmpada holofote de sódio
- Furadeira e conjunto de porcas, parafusos e arruelas
- Suporte T (mão francesa)
- Kit de limpeza de lentes contendo: álcool isopropílico, fluido limpador de lentes, flanelas e lenços
- Laser de diodo de luz verde de 50 mW.
- Gerador de cone de luz laser (conjunto de laser, motor excêntrico e espelho giratório), e umidificador associado.
- Fita métrica
- Transformador 110/220V
- Hastes com base sólida
- Fita adesiva prateada “Silver Tape”

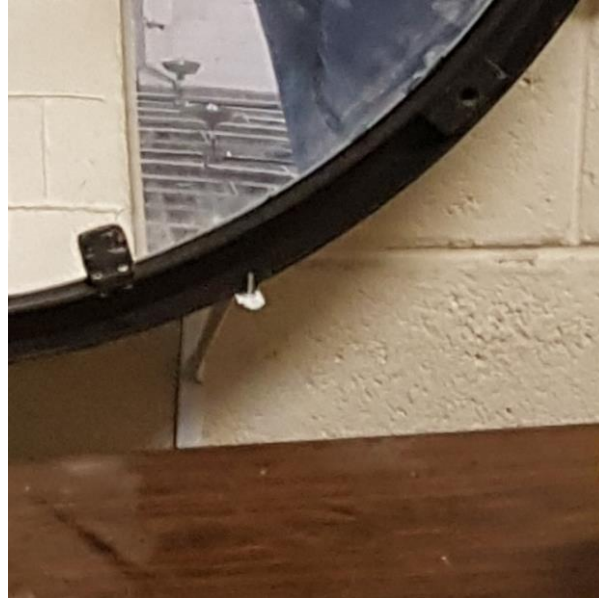
## Descrição

A primeira tarefa realizada foi a iluminação, para isso optamos por uma lâmpada holofote de sódio, para 220V, que alimentamos pelo transformador. Com uma furadeira e usando uma escada parafusamos a lâmpada acima do espelho de forma a iluminar ao longo do caminho que o espectador fará ao se aproximar do espelho. O resultado pode ser visto na figura 1. O motivo da escolha foi a disponibilidade da lâmpada, que era do professor.



Figura 1: Lâmpada holofote presa à parede

Em seguida, foi parafusado na parede o suporte para o espelho, utilizando duas mãos francesas, o resultado pode ser visto na figura 2. Depois disso, utilizamos álcool isopropílico para limpar a superfície empoeirada do espelho. O espelhamento (parte refletora do espelho) está localizado na superfície, por essa razão tomamos muito cuidado ao realizar a limpeza, iniciando em uma pequena parte e só depois passando para o todo por fim vimos que era seguro utilizar o álcool isopropílico para limpeza.



**Figura 2: Suporte do espelho e uma das mãos francesas de apoio dele.**

Posteriormente, marcamos o chão com a fita Silver Tape, fazendo marcas menores a cada 5cm e marcas maiores a cada 25cm, como pode ser visto na figura 3. Junto a essas marcas colocamos uma fita métrica para uma medição mais fina próxima do foco, onde julgamos ser a parte de maior interesse. Para a marcação da posição das imagens, foram desenvolvidas hastes móveis de base sólida, compostas por garrafas pet com areia, parafusadas em base de plástico, com uma haste arrebitada na tampa, conforme mostradas na figura 4. Essa ferramenta proporciona ao espectador analisar com maior precisão a distância entre o espelho e a imagem/objeto. Por último colamos na parede esquemas, semelhantes aos utilizados em livros texto de ensino médio, mostrando as posições e imagens respectivas de quando se estuda espelhos côncavos. Elas podem ser vistas na figura 5.



**Figura 3: Pedacos de fita marcadores de posição.**



**Figura 4: Hastes de base sólida**



**Figura 5: Imagens de posições perante o espelho**

Foi também desenvolvido um método, o primeiro de nosso conhecimento, para a prova experimental do método gráfico de Pierre Lucie para formação de imagens<sup>1</sup>. O método consiste em adaptar umas das hastes da figura 4 com um espelho plano, conforme pode ser visto na figura 6. O espelho plano é então colocado a  $45^\circ$  à distância  $f$  acima do foco do espelho côncavo, a partir desse ponto toda a luz que atingiria o espelho é refletida e a imagem é formada à frente, em oposição a atrás do espelho como se espera pelo método antigo. A ideia é mostrada na figura 7.

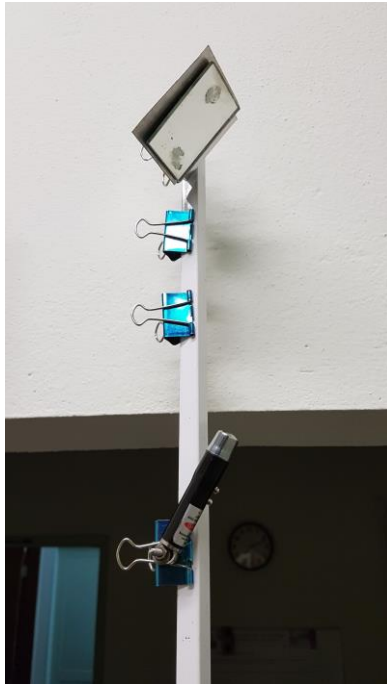


Figura 6: Haste com espelho plano e apontador laser

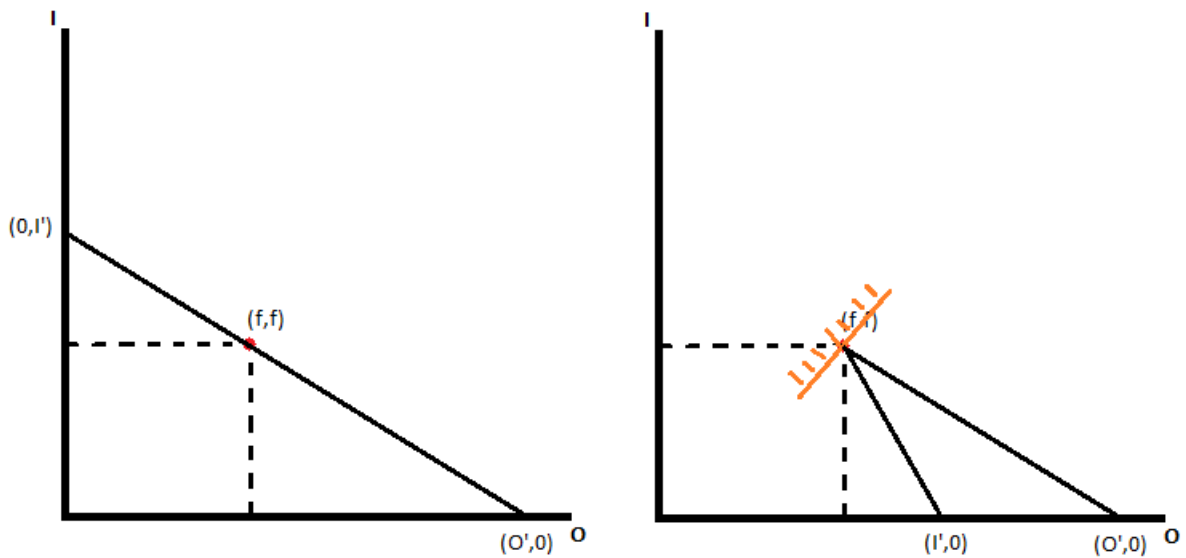


Figura 7: Esquerda: Determinação da posição da imagem segundo o método gráfico de Pierre Lucie.  
 Direita: Determinação da posição da imagem segundo nosso método experimental, baseado na colocação de um espelho plano.

Onde  $O'$  representa a posição do objeto,  $l'$  a posição da imagem e  $f$  a distância focal.

Um dos experimentos que se pode fazer nessa parte da exposição é uma caminhada até o espelho, onde o espectador verá inicialmente sua própria imagem invertida verticalmente, em seguida “explodindo” (preenchendo o espelho todo com um único ponto do objeto, correspondendo ao caso  $o = i = 2f$ ) e depois aparecendo na orientação correta, porém ampliada. Algumas das imagens formadas no espelho podem ser vistas na figura 8.



**Figura 8: Imagens vistas no espelho côncavo.**

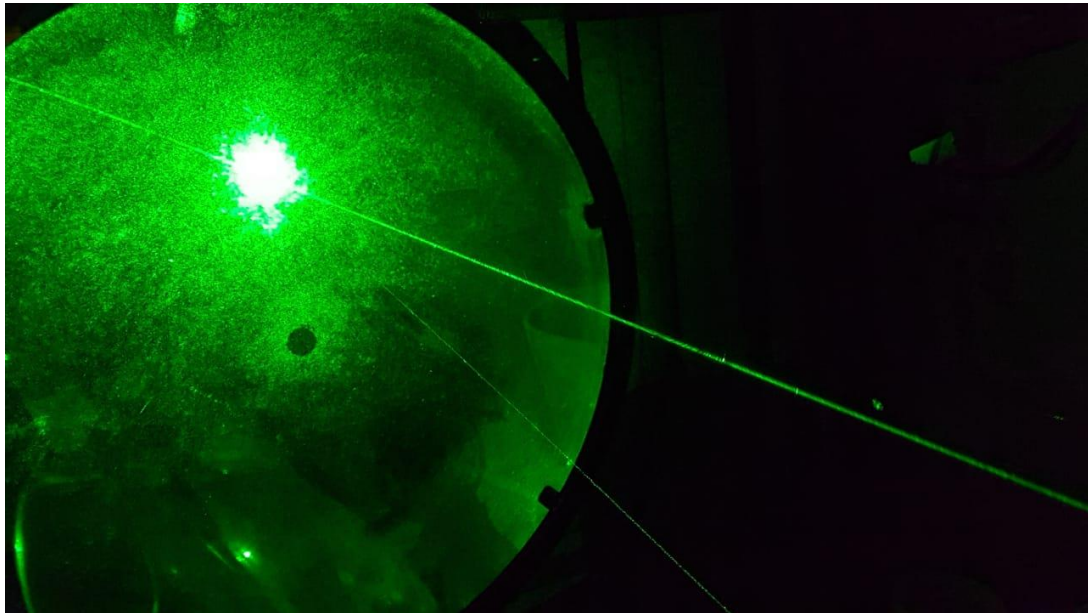
Ele também poderá comprovar o teorema de reciprocidade dos raios (que diz que se um objeto for posto no lugar da sua imagem formada, a imagem será formada no lugar onde o objeto estava anteriormente) através de uma certa posição, onde dois espectadores verão um ao outro “explodindo” dentro do espelho. Bastando para confirmar a experiência que os participantes troquem de lugar. A ideia por trás deste fenômeno é a de que a imagem do espectador que está atrás é formada dentro do olho do espectador que está à frente (e vice-versa) dando a impressão de “imagem explodindo”, similar à imagem formada quando o espectador se encontra sobre o foco do espelho, porém a origem do efeito é distinta. A realização do experimento pode ser vista na figura 9.



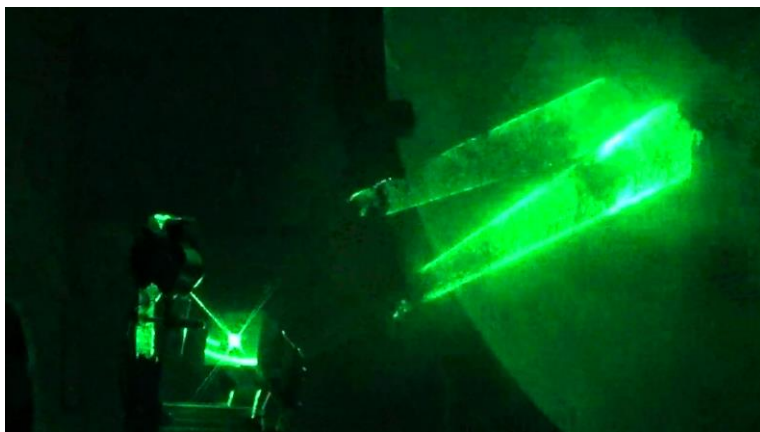
**Figura 9: prof. Lunazzi e seu doutorando testando o experimento de reciprocidade dos raios.**

Realizamos também experimentos com lasers, partindo de alguns testes com os raios notáveis, conforme visto na Figura 10, para então, com o aparato que emite um cone de luz laser, ao posicionar o cone de luz no foco do espelho, vemos um fenômeno muito interessante: as luzes que incidem no espelho por uma direção que passa pelo cone, são refletidas de maneira paralela ao espelho, produzindo assim um cone de luz, conforme visto

na Figura 11, se o visitante quiser ir mais além ele pode projetar a imagem utilizando um plástico, como uma sacola aberta, e verificar que é um círculo, se quiser ir ainda mais além, pode se colocar um espelho plano no lugar do plástico, fazendo assim incidir sobre o espelho um feixe de raios paralelos, ou seja, um cilindro, e ao final verá que se forma um cone , ou seja, todos os raios convergem para o mesmo ponto e esse ponto é conhecido como foco do espelho.



**Figura 10: Raio incidindo paralelamente ao eixo do espelho e sendo refletido de forma a atravessar o foco**



**Figura 11: Esquerda: Cone de luz. Direita: Aparelho gerador de cone de luz**



**Figura 12: Espelho plano usado para refletir o cone de luz de volta ao espelho côncavo**

Outro experimento que o espectador poderá realizar é o de encontrar, e focalizar, a imagem real de um objeto, formada à frente do espelho. Para isso ele irá dispor de um anteparo branco ou translúcido no qual ele irá procurar a imagem do objeto refletido pelo espelho, no nosso caso utilizamos o anteparo mostrado na figura 13, fornecido pelo professor Lunazzi. A ideia aqui é provar que a imagem realmente está se formando no lugar esperado, visto que não conseguimos enxergá-la através do ar. O resultado pode ser visto na figura 14.



**Figura 13: Anteparo utilizado para focalizar a imagem refletida**





**Figura 14: Esquerda: Caixa de CDs utilizada como objeto do experimento  
Direita: Imagem real da caixa de CDs focalizada no anteparo à frente do espelho**

### **Considerações Finais**

Este trabalho contribui de forma efetiva para a divulgação científica, visto que ficará disponível para visitas na exposição “Veja a luz como você nunca viu” , dando assim oportunidade que mais pessoas possam comprovar fenômenos relacionados a espelhos côncavos, além disso esperamos que desperte a curiosidade em visitantes, devido à beleza dos experimentos e ao tamanho do espelho.

### **Bibliografia**

<sup>1</sup>Método gráfico de Pierre Lucie para formação de imagens:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172018000200601](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172018000200601)