



## Fotografando com câmara escura de orifício: a óptica e o processo fotográfico na sala de aula

A fotografia é uma atividade com cerca de 150 anos que evoluiu rapidamente nos últimos anos, principalmente com o advento da fotografia digital, mas os princípios físicos envolvidos no processo de formação de imagens permanecem os mesmos desde o início.

Embora sua descoberta tenha utilizado diversas outras descobertas científicas que ocorreram em momentos distintos, atualmente podemos entender como funciona o processo fotográfico utilizando apenas dois princípios: o princípio da câmara escura de orifício, relacionado ao processo de formação de imagens, e o princípio da fotoquímica, que nos permite compreender como as imagens podem ser registradas.

Uma câmara escura é uma caixa ou outro recipiente qualquer com um orifício em uma face e uma janela revestida de material translúcido, como o papel vegetal, na face oposta (veja a Fig. 1).

Quando se aponta o orifício da câmara escura para um objeto bem iluminado, como por exemplo uma vela acesa, observa-se no anteparo fosco a projeção da imagem desse objeto.

A imagem formada pela câmara escura é invertida, e isso ocorre devido a uma

importante propriedade da luz, que é a propriedade de se propagar em linha reta. Sendo assim, o raio de luz que é emitido pela parte superior da vela passa pelo orifício da câmara escura e é projetado na parte inferior do anteparo. A imagem do objeto no anteparo é formada por todos os raios que partem da vela e atingem o anteparo (Fig. 2).

A câmara escura é o instrumento óptico mais simples que existe, pois forma imagens somente selecionando os raios de luz. Mas para se chegar à fotografia não bastava apenas o princípio da câmara escura, também era preciso saber como registrar as imagens.

A solução inicial para esse problema foi dada no final do século 18 com a descoberta da heliografia (gravura com a luz solar) pelo oficial da marinha francesa Joseph Nicéphore Niépce (1765-1833), posteriormente aprimorada por Louis Daguerre (1787-1851), cujo método ficou conhecido como Daguerreotípia, que foi sendo aperfeiçoado com o tempo até se chegar aos filmes que conhecemos hoje em dia.

Para se construir uma máquina fotográfica utiliza-se basicamente uma câmara escura de orifício para a formação de

**O funcionamento do processo fotográfico utiliza apenas dois princípios: o da câmara escura de orifício, relacionado ao processo de formação de imagens, e o da fotoquímica, que nos permite compreender como as imagens podem ser registradas**

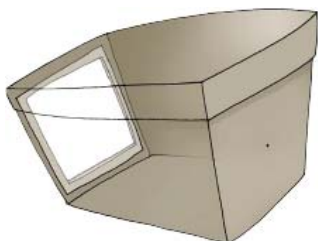


Figura 1. Câmara escura de orifício.

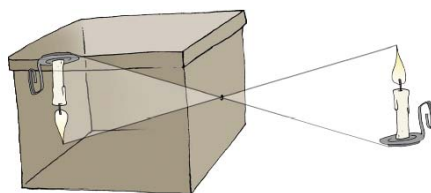


Figura 2. Imagem formada pela câmara escura.

.....  
**Carlos Eduardo Rossatti de Souza,**  
**João Ricardo Neves e**  
**Mikiya Muramatsu\***

Laboratório de Óptica, Departamento de Física Geral, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

\*E-mail: mmuramat@if.usp.br

.....

Nesse trabalho descrevemos de forma simples o procedimento adotado para montar um laboratório fotográfico de baixo custo utilizando princípios de óptica geométrica, em especial o princípio da câmara escura de orifício para formar e registrar imagens.

imagens, e o registro das imagens é feito através do processo fotoquímico, utilizando um filme ou um papel fotográfico. No nosso caso utilizamos papel fotográfico preto e branco.

O papel fotográfico preto e branco possui pequenos cristais de sais de prata (o mais utilizado é o brometo de prata), e eles são sensíveis à luz, ou seja, onde há incidência de luz ocorre uma reação de oxirredução, decompondo esse sal e fazendo com que a prata na forma iônica se transforme em prata metálica, que é escura, dando o contraste no papel fotográfico. Embora essa reação com a luz ocorra efetivamente, quando tiramos o papel fotográfico da câmara não se observa nenhuma imagem no papel, que é o que chamamos de imagem latente. Para que a imagem surja no papel fotográfico é necessário fazer a revelação, etapa na qual a imagem ficará evidenciada no papel formando o negativo fotográfico.

Agora vamos ver como é possível tirar uma foto utilizando uma câmara escura. A idéia é bem simples, já que temos um instrumento óptico que projeta imagens e temos meios de registrar essa imagem, seja com filme ou papel fotográfico.

Em uma máquina fotográfica convencional colocamos o filme para que a imagem seja registrada, enquanto a lente, que fica na frente do corpo da máquina, serve para projetar as imagens diretamente no filme. Com a câmara escura a idéia é a mesma, ou seja, ao invés de colocarmos um papel vegetal para a visualização da imagem, colocamos um papel fotográfico, e quando a imagem é projetada no papel fotográfico ela é registrada. Para entender como funciona o papel fotográfico, vamos imaginar que estamos tirando uma foto da zebra, como mostrado na Fig. 3a.

Em primeiro lugar, como o papel fotográfico é sensível à luz, o objeto a ser fotografado deve ser bem iluminado, e como a zebra da figura é bicolor, a parte clara refletirá muita luz, ou seja, sensibilizará o papel fotográfico. Já as partes escuras da zebra refletirão pouca luz, conforme mostra a figura. Após fotografarmos a zebra a foto ainda não está pronta, pois o filme deve ser revelado em um laboratório, e a imagem obtida no nosso caso é mostrada na Fig. 3b.

Essa imagem pode parecer estranha devido a inversão das cores e da posição da imagem, mas isso ocorre porque na primeira etapa do processo fotográfico o que obtemos é o negativo fotográfico. A imagem fica invertida, pois a imagem formada pela câmara escura é invertida, e a inversão das cores ocorre porque as regiões do papel fotográfico que são sensi-

bilizadas pela luz ficam escuras ao entrarem em contato com o revelador, enquanto as regiões que não foram sensibilizadas pela luz ficam claras. Por isso temos que fazer o positivo, ou seja, inverter a imagem obtida no negativo para voltarmos na imagem original do objeto que fotografamos (Fig. 3c).

Agora que temos o conhecimento teórico necessário, vamos montar o nosso laboratório.

### Construindo a máquina fotográfica

Você vai precisar de:

- 1 lata qualquer, que pode ser de tinta ou de achocolatado
- fita isolante
- tesoura
- papel cartão ou offset preto
- 1 pedaço de lata de alumínio
- 1 alfinete
- cola

### Instruções

1. Faça um furo grande, situado na meia altura da lata e entre as alças da mesma (Fig. 4a).
2. Encape-a internamente com papel

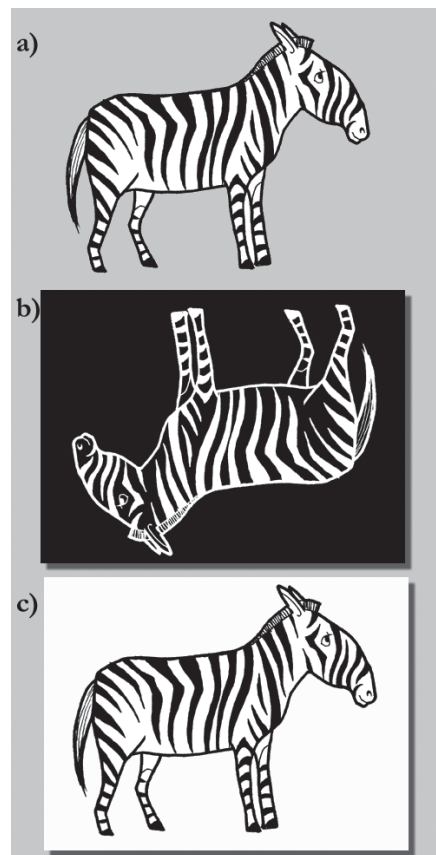


Figura 3. a) Objeto fotografado. b) Negativo do objeto fotografado. c) Positivo do objeto fotografado.

cartão preto, inclusive a parte interna da tampa (Fig. 4b).

3. Faça um furo no papel cartão que coincida com o feito anteriormente na lata. Com o alfinete, faça um furo bem pequeno no pedaço de alumínio. Você pode recortar um pequeno quadrado (1 cm<sup>2</sup>) de uma lata de refrigerante. O ideal mesmo é que esse furo seja feito com uma broca de 0,5 mm.

4. Cole o pequeno orifício sobre o furo da lata (Fig. 4c).

5. Fixe com fita isolante um pedaço de papel cartão sobre o pequeno orifício (Fig. 4d).

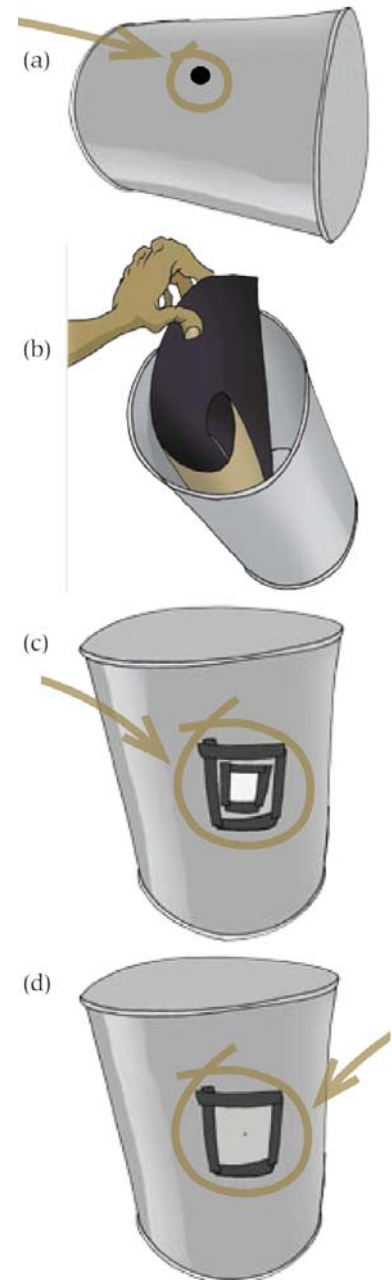


Figura 4. Instruções da construção da máquina fotográfica de lata.

6. Cole um pedaço de fita isolante na outra borda do papel cartão, dobrando a ponta da fita.

**Extra:** repita o processo com outra lata, mas faça um furo com prego em sua base e substitua a tampa por um papel vegetal. Está pronta uma câmara escura que pode ser utilizada para ver as imagens antes de fotografá-las.

### Montando o laboratório

Você vai precisar de:

- 4 cubas para processamento (bacias)
- 4 pinças
- Revelador
- Fixador
- Papel fotográfico preto e branco
- Recipientes escuros
- Lâmpada vermelha de baixa intensidade (25 W ou menos) e de boa qualidade

Para fazer o revelador e o fixador deve-se seguir as instruções no verso das embalagens. É importante guardar esses líquidos em recipientes escuros, pois isso propicia a eles uma durabilidade maior.

### Como preparar a máquina fotográfica

1. Em uma sala escura, utilizando apenas lâmpadas vermelhas, corte o papel em um tamanho adequado para a sua máquina.

2. Pegue um desses papéis e cole-o com fita adesiva na parede oposta ao orifício e tampe a lata.

É importante ressaltar que:

1. Qualquer manipulação com o papel fotográfico deverá ser feita no laboratório com somente com a lâmpada vermelha acesa.

2. A face brilhante do papel deve estar exposta dentro da lata, pois esta é a parte sensível à luz.

### Fotografando

1. Escolha a paisagem a ser fotografada.

2. Mire a lata para o local a ser foto-

grafado.

3. Fixe bem a lata, para que a foto não fique tremida.

4. Abra o cartão, tomando cuidado para não mexer mais a lata, e deixe-o aberto pelo tempo necessário.

5. Feche o cartão para finalizar sua foto.

Vamos enumerar aqui alguns cuidados que você deve tomar ao tirar sua foto.

- Sempre tire uma foto para testar qual é o tempo de exposição ideal. Este tempo pode variar de segundos a minutos, e caso isso não seja feito você corre o risco de perder muitas fotos.

- As fotos devem ser tiradas com o objeto sendo iluminado pelo sol. Evite tirar fotografias com o orifício voltado para o sol.

- Jamais trema ou mexa a lata enquanto estiver tirando a foto.

- Após tirar sua foto, não abra a lata em hipótese alguma. Ela deve ser levada para o laboratório para ser processada.

**Obs:** Em um dia ensolarado, o tempo de exposição é de cerca de 20 segundos; em um dia nublado, esse tempo pode variar entre 2 e 3 minutos ou mais, para uma câmara escura construída com uma lata de 3,6 l e com o orifício de 0,5 mm.

### Revelando a foto

Monte o laboratório colocando as bacias em uma ordem adequada (revelador, água, fixador). Use somente uma pinça para cada bacia, pois a mistura de fixador no revelador pode inutilizá-lo.

Para revelar a sua foto siga os seguintes procedimentos:

1. Utilizando somente a lâmpada vermelha, abra a lata e retire o papel fotográfico.

2. Coloque o papel primeiro no revelador.

3. Deixe o papel no revelador durante 2 minutos, passando-o em seguida para a água, onde ele deve ficar por 1 minuto.

4. Passe o negativo para o fixador e



Figura 6. Papel fotográfico colado na parte interna da lata, oposto ao pequeno orifício. Deve ser colocado na escuridão ou com luz ambiente vermelha, pois o papel só pode ser manipulado sob essa iluminação.

deixe-o por aproximadamente 2 minutos.

5. Lave o negativo, se possível em água corrente, para eliminar todos os resíduos químicos.

6. Seque a foto e ela estará pronta.

O que você obteve foi o negativo fotográfico, que é a primeira etapa do processo fotográfico. Para se obter o positivo, deve-se proceder conforme as instruções a seguir.

### Fazendo o positivo

1. Dentro do laboratório, utilizando somente a lâmpada vermelha, pegue um papel que ainda não foi exposto à luz e coloque-o sobre a mesa com a face sensível à luz voltada para cima.

2. Coloque o negativo seco, com a face virada para baixo, por cima do papel que ainda não foi exposto à luz e cubra-os com uma placa de vidro ou de plástico transparente.

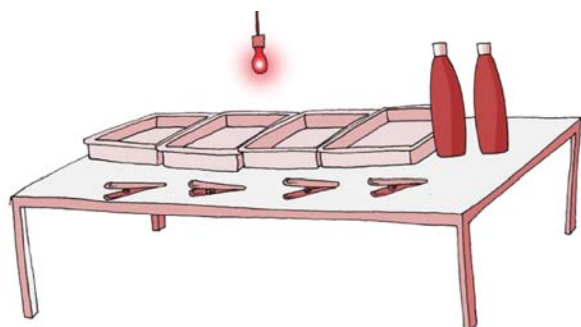


Figura 5. Montagem do laboratório.



Figura 7. Escolha da paisagem e fixação da máquina fotográfica.



Figura 8. Abra o cartão para que o papel seja exposto à luz. Feche o cartão para finalizar a foto e evitar exposição excessiva.

3. Cubra a placa com papel vegetal.
4. Jogue um *flash* de luz incandescente sobre o aparato. Você pode utilizar um soquete e uma lâmpada incandescente de baixa potência (40 W). O tempo que a lâmpada deve permanecer acesa é, geralmente, menor que 1 segundo, por isso tome muito cuidado.
5. Retire o papel debaixo do negativo e revele-o da mesma forma que o negativo foi revelado para obter a foto da cena fotografada.

Uma outra forma de se obter o positivo é escanear o negativo e, através de um programa adequado, inverter as cores e a posição da imagem, obtendo dessa for-

ma a imagem do objeto fotografado.

### Resultados

A seguir estão alguns dos resultados obtidos (negativo e positivo) utilizando essa técnica. As fotos foram feitas utilizando um galão de tinta de 3,6 l e com um orifício de 0,5 mm. Lembramos também que o papel fotográfico pode ser de qualquer marca e, ao ser comprado, o vendedor deve indicar qual o revelador e o fixador adequados.

### Agradecimento

Os autores agradecem Paulo Ito pelas ilustrações do artigo.



Foto tirada por João Ricardo Neves. Quem aparece na foto é um dos autores do artigo, Carlos Eduardo Rossatti de Souza.

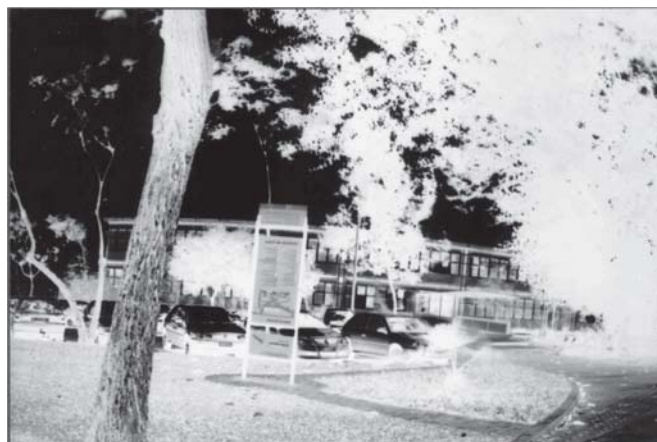


Foto da Ala I do IF-USP feita por Carlos Eduardo Rossatti de Souza.

### Para saber mais

- <http://www.cotianet.com.br/photo/>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Pinhole\\_camera](http://en.wikipedia.org/wiki/Pinhole_camera)  
 M.A.V. Mazzini, Revista de Ensino de Ciências **5**, 35 (1982).  
 R. Meineck e S.D. Arribas, Cad. Cat. Ens. Fis. **3**, 46 (1986).  
 E. Hecht e A. Zajac, *Óptica* (Editora Calouste

- Gulbenkian, Lisboa, 2002), 2ª ed.  
 P.G. Hewitt, *Física Conceitual* (Editora Bookman, Porto Alegre, 2002), 9ª ed.  
 A. Gaspar, *Física 2: Ondas, Óptica, Termodinâmica* (Editora Ática, São Paulo, 2000), 1ª ed.  
 M. Chiquetto, B. Valentim e E. Pagliari, *Aprendendo Física v. 2* (Editora Scipione, São Paulo, 1996), 1ª ed.  
 F.M. Peruzo e E.L. do Canto, *Química na Abor-*

- dagem do Cotidiano v. 3* (Editora Moderna, São Paulo, 1998), 2ª ed.  
 A.M. Salles, *Química Inorgânica 1* (Editora Sol, Coleção Objetivo, 1996), Livro 13.  
 D.N. da Silva, *Física para o Ensino Médio* (Editora Ática, São Paulo, 1999).  
 C.E.R. Souza e J.R. Neves, *Manual de Fotografia com Latas* (Cientec/USP, São Paulo, 2003), disponível em [www.cientec.usp.br](http://www.cientec.usp.br).