

## O ASTRÔNOMO - VERMEER

Professores das disciplinas de Biologia e História e Sociologia discutem e apresentam uma proposta de atividade interdisciplinar sobre o documentário

*O Astrônomo* - Johannes Vermeer, que mostra um pouco da apurada técnica de Vermeer, pintor holandês do século XVII famoso pelas suas composições de cores transparentes. O documentário apresenta as 34 telas do artista, obra completa de um pintor que dedicou a maior parte do seu trabalho aos ambientes internos.

### CONSULTORES

*Professora Ana Lúcia Calzavara - Arte*  
*Professora Jaqueline T. Krebs - Física*  
*Professor José Roberto Lima Miranda - Matemática*

### TÍTULO DO PROJETO

*Desenhar com a luz: transformando a experiência em uma obra de arte.*

**❖ MATERIAL NECESSÁRIO PARA REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE:**

Todo o material para a construção da câmera escura será listado item a item nos modelos “relatório de experiência” que seguem abaixo (Matemática e Física).

**❖ PRINCIPAIS CONCEITOS QUE SERÃO TRABALHADOS EM CADA DISCIPLINA****➔ ARTE**

Representação do espaço: perspectiva linear e perspectiva empírica

- Máquinas e ferramentas de desenho: câmera escura
- Breve história da câmera escura como princípio da fotografia
- Pintura flamenga/ pintura italiana
- Arte e tecnologia (a tecnologia como meio expressivo)

**➔ FÍSICA**

Princípios da propagação retilínea da luz.

- Óptica da visão.
- O comportamento das lentes convergentes e divergentes.
- Processo de fixação da imagem no papel.
- O avanço da tecnologia na fotografia e sua utilização em larga escala nos dias de hoje.

**➔ MATEMÁTICA**

- Proporção - ampliação e redução de figuras;
- Semelhança de triângulos;
- Escala;
- Ângulos formados por retas paralelas cortadas por uma transversal;
- Construção de eixos cartesianos;
- Medidas – área e perímetro;
- Porcentagem.

## ❖ DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE

### *Principais etapas e estratégias para trabalho interdisciplinar sugerido*

O trabalho poderia começar com a introdução ao tema nas aulas de arte. Depois de assistido o documentário, as áreas de matemática e física entrariam no corpo da atividade – que é a construção de uma câmera escura como ferramenta de desenho (que pode se desdobrar em uma atividade complementar – a câmera escura como câmera fotográfica).

### Arte

O vídeo nos apresenta uma excelente oportunidade para trabalhar com a representação do espaço e ferramentas que auxiliaram os artistas nessa tarefa ao longo da história, como, por exemplo, a câmera escura.

É muito comum ouvirmos frases como: “É um desenho perfeito, parece uma fotografia!”, ou “ele (a) desenha tão bem, é tão real, usa até perspectiva!”. Vamos verificar que essas afirmações se devem muito a um conceito de desenho bastante solidificado em nossa cultura que vem de há muitos séculos, e que denota o vínculo profundo entre arte e ciência (sobretudo a matemática e a física).

O professor poderia abordar o conceito da câmera escura levantando o tema com seus alunos: - Eles já ouviram o termo? Saberiam explicar o que é? Quando foi inventado? Para que servia? Quem a utilizava? Já ouviram falar num pintor chamado Johannes Vermeer?

Em seguida, poderia propor aos alunos que assistam ao documentário.

Depois de que as perguntas colocadas nesse primeiro momento tiverem sido esclarecidas, o professor poderia introduzir um outro conceito, indissociável à câmera escura, a perspectiva. Esta, como procedimento científico, também se estabelece e se difunde a partir do Renascimento. Mas, é preciso lembrar, que as experiências e cálculos nessa área já vinham sendo elaborados desde há muito tempo (cultura árabe, Al-Hazem). Muitas vezes, mesmo no Renascimento, o cálculo tinha base em uma matemática mais experimental que estrutural (hoje, mais utilizado). Lembremo-nos da cúpula de Florença, construída por Brunelleschi, que conseguiu projetar sua estrutura, mesmo sem ter utilizado cálculos matemáticos que ainda não haviam sido desenvolvidos. É claro que essa experiência se dava graças à muita observação e estudo. Os homens do Renascimento, tais como Alberti, Brunelleschi, Leonardo, eram leitores de Plínio, Cícero, Vitruvius, Euclides, e, sobretudo, de Al Hazem. É verdade que a perspectiva, como *método aplicável*, é fruto das investigações do próprio Brunelleschi. Porém, é no *De pictura*, de Leon Battista Alberti, que “tem-se a primeira aplicação racional e coerente de uma teoria empírica da visão humana à arte e à técnica da pintura qualquer que tenha sido a contribuição precisa de Brunellechi.”<sup>1</sup>

Essa perspectiva, construída a partir de técnicas matemáticas, ficou conhecida como **perspectiva linear, matemática ou científica**, como forma de distinguir-se daquilo que se fazia até então, uma **perspectiva mais intuitiva ou empírica**. O que diferia os dois modos era a

<sup>1</sup> Kossovitch, Leon in *Da Pintura*. ALBERTI, Leon Battista.

introdução, na perspectiva linear, do “olhar fixo do pintor fora do quadro e o ponto de fuga no seu fundo.”<sup>2</sup>

Ainda é bom destacar que, mesmo durante o Renascimento, a perspectiva linear foi utilizada por muitos artistas, porém, não foi o único modo de se construir o espaço pictórico. A pintura flamenga (na qual Vermeer se insere), por exemplo, é um ótimo exemplo para ilustrar esse fato. Embora alguns artistas do norte, como Dürer, conhecessem e admirassem o método italiano, o principal recurso empregado por esses pintores para se conseguir uma unidade espacial no quadro era a **luz** e não somente um sistema de ordenação racional. As obras de Van Eyck, por exemplo, são exemplos disso: a intrínseca relação entre os elementos do quadro e o naturalismo alcançado em pinturas como *O casal Arnolfini* não advém da perspectiva linear. Muitas vezes, a perspectiva matemática confere uma rigidez e um artificialismo (causados pelo rigor geométrico), que, ao invés de contribuir para o realismo desejado, afastam-no dele. É o caso de Paolo Uccello, cujas laboriosas composições, admiráveis por sua complexidade e beleza, são fruto de uma profunda pesquisa matemática.

No caso específico de Vermeer, o documentário nos mostra como ele, homem do XVII, já, portanto, herdeiro desse conhecimento consolidado, vai, em suas pinturas, mesclar elementos de ordem mais científica com outros, de ordem mais perceptiva. Além disso, faz parte da grande tradição da pintura flamenga, e, como tal, é um mestre ao trabalhar a luz e a cor.

### Proposta interdisciplinar

#### Sugestão de atividade: “Máquinas de perspectiva” - brincando com a perspectiva e a percepção espacial

A idéia é que os professores de arte, matemática e de física trabalhem conjuntamente, propondo aos alunos a construção de uma câmera escura.



**Câmera escura:** Através da construção e da utilização desse experimento, os alunos poderão se aproximar do entendimento dos mecanismos de visão utilizados, e de sua “explicação” científica. Ou seja, vão reunir o método empírico e teórico.

<sup>2</sup> Sevcenko, Nicolau. *O Renascimento*, p. 31.

Podemos dizer que a câmera escura é a versão primeira da câmera fotográfica e foi um objeto criado no Renascimento italiano (séc. XV) e muito usado como auxiliar nas composições dos artistas a partir de então, como é o caso de Vermeer.

Ainda que o princípio físico da câmera escura fosse conhecido desde há muito tempo antes do Renascimento, foi só a partir daquele momento que começou a se relacionar com a arte, sobretudo, depois dos estudos sobre o olho e da luz realizados por Leonardo da Vinci. Suas especulações e experimentos acerca da formação das imagens visuais a aprofundar o estudo do funcionamento da visão, o comportamento da luz e das leis da perspectiva geométrica relacionadas com a prática da pintura. Sua invenção ajudou aos artistas a entenderem os mecanismos da visão (óptica) e, conseqüentemente, a construção, em suas pinturas, do espaço tridimensional. Com a invenção da fotografia (XIX), essa necessidade é questionada e outros interesses surgem no campo da pintura (como, por exemplo, as novas propostas de conceito do espaço que permeiam grande parte da produção pictórica do século XX).

O princípio básico de ambas (câmera fotográfica e escura) é o mesmo: a luz refletida por um objeto projeta sua imagem no interior de uma câmera escura a partir de um orifício para a entrada da luz. A diferença é que na câmera fotográfica, as imagens que eram obtidas com a câmera escura, puderam ser fixadas através de um processo químico, e, conseqüentemente, não tinham que ser “traduzidas” através do desenho ou da pintura.

O importante, nessa atividade, é ressaltar seu **caráter híbrido** (uma ‘arte exata’ e, ao mesmo tempo, uma ‘ciência artística’).

Por fim, a experiência pode dar margem à outra reflexão importante. A câmera escura, sendo a propulsora para as mudanças ocorridas a partir do séc. XIX, (com o advento de sua herdeira direta, a fotografia), que desembocaram em nosso tempo atual. É bom ressaltar com seus alunos que a fotografia é uma fusão de ações sensíveis (o olhar) e objetivas (o uso dos recursos técnicos da câmera), *portadora de uma herança artística (via câmera escura), de um vetor científico (no uso de lentes de telescópio e microscópio) e de uma lógica industrial (contemporânea às demais mudanças advindas com a Revolução Industrial, ela será a mola propulsora do cinema e das transformações das técnicas de reprodutibilidade da imagem: procedimentos fotomecânicos, fotodigital, até chegar, hoje, na imagem virtual).*

A experiência com a câmera escura pode ser aproveitada de duas maneiras:

2.1: a câmera escura como ferramenta de desenho (como no caso de Vermeer)

2.2: a câmera escura como câmera fotográfica: neste caso, o procedimento vai ser explicado logo abaixo, no relatório de experiência proposto pelo professor de Física.

O professor de matemática, nesta ficha, versará sobre a primeira função, enquanto a parte destinada à Física fará uma explanação mais detalhada sobre o funcionamento da segunda.

Para o professor de arte é importante comparar esses resultados, apontando as especificidades das duas experiências. Mesmo desenhando com um instrumento científico ou fotografando, o aluno vai perceber que a câmera, em ambos os casos, *é um meio e não um fim em si*. A inventividade, o rigor, a capacidade de tecer relações e a qualidade do olhar de cada aluno (que se deve a uma conjunção de fatores diversos, tais como a prática, a carga cultural, ou simplesmente uma propensão natural, entre outros) são decisivos na formação dessas imagens.

### Matemática

Durante a construção da câmera escura como instrumento de desenho, por parte do professor (a) de Física, será pedido que seja desenhado um par de eixos cartesianos (escala de 0,5 cm) em uma folha de papel vegetal, que servirá como anteparo, para identificar o comprimento da imagem (desenho).(ver: figura 1 e figura 1.1)

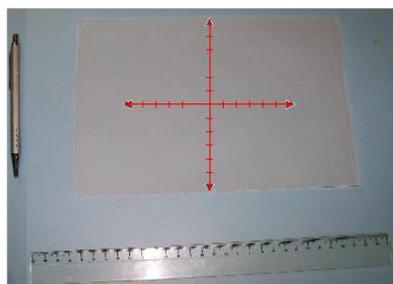


Figura 1



Figura 1.1

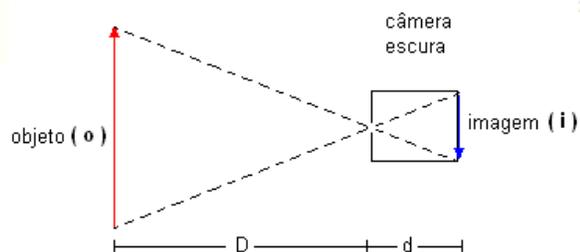
Após a construção da câmera daremos o enfoque matemático sobre a propagação retilínea dos raios de luz. (ver figura 2.1 e figura 2.2)



Figura 2.1

Utilizando a câmera escura para medir a altura do professor

VISÃO LATERAL



$$\frac{o}{i} = \frac{D}{d}$$

D - distância real (objeto até a câmera)

d - distância focal (orifício até o papel vegetal)

Figura 2.2

O professor de matemática utilizará os conceitos sobre ângulos formados por retas paralelas cortadas por uma transversal (objeto e imagem paralelos e o feixes de luz a reta transversal) para demonstrar a proporção entre as figuras planas (triângulos) apresentadas no desenho e logo em seguida apresentará a relação de semelhança entre os triângulos: ângulos congruentes e lados homólogos. (ver figura 3.)

Enfoque matemático

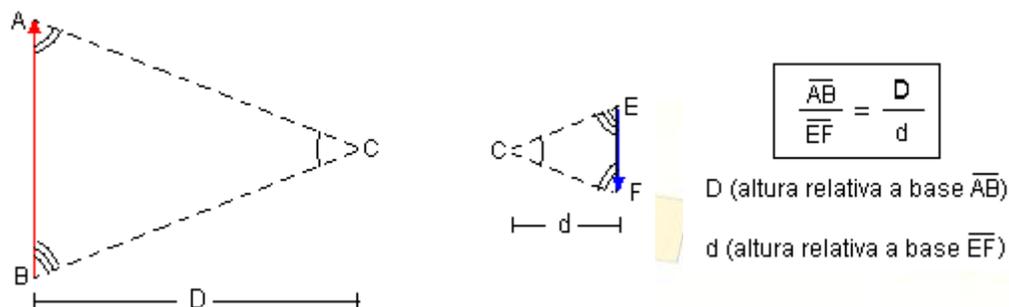


Figura 3

Obs. Nesse momento poderá ser introduzida a razão de semelhança entre áreas de figuras planas.

$$\frac{\text{Área do triângulo ABC}}{\text{Área do triângulo CEF}} = \left(\frac{D}{d}\right)^2$$

## RELATÓRIO DE EXPERIÊNCIA

### 1. Título

Câmera escura como instrumento de medida.

### 2. Objetivo

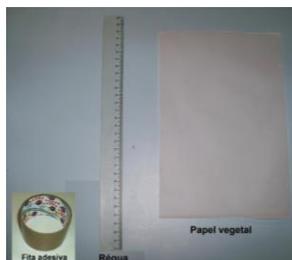
Utilizar a câmera escura como instrumento de medida, a partir da imagem projetada no anteparo (papel vegetal) para cálculos de medidas inacessíveis.

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1. Material para construção da câmera escura como objeto de desenho

- Lápis e caneta;
- Borracha;
- Régua;
- Lente de binóculos convergente (opcional)
- Papelão ou isopor

- Clipes (opcional)
- Caderno e folhas avulsas de papel;
- Quadro negro e giz (branco e colorido);
- Caixa de sapatos com tampa;
- Trena de 10m a 20m ou barbante
- Tesoura ou estilete
- Canetas coloridas tipo hidrocor
- Fita adesiva;
- Papel vegetal



A lente apresentada faz parte de um binóculo



### 3.2. Construção da câmera escura como instrumento de medidas

- 3.2.1. Fazer um orifício (buraco) pequeno na parte frontal da caixa (na face menor), caso utilize a lente convergente o orifício tem que ser do mesmo tamanho que a lente;



- 3.2.2. Recortar da caixa, na parte oposta a do orifício um retângulo de aproximadamente 15cm x 7cm (conforme tamanho da caixa) para visualizar a imagem.



- 3.2.3. Utilizando lápis, régua e tesoura ou estilete construir e dimensionar uma moldura de papelão ou isopor (...) para colocar o papel vegetal na parte interior da caixa.

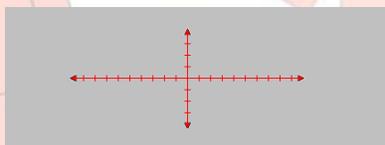


Moldura de papelão

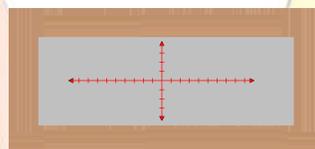


Moldura de isopor

- 3.2.4. Desenhar um par de eixos cartesianos, numa escala de 0,5 cm, no papel vegetal para colar na moldura.



eixos cartesianos no papel vegetal



papel vegetal na moldura

- 3.2.5. Ajustar a moldura no interior da caixa de modo a movimentá-la para localizar a melhor visualização da imagem ou seja o foco.



- 3.2.6. A câmera escura de orifício como instrumento de medidas está pronta



Agora que a câmera escura está pronta vamos realizar a atividade em que teremos que calcular a medida da altura, comprimento ou até mesmo a área de um objeto, de preferência um objeto inacessível.

### 3.3. Métodos e Procedimentos:

1. O estudante deverá ajustar o foco da câmera, deslocando a moldura dentro da caixa para melhor visualização do objeto;
2. Utilizando uma trena ou um barbante com varios nós distanciados de um metro (melhor distância de 20m a 30m do objeto).
3. Identificados o foco da câmera e distância do objeto o estudante começa a fazer as suas anotações, como:
  - a)  $D$  – distância do objeto até a câmera escura;
  - b)  $d$  – distância focal (do orifício até a moldura , no interior da câmera), para isso utilizará a régua;
  - c) Tamanho da imagem – refletida no papel vegetal com os eixos cartesianos com escala de 0,5 cm.
  - d) Agora é só utilizar as regras de semelhança de triângulos, proporcionalidade e escala.
  - e) Pronto o resultado nos dará o tamanho do objeto a ser medido.
  - f) Dependendo do objeto podemos calcular o percentual de erro, que não deve ultrapassar os 5%.

### Física

Os alunos, após terem assistido o vídeo na aula de Arte, serão questionados sobre a física existente nas obras de *Johanne Vermeer*.

O professor apresenta para os alunos, duas câmeras escuras de tamanhos diferentes, juntos passam a investigar a nitidez da imagem e as relações entre o tamanho da imagem obtida, a dimensão da câmera e sua posição em relação ao objeto.

A partir desse momento, o professor deve abordar os conceitos físicos da óptica geométrica, em particular, **o princípio da propagação retilínea**. Ele é quem justifica o funcionamento da câmara escura de orifício.

Também se propõe uma atividade experimental, com o objetivo de transformar a câmera escura em uma máquina fotográfica.

A proposta é organizar os alunos em equipes de no máximo quatro componentes. O professor entrega aos grupos um relatório descritivo das atividades que devem ser executadas, conforme modelo abaixo. O ideal é fazer a leitura em sala de aula, para que os alunos tenham o direcionamento das ações.

Modelo do relatório:

## RELATÓRIO DE EXPERIÊNCIA

### 1 Título

Máquina fotográfica

### 2 Objetivo

Compreender o funcionamento do processo fotográfico utilizando 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.

### 3 Materiais e Métodos

#### 3.1 Materiais para a construção da câmera

- Uma lata vazia de leite em pó (12 cm de altura e 10 cm de diâmetro) com tampa (pode ser lata de tinta ou de achocolatado);
- Um Prego fino;
- Um Martelo;
- Tinta preta fosca (pode ser em spray);
- Pincel (opcional);
- Uma tesoura;
- Um rolo de fita isolante;
- Um rolo de fita adesiva;
- Um alfinete ou agulha;
- Um pedaço de lata de alumínio de refrigerante.

#### 3.2 Materiais para o laboratório

- 4 bandejas de plástico (25 x 30 x 8cm)
- 4 pinças de bambu;
- Varal
- Pregadores de roupas de plástico
- Revelador \*;
- Fixador \*;

- Papel fotográfico preto e branco;
- 2 frascos escuros para guardar os químicos;
- Lâmpada vermelha de 20 W;
- Lâmpada incandescente de 60 W;
- 1 lâmina de vidro do tamanho do papel fotográfico ou maior.

\* O revelador e o fixador você pode comprar pelo site: <http://www.consigo.com.br/home.php>

### 3.3 Construção da Câmera

1. Limpar a lata por dentro, para garantir a adesão da tinta e da fita adesiva.
2. Utilizando o prego e o martelo, faça um furo de aproximadamente 3 milímetros na lateral da lata.
3. Com auxílio do cabo do martelo ou de outro objeto, bata pelo lado de dentro da lata para eliminar as rebarbas do furo.
4. Em seguida, com fita isolante, cole um pequeno pedaço de alumínio pelo lado de fora da lata, vedando o furo feito com o prego.
5. Pinte por dentro com tinta preta fosca.
6. Faça um furo com a ponta do alfinete no alumínio. Por esse furo é que entrará a luz que produzirá a fotografia. Se ele for muito grande a foto perderá a nitidez.
7. Cole pelo lado de fora da lata, sobre o furo, um pequeno pedaço de fita isolante. Ela evitará a entrada de luz na câmera, devendo ser retirada somente no momento de fotografar.
8. Leve a lata para o laboratório.

### 3.4 Adaptação do laboratório fotográfico

O laboratório é um local escuro, por isso, escolha um ambiente com uma pia ou um reservatório de água de 20 ou 30 litros para a lavagem final das fotos. Vede bem as janelas e frestas da porta com cortinas, cobertores, cartolinas grossas ou coisas similares.

Instale a lâmpada vermelha a uma distância de aproximadamente um metro do local (mesa ou carteira), onde será feita a revelação das fotos.

### 3.5 Fixação do papel fotográfico na lata

1. Qualquer manipulação com o papel fotográfico deverá ser feita no laboratório somente com a lâmpada vermelha acesa.
2. Uma equipe de cada vez, acompanhada pelo professor, entrará na sala para montarem suas câmeras. A montagem consiste na fixação do papel fotográfico na lata.
3. Retire as folhas de papel fotográfico da caixa e do envelope e corte-as no tamanho necessário para encaixar na lata.
4. Enrole pequenos pedaços de fita adesiva e cole-os na parte de trás do papel. É importante notar que na parte de trás do papel existem pequenas marcas impressas, bem fraquinhas, com o logotipo do fabricante (Kodak, Fuji, etc.). A outra face é a que deverá ficar exposta à luz que entrar pelo furo, ou seja, a face brilhante do papel deve estar exposta dentro da lata, pois esta é a parte sensível à luz.

- Abra a lata e cole o papel no interior, do lado oposto ao orifício, fechando a lata em seguida (figura 1).



**Figura 1** Observe a fixação do papel fotográfico na lata.

Fonte: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a05.pdf>

### 3.6 Como tirar a foto

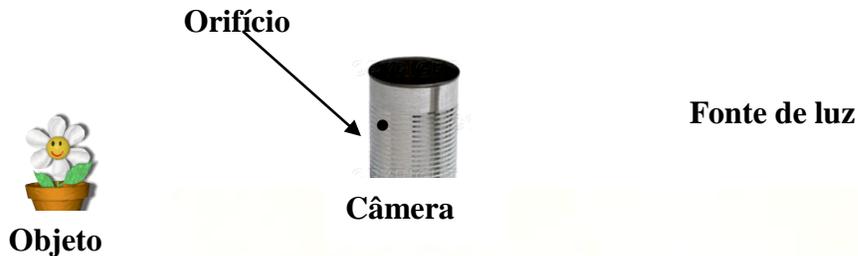
- Escolha a paisagem a ser fotografada e mire a lata para o local (figura 2).



**Figura 2** Apóie a lata em uma superfície fixa, para que a foto não fique tremida.

Fonte: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a05.pdf>

- Quanto às condições de iluminação, recomenda-se que a câmera seja colocada com o orifício voltado para o objeto, e o outro lado voltado para a fonte de luz. (figura 3). Sendo que a luz que importa para fazer a foto é aquela refletida pelo objeto e não a que vem direto da fonte, sol ou lâmpada.



**Figura 3** A câmera deve estar entre objeto e a fonte de luz.

3. Abra o orifício por 20 segundos, em um dia ensolarado, em um dia nublado, esse tempo pode variar entre 2 e 3 minutos ou mais.
4. Feche o orifício com a fita isolante para finalizar a foto.
5. Após tirar a foto, mantenha o orifício fechado e só abra a lata quando estiver dentro do laboratório fotográfico, ao abrigo da luz. O passo seguinte é a revelação.

### 3.7 Revelação da imagem no papel fotográfico

1. Prepare, em dois recipientes, uma solução de revelador e outra de fixador, seguindo as instruções das embalagens desses produtos. É importante guardar esses líquidos em recipientes escuros, pois isso propicia a eles uma durabilidade maior.
2. Organize o laboratório de acordo com a figura 4 abaixo.

Varal para penduraras fotos após a revelação e pregadores de roupa feitos de plástico.

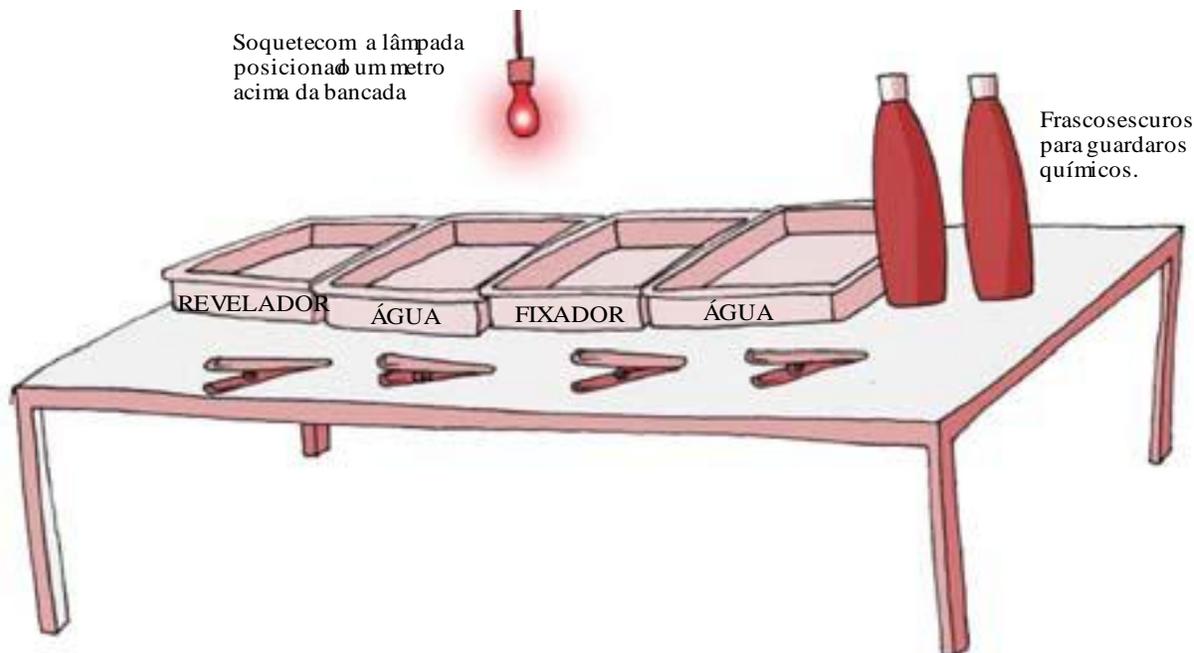


Figura 4 Fonte: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a05.pdf>

3. Utilize somente uma pinça para cada bandeja, pois a mistura de fixador no revelador pode inutilizá-lo.
4. Abra a lata e retire o papel fotográfico somente sob a lâmpada vermelha.
5. Coloque o papel fotográfico na solução reveladora com o lado mais brilhante voltado para cima. Mova o papel lentamente e observe o aparecimento da imagem. Não deixe muito tempo, pois senão a imagem ficará muito escura.
6. Deixe o papel no revelador durante 2 minutos, passando-o em seguida para a água, onde ele deve ficar por 1 minuto.
7. Passe o papel fotográfico para o fixador e deixe-o por aproximadamente 2 minutos.
8. Lave-o em água corrente para eliminar todos os resíduos químicos.
9. Em seguida, pendure no varal.

Observação: quem disponibilizar de um laboratório com ampliador, pode optar por trabalhar com o negativo (filme) ao invés do papel fotográfico. É só substituir o papel pelo filme, na hora de preparar a câmera para fotografar. Neste caso, o procedimento final seria o de, após revelar o filme (procedimento igual ao do item 3.7), ampliá-lo num papel fotográfico no tamanho desejado com o uso do ampliador.

Concluído o experimento, é interessante realizar em sala de aula uma discussão sobre os resultados obtidos, é o momento de aprofundar os conceitos da *Óptica Geométrica*, tais como a natureza da luz e sua representação geométrica, a classificação dos meios, a propagação retilínea da luz e suas implicações, a reversibilidade e a independência dos raios de

luz. Esta parte introdutória dará suporte para o aluno compreender a formação de sombra e penumbra, a ocorrência dos eclipses e o funcionamento da câmera escura.

Convém destacar, que é através princípio da propagação retilínea da luz que temos uma imagem projetada, ou seja, real num anteparo e invertida que, em função do diâmetro do furo, dá-se prioridade a profundidade de campo (nitidez) ou a abertura cromática (cores) tal como uma máquina fotográfica a qual é a própria câmara escura.

O olho humano pode ser considerado uma câmara escura sendo o orifício a pupila e o papel vegetal a retina onde na mácula mais precisamente na fóvea encontram-se as células fotoreceptoras que decodificam a imagem enviando esse sinal ao cérebro; por isso que nós vemos com os olhos, mas enxergamos com o cérebro.

*Com isso professor pode recomendar uma pesquisa bibliográfica, baseando-se na investigação de alguns temas, como por exemplo:*

- O funcionamento do olho humano e as ametropias, identificando as mais comuns na sua região.
- A função e os tipos de lentes corretivas para as deficiências visuais.
- A invenção da fotografia e sua utilização em larga escala nos dias de hoje.
- Fotogramas e as reações físico-químicas que garantem a fixação da imagem no papel.
- O princípio de funcionamento das máquinas digitais.
- Instrumentos ópticos.

Após a pesquisa bibliográfica, os alunos podem apresentar para escola através de um seminário, os resultados do seu trabalho. Como se trata de um trabalho interdisciplinar, a organização de uma mostra, com as fotografias tiradas pelos alunos, seria fundamental para o projeto. Ao professor de arte, caberia, já diante das imagens produzidas pelos alunos, conduzir uma reflexão final sobre a natureza dessas imagens como formas de representação do real. É importante destacar que, como toda forma expressiva, trata-se, antes de mais nada, de representações, portanto, todas são relativas (mesmo se tratando da fotografia), pois dependem de um olhar prévio (aliado a uma técnica) e, esse olhar, sempre traz consigo um ponto de vista – aquele proposto por seu observador.

### ❖ ETAPA INTERDISCIPLINAR

*Projeto - Desenhar com a luz: transformando a experiência em uma obra de arte.*

### ❖ RESUMO DA ATIVIDADE

*Uma passadinha rápida em todo o processo*

- introdução do tema da câmera escura nas aulas de arte: colocação de perguntas;

- passar o documentário “O Astrônomo - Johanne Vermeer”;
- discutir o que pode ser observado no vídeo sobre a presença da matemática e da física nas obras de *Joahhne Vemmer*;
- discutir os conceitos relacionados a Vermeer nas aulas de arte: perspectiva matemática e perceptiva; arte flamenga/arte italiana; câmera escura como instrumento artístico (desenho); câmera escura como primórdio da câmera fotográfica; arte x tecnologia.
- proposição da construção da câmera escura como instrumento de medida;
- utilização da câmera escura com instrumento de medidas (aulas de arte, matemática e física);
- cálculo de medidas de objetos inacessíveis com o auxílio da câmera escura .

atividade complementar:

- Nas aulas de Física: discussão sobre a presença da Física nas obras de *Joahhne Vermeer*, como exemplo, podemos citar que *Vermeer* usou matéria e luz em suas obras com rigor comparável a *Isaac Newton*. Em suas pinturas percebe-se que os reflexos organizam todos os espaços e modelos de um rosto ou quadro.
- Construção de um protótipo de máquina fotográfica, a partir do modelo de câmera escura utilizada pelo artista para retratar os quadros.
- Pesquisa bibliográfica e apresentação de um seminário.
- Exposição das fotos.

## ❖ COMO VOCÊS AVALIARIAM ESSE TRABALHO?

*Hora de avaliar a atividade*

A avaliação será feita durante a realização da atividade observando o desempenho e a participação dos alunos.

Nas aulas de arte, o professor pode perceber o interesse do aluno das discussões iniciais (o professor pode pedir um registro escrito dos alunos, se preferir). Posteriormente, na utilização do instrumento (câmera escura).

Na matemática, além dos aspectos do domínio cognitivo (realização das operações, identificação da proporcionalidade e da semelhança entre os triângulos bem como o erro percentual), e dos aspectos atitudinais, a avaliação deverá levar em consideração também a qualidade dos registros escritos dos alunos.

O professor deverá identificar os alunos que apresentam dificuldades em identificar a proporcionalidade entre as figura. Observar também quais elementos eles utilizam para validar seus argumentos.

Em termos atitudinais, identificar os alunos que apresentam dificuldades em realizar um trabalho coletivo, bem como aqueles que não demonstram perseverança na busca de resultados, procurando identificar as causas dessas dificuldades.

Dessa forma, a análise das fichas de trabalho será fundamental, para observar os argumentos utilizados, bem como que aspectos matemáticos estão presentes nas argumentações.

Ao final dessa sessão, o professor poderá realizar uma auto-avaliação do trabalho realizado. Ele poderia solicitar que os grupos indicassem qual o conhecimento envolvido na sessão, bem como apontar as facilidades e dificuldades encontradas.

Em Física: A avaliação de cada grupo, e também de cada aluno pode priorizar critérios como: a participação efetiva em todas as atividades, entusiasmo, cooperação, iniciativa, criatividade e flexibilidade para o trabalho em equipe.

Podemos exigir dos trabalhos redigidos pelos grupos, textos claros, coerentes e que sigam as normas da metodologia científica.

Na apresentação dos seminários, podemos observar o domínio do conteúdo, a expressão oral e corporal, o capricho e criatividade nas apresentações.

### ❖ EM QUAL ANO OU ANOS DO ENSINO MÉDIO SERIA MELHOR APLICAR ESSE TRABALHO?

*Hora de avaliar a aplicabilidade da atividade*

1º ou 2º ano do Ensino Médio, pois está de acordo com o conteúdo programático das escolas da rede de ensino pública e particular.

### SUGESTÕES DE LEITURAS

#### Arte:

BARTHES, Roland. *A Câmara clara*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1984. (Último livro de Barthes, uma reflexão sobre a subjetividade da fotografia, creditando-a como processo que vai além de mero registro realista).

HOCKNEY, David. *O Conhecimento Secreto*. São Paulo: Cosac & Naify, 2001. (Livro em que o autor, ele mesmo um pintor dos tempos atuais, descreve e mostra como vários artistas se utilizaram de maquinários para o desenvolvimento de sua arte. Rico em ilustrações).

MOLINA, Juan José Gómez. *Máquinas e herramientas del dibujo*. Madrid: Cátedra, 2002. (Excelente publicação: esse volume específico trata, como o nome o diz, das ferramentas de desenho, não só de uma maneira técnica, mas histórica e conceitual. Altamente recomendado. Pode-se encomendar em livrarias ou direto pela internet).

PARRAMÓN, José M. *A Perspectiva na Arte*. Lisboa, Editorial Presença, 1994.

#### Física:

FÍSICA 2: Física térmica/Óptica/GREF – São Paulo: Universidade de São Paulo, 1991.

#### Matemática:

Temas e Problemas elementares – E.L.Lima, P.C.P. Carvalho, E. Wagner e A.C. Morgado – Coleção do professor de matemática-sbm – 2ª edição

DANTE, Luis Roberto. *Matemática Contexto & Aplicações* – vol. 1, São Paulo: Editora ática, 2004.

SMOLE, Kátia Stocco e DINIZ, Maria Ignez. *Matemática – Ensino Médio, vol. 1*. 3ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2003.

[9.0 Páginas da Rede \(internet\) que podem ser consultadas pelos professores e estudantes para complementar esse trabalho.](#)

<http://www.spedromar.net/conteudoseducativos/cinema/cinema-ficha02.pdf> - apresenta a história do conhecimento do princípio óptico da Câmara Escura.

[http://www.ludoteca.if.usp.br/tudo/pmd.php?cod= pmd2005\\_i3201](http://www.ludoteca.if.usp.br/tudo/pmd.php?cod= pmd2005_i3201) – site que utiliza a câmera escura como uma atividade lúdica para as crianças.

<http://www.klickeducacao.com.br/2006/conteudo/pagina/0,6313,IGP-617,00.html> – sugestão de aula e idéias para feira de ciências.

<http://www2.fct.unesp.br/livredidatico/> - você encontra materiais didáticos elaborados por professores de todo o Brasil, e pode também colaborar enviando sua sugestão de atividades.

<http://pinhole.no.sapo.pt/historia.html> - site com o interesse de partilhar o prazer da fotografia pinhole. Mostra diversos modelos de câmaras construídas e experiências feitas.

<http://www.eba.ufmg.br/cfaliери/index.html> - manual prático de fotografia com a técnica pinhole. O site apresenta também um espaço reservado à mostra de fotografias exclusivamente na técnica Pinhole. A galeria reúne diversas imagens, sendo dividida em salas; com exposições programadas e periódicas, onde qualquer pessoa pode participar enviando seus trabalhos em Pinhole.

<http://www.latamagica.art.br/index.htm> - site do grupo Lata Mágica, de Porto Alegre, RS. Aqui você encontra informações e muitas fotos resultantes de um projeto que envolve o ensino da fotografia através do estudo da câmera escura.

<http://www.tutorbrasil.com.br/forum/viewtopic.php?f=10&t=5551> – Óptica Geométrica: Câmera escura - apresenta aplicações de questões com a presença de uma câmera escura e semelhança de triângulos.

[http://www.pucsp.br/pos/edmat/ma/MACIEL\\_alexandra\\_camara.html](http://www.pucsp.br/pos/edmat/ma/MACIEL_alexandra_camara.html) dissertação de mestrado - **O conceito de semelhança: uma proposta de ensino"**

<http://www.iejusa.org.br/cienciaetecnologia/fisica4.php> - Física - Ótica Geométrica - **Câmara Escura** com Orifício se aplicam as regras de **semelhança de triângulos**, observando-se que a imagem aparece invertida.

<http://www.somatematica.com.br/fundam/propor.php> - conceito de proporção e suas aplicações.

<http://www.brasile scola.com/matematica/congruencia-e-semelhanca-de-triangulos.htm> - Casos de semelhança de triângulos.

#### 10.0 Quais as principais palavras-chave para busca de mais material na internet?

Pinhole.

Lata fotográfica.

Óptica geométrica.

Câmara escura

Estenopeica.

Vermeer

Semelhança de triângulos

Porcentagem

Proporcionalidade

Ângulos

11.0 Passeios, visitas e lugares para levar os alunos. Saída para trabalho de campo com a turma.

12.0 Outros documentários ou filmes sugeridos. –

- A forma dentro da forma

Sala de

Professor

SUGESTÃO DE ATIVIDADE INTERDISCIPLINAR

- O artista e o matemático, da série "Arte e Matemática".
- Os impressionistas (2007)

