

Oficina: explorando a câmara escura

(Produto resultante da dissertação de mestrado, de autoria de Suzana França de Oliveira, intitulada “Aprendizagem potencialmente significativa de óptica geométrica no laboratório, construída a partir de alguns princípios da história e filosofia da ciência”

1- Apresentação. A proposta dessa oficina tem como objetivo contemplar alguns princípios pedagógicos, tais como: partir do que os estudantes conhecem, valorizar sua autonomia, incitá-los à investigação, situar historicamente os conteúdos trabalhados, promover atividades nas quais eles tenham participação ativa, avaliá-los de forma contínua a partir da participação nas atividades, propor mapas conceituais e usa-los como diagnóstico de um aprendizado potencialmente significativo.

Todos esses aspectos são detalhados na dissertação referida acima, que pode ser acessada no endereço [.....]. O conteúdo desse texto possui as características de um guia rápido que permita o encaminhamento por parte dos professores interessados nessa atividade, ele não possui vocação de “receita”. Sendo assim, incentivamos os colegas professores que usem esse texto para que o tomem como um “atalho” para algumas ações, mas que não deixem de imprimir um enfoque pessoal às atividades propostas, alterando-as e (ou) adaptando-as sempre que julgarem conveniente.

2- Sequência dos procedimentos adotados na oficina. Listamos a seguir a sequência das atividades propostas, que serão posteriormente explanadas em detalhe. 2-1: material necessário; 2-2: aplicação de questionário para avaliação de conhecimentos prévios; 2-3: compilação de palavras chave em torno da ideia de luz; 2-4: elaboração de um mapa mental; 2-5: descrição da atividade; 2-6: a propagação retilínea da luz nem sempre funciona! 2-7: elaboração de uma linha do tempo na ótica; 2-8: elaboração de um mapa conceitual.

Passamos a seguir à descrição de cada uma dessas etapas.

2-1: material necessário. O item mais importante é sem dúvida o acesso a uma sala que possa ser completamente escurecida. Isso se deve ao fato de que as imagens produzidas são em geral de baixa intensidade, e difíceis de discernir em um ambiente com muita luz. Material adicional: uma lâmpada de LED, 6 W ou maior (as lâmpadas de LED produzem pouco calor), um soquete com rabicho e flecha para ligar a lâmpada; duas caixas de papelão de embalagem de 500 folhas A4, ou equivalente, papel vegetal (uma folha de tamanho A4), papel alumínio (um pedaço de 20 cm X 20 cm é suficiente), fita adesiva, uma agulha ou alfinete, um CD gravável de cor clara (ele será “destruído” no final da oficina), e uma tesoura. Para cada aluno: uma folha A4 de papel quadriculado, régua, lápis ou caneta.

2-2: aplicação do questionário para avaliação de conhecimentos prévios. Esse é um passo de grande importância; mas em casos nos quais o tempo disponível é muito curto, as questões podem ser feitas verbalmente e anotada de forma resumida pelo professor. Exemplos de questões podem ser encontrados no apêndice 2 da dissertação, no endereço [...]

2-3: coleta de palavras chave em torno da ideia de luz. Aqui, o professor escreve no quadro o termo “luz” e pede para que os estudantes proponham palavras que, na percepção deles tenham algum tipo de relação, mesmo que indireta, com a palavra “luz”. O professor (ou um estudante voluntário) anota cada uma das palavras, mas não interfere nessa etapa. Todas as palavras ditas pelos estudantes serão consideradas. Esse espaço de tempo nem deve ser tão curto que iniba alguns dos alunos a falarem, nem tão longo a ponto de a atividade tornar-se

tediosa. Essas palavras (veja figura 1) poderão servir do ponto de partida para a próxima atividade.

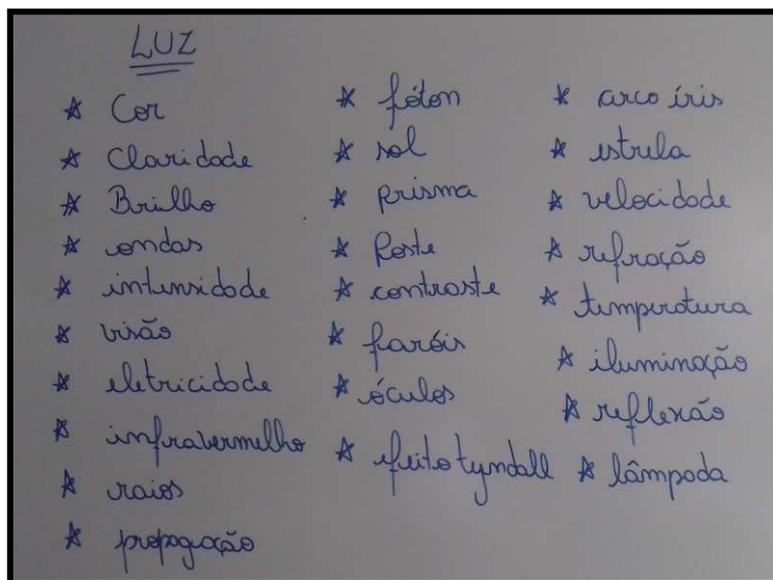


Figura 1. Exemplo de um conjunto de palavras ligadas à luz, ditas pelos alunos.

2-4: elaboração de um mapa mental. Nesse momento, os estudantes recebem uma orientação breve do professor a respeito da elaboração de um mapa que ligue diversos conceitos entre si. Se os estudantes já possuírem experiência prévia de construção desses mapas, a etapa de explicação poderá ser consideravelmente reduzida. Os mapas serão guardados pelo professor, para posterior comparação com mapas que os estudantes farão ao término da atividade (provavelmente eles construirão mapas mais conceituais do que mentais). Cabe ressaltar aqui uma diferença entre mapas mentais e mapas conceituais: nos primeiros os diversos termos são conectados ao conceito central (nesse caso, luz); há poucas conexões (às vezes, nenhuma) dos termos entre si. Já o mapa conceitual apresenta uma riqueza muito maior de interconexões. Em geral, a tendência dos estudantes é a de produzir inicialmente mapas mentais; depois, a partir de um domínio maior do tema estudado, os estudantes podem ser capazes de produzir mapas conceituais, mais complexos e ricos (não necessariamente todos apresentarão essa habilidade). A produção de mapas conceituais seria, de acordo com a literatura, um indício de que o aprendizado foi significativo.

2-5: descrição da atividade. Antes de iniciar, um alerta: se os passos aqui apresentados forem seguidos, a atividade “funcionará” adequadamente. Mas há muitas variações possíveis, e o professor, com seus alunos, poderão (e mesmo, deverão) alterar esse roteiro de acordo com o contexto.

Garantida a possibilidade de escurecimento da sala, o professor apresenta o material, já previamente preparado: a câmara escura, já munida da “tela de projeção”, feita com papel vegetal, e do lado oposto à tela, uma janela, de aproximadamente 5 cm por 5 cm (ver a figura 2, a seguir).



Figura 2: a câmara escura, parcialmente pronta. Um anteparo de papel vegetal ocupa a parte da frente da caixa (à direita); na parte traseira, pode-se ver a janela, tapada por uma lâmina de papel de alumínio de 5 cm por 5 cm. No centro da janela de papel alumínio será feito um orifício com uma agulha. À esquerda, aparece a tampa da caixa.

A segunda caixa servirá para conter a lâmpada, de modo a permitir que a luz por ela emitida saia apenas por uma “janela” frontal, de aproximadamente 10 cm por 15 cm. Com isso, o ambiente terá menos luz espalhada, o que atrapalharia um pouco a visualização da imagem (figura 3).

A seguir, os alunos pintam a “careta” na lâmpada, colam um papel de alumínio de modo que ele tape por completo a janela de 5 cm por 5 cm, e fazem um pequeno orifício no centro desta, por meio de uma agulha. É importante que o furo seja feito por eles, logo antes do escurecimento da sala, de modo que eles se convençam que não há mais nada na caixa que possa ser responsável pela produção da imagem. A “careta” ajuda a identificar se ocorre a inversão da imagem da esquerda para a direita e de cima para baixo.

A próxima etapa pode ser a obtenção de uma primeira imagem (veja a figura 3, a seguir). A caixa com a lâmpada é colocada a uns 30 cm de distância do orifício, a lâmpada é acesa, e a luz da sala, apagada. Os alunos são convidados a observar a imagem produzida, e a manifestar-se livremente a respeito do que estão vendo lá. O professor ouve, e memoriza as questões e observações feitas; em seguida, ele encaminha, uma por uma, as observações e questões dos alunos. Muito provavelmente, a primeira observação é a de que a imagem é invertida. No parágrafo a seguir, exemplificamos um procedimento para a exploração dessa questão.



Figura 3: caixa que contém a lâmpada. A “cureta” pintada na lâmpada pode ser desenhada (com caneta do tipo “hidrocor”) pelos próprios alunos, no início da atividade. A tampa, à direita é colocada durante o uso da câmara, com o objetivo de limitar ainda mais a luz espalhada no ambiente.

Porque a imagem é invertida? O professor, nesse ponto, anuncia que uma das primeiras teorias sobre a luz foi a de que ela se propaga em linha reta, e é essa teoria que será usada a seguir. A base dessa teoria é a de que um objeto que emite luz pode ser pensado como sendo constituído de muitos pontos (infinitos) e que, de cada um desses pontos, raios de luz emanam, de forma radial, tal como pode ser visto na figura 4.

A sugestão a seguir baseia-se na premissa de que, sempre que possível, o aluno deve ser provocado a descobrir por ele mesmo como as coisas funcionam. Então, faça um novo desenho, no qual a câmara escura é colocada à frente da lâmpada, e mostre que apenas um dos raios que emanam do ponto superior passa pelo orifício. Veja a figura 5.

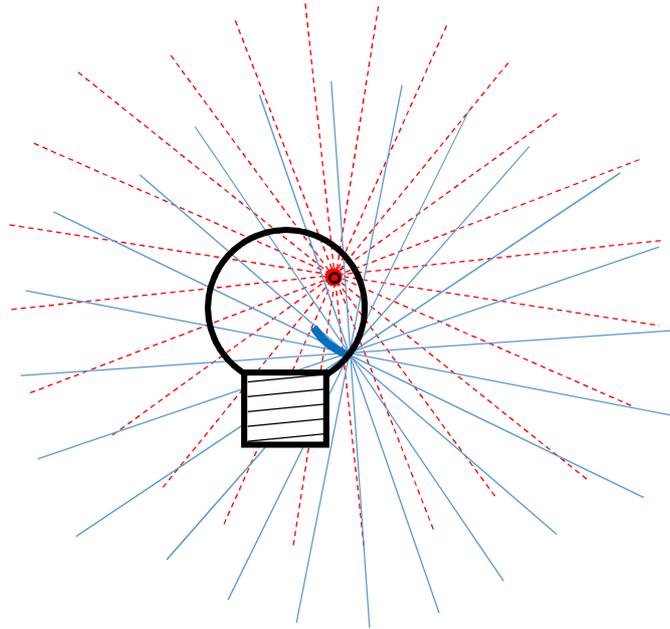


Figura 4. De cada um dos “pontos” que formam esse objeto emissor de luz, emanam raios. Dois desses pontos são representados.

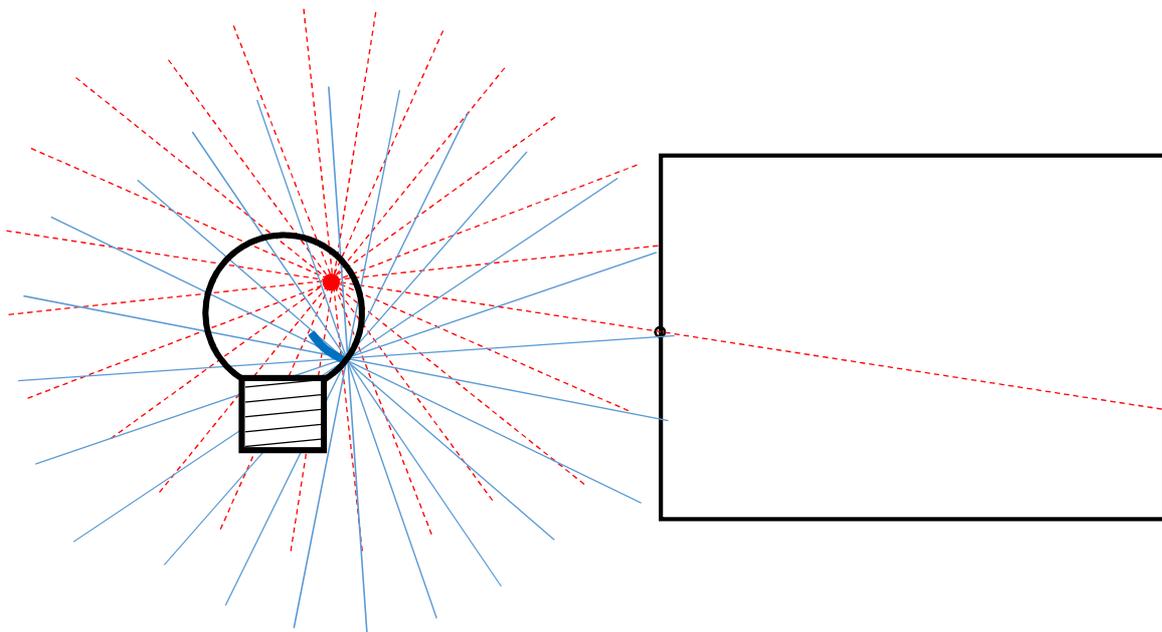


Figura 5. Apenas um dos raios (em vermelho) que partem do ponto superior da lâmpada passa pelo orifício. Os demais, são bloqueados.

Agora, peça para os alunos desenharem, nos papéis quadriculados que eles receberam, duas câmaras escuras de mesmas dimensões; na primeira, eles completarão o traçado de raios que o professor iniciou no quadro, e na segunda, farão um novo traçado, dessa vez com a lâmpada

a uma distância maior da caixa. Veja a figura 6. Um ponto que deve ser ressaltado: os raios que penetram na câmara escura devem passar o mais exatamente possível pelo orifício.

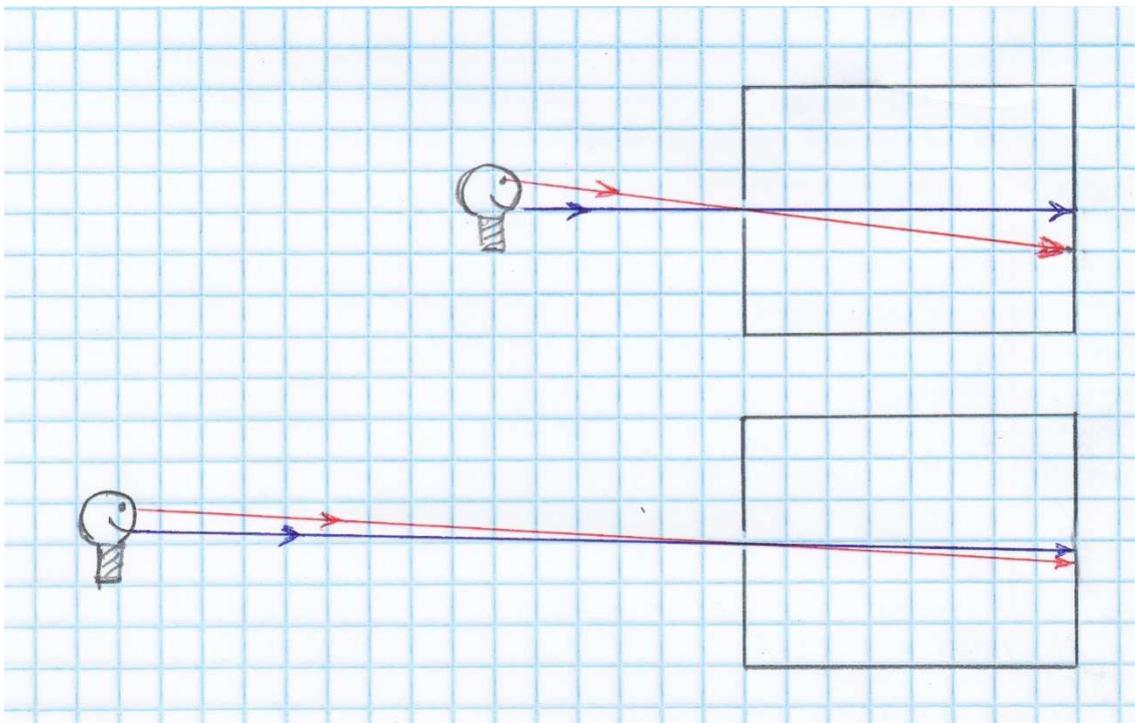


Figura 6. Proponha aos estudantes que completem o traçado de raios (iniciado na figura 5). Isso os levará a concluir que sim, a imagem deveria ser invertida. Note que, dessa vez, apenas os raios que passam pelo orifício foram representados. Depois, peça que façam um novo traçado, dessa vez colocando a lâmpada mais distante. Note que as câmaras escuras e as lâmpadas, nos dois desenhos, devem ter aproximadamente as mesmas dimensões, de modo a poderem ser comparadas. É possível, como base nesses dois traçados responder se a imagem aumenta ou diminui, o afastar a lâmpada da câmara escura?

Invariavelmente, os alunos percebem que a imagem deveria diminuir, se o traçado de raios for um procedimento correto. Essa conclusão em geral é oposta à que eles esperavam, dado que, se um retroprojetor for afastado da tela, por exemplo, a imagem fica maior, e é isso em geral que eles esperam na câmara escura. Então, chega o momento de testar esse efeito “na prática”: enquanto eles observam a imagem da lâmpada, essa é afastada da câmara escura. E a imagem, de fato, diminui (mas, sobretudo, não conte isso a eles, faça a “experiência”, mas só depois que eles produziram o traçado de raios!)

Daqui para a frente, uma grande variedade de explorações poderá surgir. Exemplificaremos duas delas, mas há outras, muitas outras.

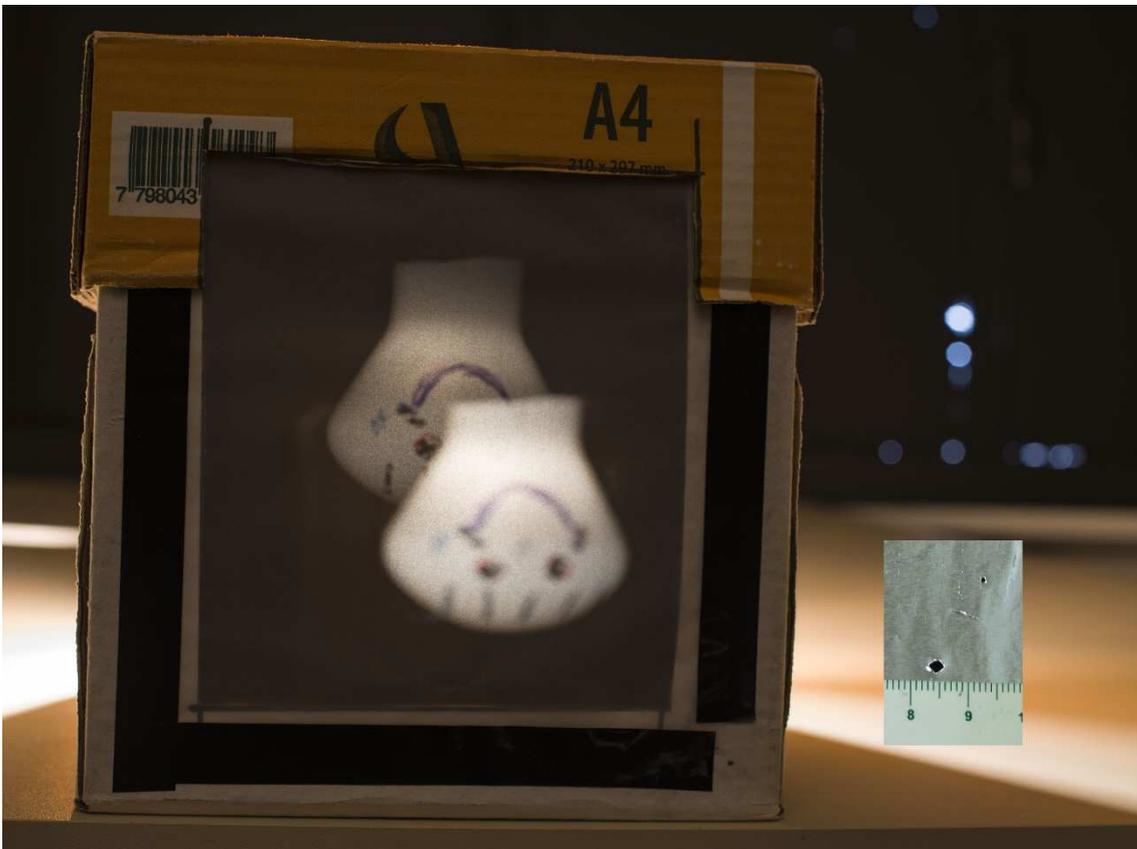
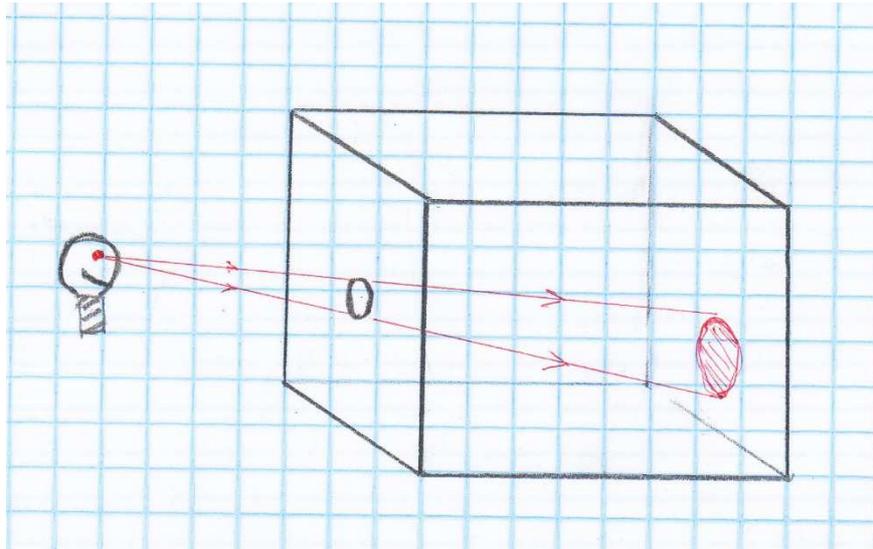


Figura 7. Figura superior: se o orifício for grande, o que deveria ser um ponto na imagem dentro da câmara escura (o olho da careta) virão um “borrão”. Isso faz com que a imagem como um todo fique “borrada”, sem nitidez, como pode ser visto na foto, abaixo. Nessa foto, uma das imagens (borrada e brilhante) é formada pelo orifício de maior diâmetro, e a outra, menos brilhante e mais nítida, é devida a um segundo orifício, esse, de menor diâmetro. Os orifícios e parte de uma régua podem ser visto no encarte (abaixo, à direita); um dos furos tem dimensão aproximada de 2 mm, o outro, menos de 1 mm.

Outra pergunta muito comum é a seguinte: porque é que tem que ser um “buraquinho”, e não um “buracão”? O professor pode provocar perguntando se entra mais ou menos luz. Mais, é

claro, respondem os alunos. Então, a imagem será mais “forte”. Mas antes de testar, pode-se perguntar se, agora que o buraco é maior, um só raio passará. Os alunos dizem que não, e isso pode ser visualizado na figura 7. A cada “ponto” do objeto luminoso, corresponderá um “borrão” na imagem e essa, portanto, perderá a nitidez. Os alunos chegam, em geral autonomamente, a essa conclusão. Para verificar se essas conjecturas se sustentam, basta abrir o buraco, com um lápis, por exemplo. O efeito é espetacular e os alunos vibram, provavelmente por terem feito por eles mesmos essa previsão bem sucedida.

Outra pergunta recorrente é: e se forem feitos mais buracos? A resposta (os alunos preveem isso também!) é a de que existirão tantas imagens quantos buracos existirem, e a figura 7 atesta isso. Note que, se o papel de alumínio foi perfurado com um “buracão”, ele pode ser rapidamente substituído por um papel novo, sem buracos. Nesse novo papel novos furos podem ser feitos; a sugestão é fazê-los não muito próximos; nesse caso as imagens ficariam praticamente superpostas. Distâncias de uns 4 ou 5 cm em geral dão bons resultados.

Mas há uma variante espetacular desse efeito de múltiplos buracos. Veja a figura 8 e a figura 9, e suas legendas.



Figura 8: imagens múltiplas do Sol, formadas pela passagem dos raios de luz através de pequenas aberturas na copa de uma árvore. Note as várias imagens claras em formato de disco, todas mais ou menos de mesmo diâmetro. A cada “disco” de luz corresponderá uma abertura na copa da árvore.



Figura 9. Essa é uma imagem rara. Temos novamente imagens múltiplas do Sol, desta vez obtidas pela passagem dos raios de luz através de orifícios em uma lamina de alumínio, a uns três metros de altura do solo. É possível identificar sete imagens; as imagens mais fracas correspondem a orifícios de menor diâmetro. São 7 orifícios ao todo. Nesse dia (26 de fevereiro de 2017) e horário (aproximadamente 11 h da manhã, em Caxias do Sul, RS) ocorria um eclipse solar, por isso as imagens lembram imagens da lua.

2-6: a propagação retilínea da luz nem sempre funciona! O sucesso das previsões feitas a partir da propagação retilínea da luz pode ser tamanho que os alunos pensarão, talvez, que sempre as coisas funcionarão. Mas, na ciência real, feita por seres humanos, sabemos que não é assim. Então, propomos agora uma “experiência”, que não poderá ser explicada a partir da premissa que a luz se propaga em linha reta. Pegue um CD gravável, de cor clara, e coloque-o sobre a mesa, com a etiqueta para cima. Cubra por completo essa etiqueta com fita adesiva, e em seguida arranque-a, lentamente. Isso (usando a expressão dos alunos) “depilará” o CD. Se a etiqueta não sair na primeira tentativa, picote um pouco a borda do CD com um objeto pontudo e inicie novamente a retirada da fita adesiva nesse ponto. Veja o resultado na figura 10, à esquerda. Agora, corte o CD “depilado” em oito fatias, como se fosse uma pizza, e coloque-o em frente à lente da câmara de um telefone celular e faça uma foto, de uma lâmpada fluorescente, por exemplo. Veja o resultado (espetacular!) na figura 10, à direita. Os alunos são informados que não é possível explicar as cores que aparecem por meio da propagação retilínea da luz. Agora, seria necessária a teoria ondulatória da luz, que teve como um dos precursores Huygens, um amigo de Newton. (Newton era adepto da propagação retilínea da luz!)

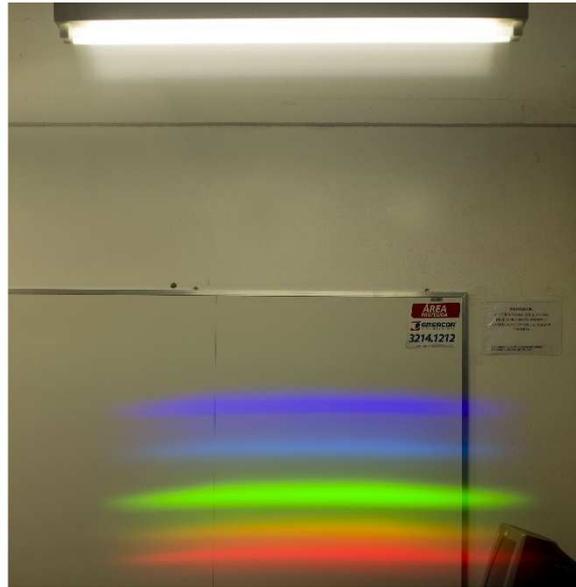


Figura 10. À direita: o CD sendo “depilado”. À esquerda: difração da luz de uma lâmpada fluorescente através de um CD, fotografada num telefone celular. Esse é um fenômeno tipicamente ondulatório, que não tem explicação plausível por meio da teoria da propagação retilínea da luz (a luz como partícula).

2-7. Elaboração de uma linha do tempo na ótica. Nesse momento (se o tempo disponível permitir) os alunos são informados que há pelo menos três teorias da luz: a luz como partícula (tal como estudado na câmara escura), a luz como onda (ver a figura 10), e a luz como partícula, mas dessa vez uma partícula sem contrapartida no mundo real, o fóton. Quais foram os principais partidários dessas três teorias? A linha do tempo, apresentada a seguir, pode ser apresentada aos alunos, ou eles mesmos podem construir uma. Veja a figura 11.

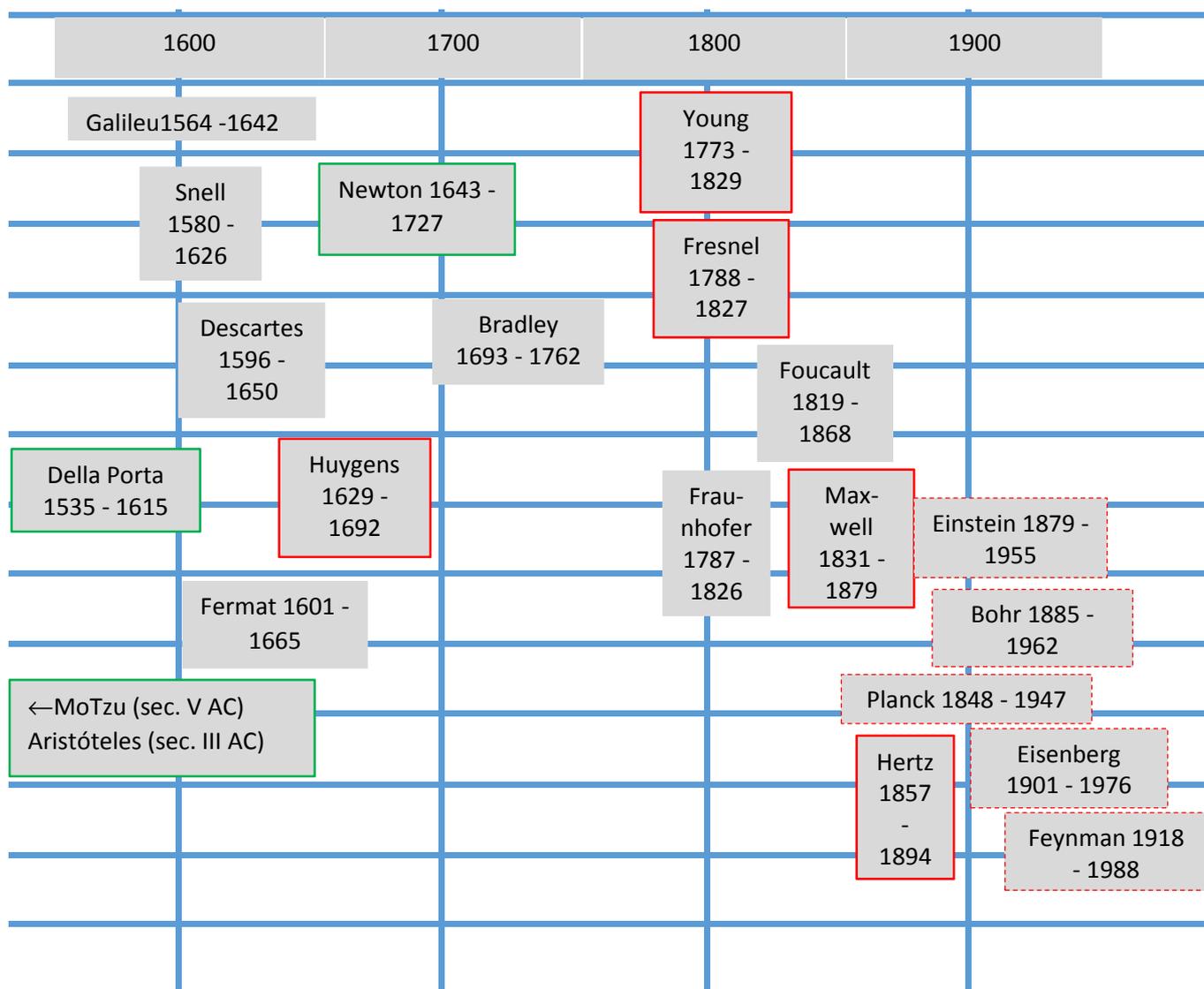


Figura 11. Linha do tempo, que contempla alguns cientistas estudiosos da luz. Moldura em verde: indica cientistas adeptos do modelo corpuscular da luz (a luz se propaga em linha reta); moldura em vermelho: modelo ondulatório da luz. Moldura em pontilhado vermelho: a luz como fóton. As molduras que contém os nomes dos cientistas iniciam no ano de nascimento e terminam no ano da morte; a largura da moldura é proporcional ao tempo de vida. Por exemplo, logo depois da morte de Galileu, nasce Newton. Hertz teve uma vida curta (veja seu quadro, estreito); já Planck viveu quase 100 anos, e a largura da moldura indica isso.

2-8. Elaboração de um mapa conceitual. Na dissertação ([... endereço]) há mais dados sobre o que é um mapa conceitual. A título de exemplo, apresentamos a seguir (figura 12) um desses mapas, feito pelos alunos.

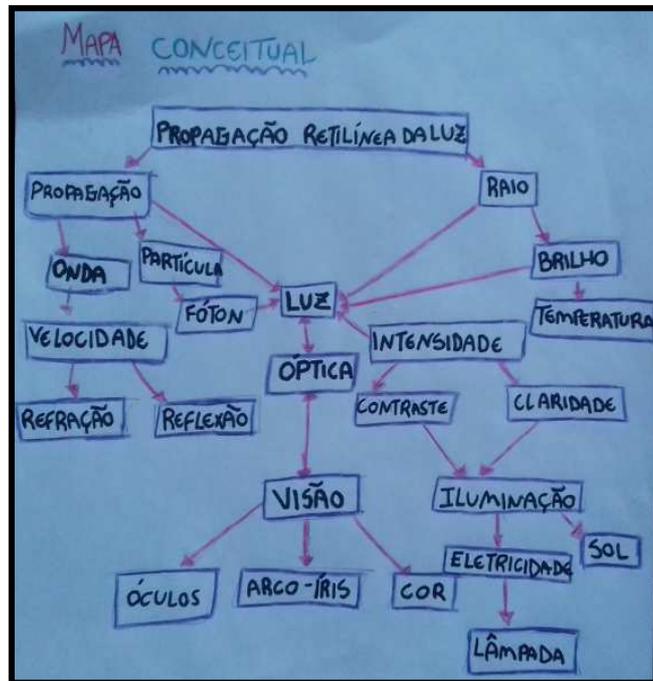


Figura 12. Exemplo de mapa conceitual elaborado pelos alunos. Note que muitas das palavras que aparecem no mapa aparecem também na figura 1 (palavras ligadas à luz, ditadas pelos alunos).