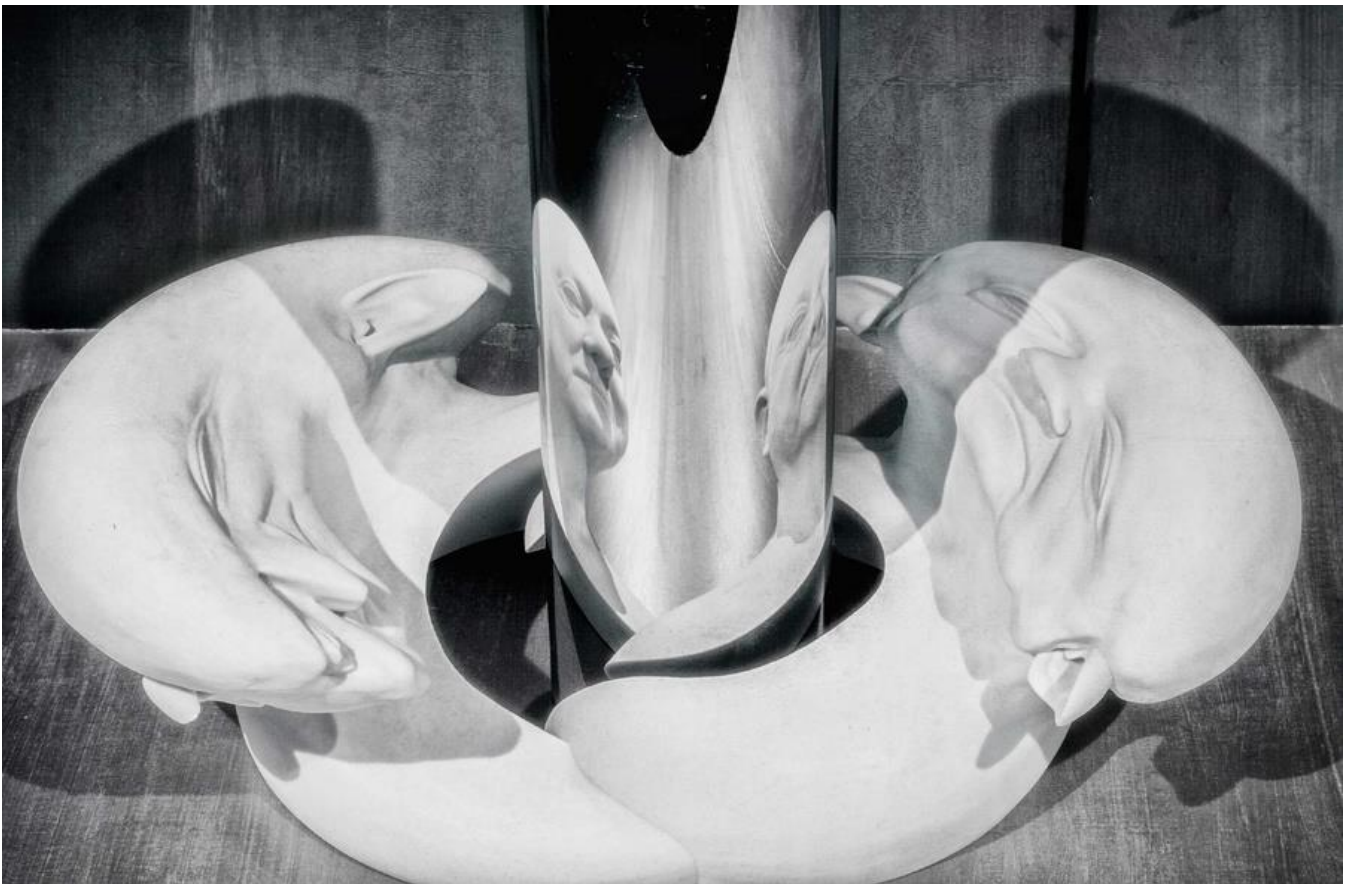


# Arte e Ciência no Ensino de Óptica:

Da Multidisciplinaridade à Transdisciplinaridade



Jonty Hurwitz

Claudemir Batista  
Edivaldo Lima

# Sumário

Prefácio.....	2
Apresentação.....	3
O que é Óptica?.....	4
<b>Parte um: óptica na literatura.....</b>	<b>5</b>
1.1. Uma análise por meio de contos.....	5
1.2. O espelho.....	6
1.3. Problematizações.....	8
1.4. Uma análise por meio de poesia e música.....	12
1.5. Prova em verso.....	13
1.6. O que sobrou do céu.....	14
1.7. Amém.....	15
1.8. Problematizações.....	16
<b>Parte dois: óptica nas artes plásticas.....</b>	<b>18</b>
2.1. Uma análise por meio de óleo sobre tela.....	18
2.2. Reflexão Proibida.....	19
2.3. Narciso.....	20
2.4. Problematizações.....	21
<b>Parte três: óptica na matemática.....</b>	<b>23</b>
3.1. Uma análise por meio da óptica geométrica.....	23
3.2. Reflexão regular e reflexão difusa.....	24
3.3. Leis da reflexão.....	26
3.4. Espelhos planos.....	27
<b>Parte quatro: experimentos.....</b>	<b>28</b>
4.1. Periscópio.....	28
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>30</b>

## Prefácio



Jonty Hurwitz

*Gostaríamos de fazer compartilhar não uma “visão de mundo”, mas uma visão de ciência. Da mesma maneira que a arte e a filosofia, a ciência é antes de tudo experimentação criadora de questões e significações.* Ilya Prigogine e Isabelle Stengers.

Este material é fruto de experiências realizadas ao longo da minha trajetória na graduação do curso de Licenciatura em Física pela Universidade de São Paulo. Inicialmente com a proposta de levar a física para as artes, em 2012 apliquei pela primeira vez em um cursinho popular uma metodologia que buscava interligar a arte com a ciência. Em 2014, apliquei esta proposta numa atividade de estágio realizada num colégio estadual. Por meio das disciplinas “elementos e estratégias do ensino de física” e “ciência e cultura” iniciei um processo de pesquisa onde o objeto de estudo seria a metodologia de ensino. Em paralelo a isso, procurava saber, como um físico apaixonado pela termodinâmica, entender como se comportavam os sistemas dinâmicos longe do equilíbrio. Ao deparar com situações complexas, passei a investigar a ideia de complexidade em outros níveis do conhecimento. Autores como Ilya Prigogine e Edgar Morin, foram os principais referenciais teóricos que me motivaram a entender as diversas abordagens da complexidade. Em 2015, na disciplina de “produção de material didático” com o auxílio do professor Cristiano Mattos, e dos colegas de classe, pude começar a realizar um material didático que tentasse traduzir esta experiência. Eis aí parte do processo de produção desse material que você leitor irá se deparar.

Claudemir B. Santos

## Apresentação

Caro leitor, este material que está em suas mãos não tem de forma alguma a finalidade de seguir um sistema apostilado. Antes disso, ele tem como objetivo proporcionar olhares mais amplos a respeito das diversas linguagens que podem tratar a natureza. Seu uso poderá abrir as portas para novas leituras e ajudará a orientar para atividades em sala de aula. A sua estrutura está organizada de forma que você não se prenda capítulo a capítulo. Não há uma lógica linear a ser seguida. Ao todo, o material se constitui de seis partes, sendo todas elas independentes, mas que ao mesmo tempo podem se relacionar. Isto é, o tema comum permeia por todas as partes. Não importa a maneira como você começará a usar esse material, mas o que poderá ser útil é a sua liberdade de organizar o pensamento que permita misturar ambas as partes, pegando uma ideia ali, outra acolá. Nesse sentido, a nossa principal recomendação para desenvolver as atividades em sala de aula seria pelo menos trabalhar com dois aspectos de linguagem, isto é, usar a literatura junto com as artes plásticas, ou outras combinações. A tua autonomia é fundamental para que a aula desenvolvida seja toda pensada dentro do seu universo de conexões. Orientamos que nesse sentido, essas conexões devem de certa forma levar em consideração diversos fatores que não só dependam de como você organizará a aula, mas como é a sua interação com a sala de aula, como é a relação com o ambiente escolar, como funciona o plano político pedagógico do colégio. Com base nesses fatores, cabe o educador conhecer seus educandos para que possa fazer a mediação do conhecimento científico a partir de acordos levantados e propostos junto com a comunidade. É interessante identificar para além da escola o que os educandos fazem, para com isso permitir que eles possam trazer para dentro do colégio esse conhecimento de fora. Em muitos casos, esses educandos e educandas produzem música, dança, poesia, grafite etc, que podem ser saberes que o educador as use como instrumentos mediadores para o saber científico. Segue para isso, nesse material, estratégias que você poderá aplicar em sala de aula. O uso de mais de uma linguagem pode atingir uma maior quantidade de educandos proporcionando um melhor rendimento escolar. Entende-se por linguagem, qualquer meio, ou forma de comunicação. Qualquer sinal, código, que transmita informação, seja uma manifestação artística ou uma investigação científica. Os sinais corporais, sonoros, imagético etc, são ferramentas de mediação que permitam a comunicação. Transitar entre essas linguagens pode facilitar e ao mesmo tempo complexificar o conhecimento. O que o leitor verá nesse material, são conjuntos de linguagens que tratam de conceito simples e complexos. Simples ao olhar de uma linguagem, complexo ao olhar de outra. Nessa perspectiva, de acordo com Edgar Morin, há o complexo no simples e o simples no complexo. O conceito é ao mesmo tempo uno e múltiplo. Faça bom uso do material, e boa aventura.

## O que é óptica?

Fazendo uma busca rápida do significado usado pelo conceito entorno da palavra óptica, encontraremos muitas informações, mas boa parte delas podem se resumir em: “sessão da física que se dedica ao estudo das normas de radiações luminosas e dos fenômenos da visão” (<http://www.dicio.com.br/>), ou “é o ramo da física que estuda a luz ou, mais amplamente, a radiação eletromagnética, visível ou não (...)” (<http://www.dicionarioinformal.com.br/>). Na etimologia da palavra, óptica tem origem no grego, e foi conhecida como a ciência da visão, isto é, aos fenômenos luminosos que depende da interação da luz com a superfície do objeto. Nesse material, associaremos o conceito da palavra óptica à ideia da transdisciplinaridade, isto é, o sentido atribuído pela física será resignificado a partir da perspectiva das artes e da ciência.

Se óptica se refere aos fenômenos associados à luz, então todas as cores, todas as formações de sombras e penumbras, e as projeções serão assuntos de grande interesse para o cientista e o artista. O cientista buscará leis que permitam representar e até reproduzir os fenômenos naturais, se apoiando nos princípios básicos da óptica, como a reversibilidade dos raios de luz, a independência e a propagação retilínea da luz. Já o artista, não preso à metodologia, ou ao método científico, poderá utilizar esses estudos para representar um belíssimo quadro, ou contradizer o que as leis da óptica se apoiam. O trabalho produzido tanto por um, quanto por outro permitirão fazermos leituras de mundo cada vez mais críticas.

Óptica é a ciência que estudará a percepção da visão. Na condição humana, esta visão se limitará apenas a uma pequena faixa do vasto campo do diagrama eletromagnético. Todas as cores que enxergamos estão concentradas a esta faixa do visível. Mas a linguagem matemática vai além dessa faixa, seu espectro alcança das mais baixas frequências até as mais altas. Na região onde o olho humano não enxerga, a linguagem matemática nos possibilita traduzir seus campos.

Através da óptica falaremos sobre formação de imagem e persistência retiniana. Como se dá os tracejados raios luminosos num desenho geométrico. Como se configura a natureza dessa imagem, se ela é igual ao objeto, maior, menor, invertida, ou nenhuma dessas possibilidades. Por meio dela faremos um retrato do mundo, e da natureza que nos cerca. Construiremos caminhos que nos guiem para uma interpretação objetiva e clara, mas ao mesmo tempo nos perderemos para caminhos mais subjetivos que a arte nos proporciona. Estamos numa nova fronteira entre a arte e a ciência.

## Parte um: óptica na literatura

### 1.1. Uma análise por meio de Contos

Neste tópico serão abordados o uso de contos como estratégias de ensino interdisciplinar por meio de análise textual. Cabe ao senhor educador buscar promover além dos temas vinculados a sua área de formação uma maior integração das demais disciplinas. Essa busca pode ser praticada por diversas maneiras, seja em atividades promovidas pela comunidade escolar, como por exemplo a semana da literatura, atividades voltadas para sala de leitura, apresentações teatrais, concursos de contos e poesias, saraus etc. Atividades estas que podem promover uma maior interação entre a comunidade escolar, e que possam permitir espaços para a produção de textos pelos próprios educandos. Desenvolver as temáticas de interesses por meio dessa perspectiva, acreditamos que contribuirá com maior engajamento da participação dos educandos durante as atividades, que por um lado reforça a importância da leitura, e por outro, possibilita que os educandos escrevam suas vivências e impressões.

Numa análise textual, como professor de física, podemos levantar os aspectos semânticos que dizem respeito aos sentidos atribuídos aos conceitos físicos abordados no texto. Tais aspectos podem ser usados como complementares aos próprios assuntos trabalhados nas aulas de física, como também podem apresentar contradições referentes aos sentidos ensinados. Essas contradições são de extrema importância para o tipo de abordagem metodológica que sugerimos. É de total importância que essas contradições estejam presentes e claras durante as atividades. Esperamos que um dos papéis centrais para o educador, seria que desenvolvessem suas próprias atividades, e se possível, buscassem seus próprios textos, ou outras referências que deem maior liberdade para a condução das suas aulas. Aqui apenas sugerimos estratégias que possam em primeiro momento nortear um caminho de possibilidades. A escolha de textos, neste material, serve como princípio para ampliar a sua formação. Boa parte desses textos dialogará com questões de cunho pedagógico a nível superior para a formação continuada do docente. Portanto, o material foi pensado para o docente que atuará em escolas de nível fundamental e médio.

Um conto não precisa ser totalmente discutido em todos os seus sentidos durante as aulas, mas o docente poderá levantar os aspectos que dizem respeito a determinada temática, onde ele possa aprofundar-se em um conceito. Para dadas finalidades, os aspectos colocados em ênfases, de certa forma contribuirão para o ensino e aprendizagem dos educandos. A análise de um parágrafo, penetrando em cada sentido e significado das palavras, permitirão o leitor embarcar numa série de possibilidades interpretativas. Seja na tentativa do autor do texto em transmitir suas ideias, e o leitor, como receptor, interpretando-as, e depois,

retransmitindo para os seus educandos, que por sua vez faz uma outra possível interpretação da ideia inicial. No entanto, para amenizar o conjunto de interpretações, é necessário que os educandos, em primeiro contato não sejam influenciados pelas ideias do educador (que possivelmente fará uma conexão com os conteúdos trabalhado na sua disciplina), e sim, que antes dessas conexões, sejam levantadas as impressões das leituras feitas por cada educando. É por meio desse levantamento possível que o educador encontrará o fio condutor para ressignificar as suas aulas de física.

Sendo assim, um conto pode ser bastante útil para o processo de ensino e aprendizagem dos educandos. Para o educador de física, o conto funcionará como mais um instrumento de mediação entre os saberes escolares e científicos. É necessário entender que o processo de ensino e aprendizagem não se deve de forma alguma se prender a uma única linguagem. No momento em que um tema se torna eixo transversal, isto é, que perpassará por muitas formas do saber, o conto seria apenas um dos possíveis para trabalhar a óptica na literatura.

## 1.2. O Espelho

Abaixo segue alguns trechos selecionados do conto “O Espelho” de João Guimarães Rosa, extraído do livro *Primeiras Estórias* (1962). É importante que leia o conto inteiro para entender em todo o seu contexto. Ao término da leitura, seguirá algumas problematizações que poderão auxiliar na construção dos significados. Caso queira, ou deseje trabalhar com este conto em sala de aula, aconselhamos que fizessem recortes do texto, como foi feito aqui, para localizar melhor os aspectos conceituais que permitam observar o olhar do autor, o seu olhar e a dos educandos, de forma que você tenha a liberdade de desenvolver os conceitos ligados à tua área de formação como fim de proporcionar um ensino e aprendizagem que mantenha um elo entre o conhecimento interdisciplinar e transdisciplinar. Sugerimos também que estas ações poderiam ser conjuntas com professores de outras áreas.



João Guimarães Rosa, por Liberati

João Guimarães Rosa nasceu em Cordisburgo, no sertão de Minas Gerais em 1908, e faleceu em 1967. Foi um dos principais escritores regionalistas da segunda fase do modernismo brasileiro, e reconhecido pela academia brasileira de letras por sua grande originalidade. Sua principal obra traduzida em diversas línguas foi o excelentíssimo romance *Grande Sertão: veredas* de 1956.



## O Espelho

**I.** “Se quer seguir-me, narro-lhe; não uma aventura, mas experiência, a que me induziram, alternadamente, séries de raciocínios e intuições. Tomou-me tempo, desânimos, esforços. Dela me prezo, sem vangloriar-me. Surpreendo-me, porém, um tanto à parte de todos, penetrando conhecimento que os outros ainda ignoram. O senhor, por exemplo, que sabe e estuda, suponho nem tenha ideia do que seja na verdade — um espelho? Demais, decerto, das noções de física, com que se familiarizou, as leis da óptica. Reporto-me ao transcendente. Tudo, aliás, é a ponta de um mistério. Inclusive, os fatos. Ou a ausência deles. Duvida? Quando nada acontece, há um milagre que não estamos vendo. (...)”

**II.** “(...) Fixemo-nos no concreto. O espelho, são muitos, captando-lhe as feições; todos refletem-lhe o rosto, e o senhor crê-se com aspecto próprio e praticamente imudado, do qual lhe dão imagem fiel. Mas — que espelho? Há os «bons» e «maus», os que favorecem e os que detraem; e os que são apenas honestos, pois não. E onde situar o nível e ponto dessa honestidade ou fidedignidade? Como é que o senhor, eu, os restantes próximos, somos, no visível? O senhor dirá: as fotografias o comprovam. Respondo: que, além de prevalecerem para as lentes das máquinas objeções análogas, seus resultados apoiam antes que desmentem a minha tese, tanto revelam superporem-se aos dados iconográficos os índices do misterioso. Ainda que tirados de imediato um após outro, os retratos sempre serão entre si muito diferentes. Se nunca atentou nisso, é porque vivemos, de modo incorrigível, distraídos das coisas mais importantes. E as máscaras, moldadas nos rostos? Valem, grosso modo, para o falquejo das formas, não para o explodir da expressão, o dinamismo fisionômico. Não se esqueça, é de fenômenos sutis que estamos tratando. (...)”

**III.** “(...) Resta-lhe argumento: qualquer pessoa pode, a um tempo, ver o rosto de outra e sua reflexão no espelho. Sem sofisma, refuto-o. O experimento, por sinal ainda não realizado com rigor, careceria de valor científico, em vista das irreduzíveis deformações, de ordem psicológica. Tente, aliás, fazê-lo, e terá notáveis surpresas. Além de que a simultaneidade torna-se impossível, no fluir de valores instantâneos. Ah, o tempo é o mágico de todas as traições... E os próprios olhos, de cada um de nós, padecem viciação de origem, defeitos com que cresceram e a que se afizeram, mais e mais. Por começo, a criancinha vê os objetos invertidos, daí seu desajeitado tatear; só a pouco e pouco é que consegue retificar, sobre a postura dos volumes externos, uma precária visão. Subsistem, porém, outras pechas, e mais graves. Os olhos, por enquanto, são a porta do engano; duvide deles, dos seus, não de mim. Ah, meu amigo, a espécie humana peleja para impor ao latejante mundo um pouco de rotina e lógica, mas algo ou alguém de tudo faz frincha para rir-se da gente... E então? (...)”

**IV.** “(...) Mas, com o comum correr quotidiano, a gente se aquieta, esquece-se de muito. O tempo, em longo trecho, é sempre tranquilo. E pode ser não menos, que encoberta curiosidade me picasse. Um dia ...desculpe-me, não viso a efeitos de ficcionista, inflectindo de propósito, em agudo, as situações. Simplesmente lhe digo que me olhei num espelho e não me vi. Não vi nada. Só o campo, liso, às vácuas, aberto como o sol, água limpíssima, à dispersão da luz, tapadamente tudo. Eu não tinha formas, rosto? Apalpei-me, em muito. Mas, o invisto. O ficto. O sem evidência física. Eu era — o transparente contemplador? ...tirei-me. Aturdi-me, a ponto de me deixar cair numa poltrona (...)”



### 1.3. Problematizações

I. O narrador coloca em inquérito o conceito de espelho como um fato misterioso que ainda a ignoramos. Este conceito o físico familiarizado saberia defini-lo de forma bastante objetiva e clara, mas ironicamente o texto conduz qualquer um que esteja habituado a representar as ideias físicas por trás para uma situação em que as suas concepções passam a ser interrogadas. Diante desta indagação, o narrador demonstrará a partir de raciocínios e intuições que estas concepções são vagas para o olhar humano, e que não revelam a sua natureza, isto é, a essência perante a imagem refletida. Nesse trecho é importante ressaltar o binômio colocado entre os fatos e os mistérios por trás dos fatos. Partindo dessa ideia, é interessante construir junto com os educandos as concepções que podem ser extraídas ao ler este trecho. Quais seriam as ideias prévias que tiveram, ou passaram a ter após essa leitura, o que acharam e o que entenderam? Etc. Cabe ao educador, por meio dessa aproximação expor o que o narrador gostaria de dizer quanto à concepção do físico. O que seria na verdade um espelho? De que trata o espelho? O que ele mostra? São uma das possíveis questões que naturalmente podem surgir após esta breve leitura. E por meio disso, usando o conto como instrumento mediador, o conceito atrelado pelas noções da óptica pode ser destrinchado.

Numa possível atividade com os educandos, poderiam acontecer produções de textos por eles, onde pudessem investigar as diversas formas que um espelho pode representar dentro do mundo natural entorno das questões objetivas e subjetivas. É natural que as concepções prévias dos educandos possam de uma forma ou de outra serem contraditórias, mas é por meio delas que poderemos atingir nossos objetivos, isto é, apresentar um paralelismo entre o mundo subjetivo e o mundo construído objetivamente pelas leis da óptica.



*Sombras projetadas numa caverna, referente a alegoria da caverna de Platão*

II. Partindo do concreto, o narrador apresenta em seu discurso a informação de que existem vários tipos de espelhos que refletem a nossa imagem, mas nem todos eles são fiéis a sua reprodução, sendo que para alguns podemos alegar que refletem com mais destreza a imagem fiel, e outros que não seriam tão dignos de reproduzir quem somos. A partir desse ensaio, outra vez o narrador coloca um inquérito: qual espelho representa a tua feição real? E sendo irônico ele problematiza, não a questão da polidez, da superfície totalmente lisa, da curvatura do espelho, mas da constante mudança de nós mesmos perante o espelho. Sendo assim impossível ter um retrato que representasse com fidelidade a nossa imagem. Nesse aspecto, fica claro que o tipo de imagem no qual o narrador se refere, vai além da própria concepção do físico. A linguagem do físico se limita a perceber o que é de externo ao humano, enquanto que o narrador busca uma interiorização da nossa espécie.

Um dos aspectos interessante que pode ser extraído desse trecho, que possivelmente podem auxiliar para uma formação crítica, seria justamente trabalhar com esta questão de buscar olhar para o seu interior, isto é, depois de ter a dimensão externa, trabalhado durante as aulas de física, podemos fazer atividades junto com os educandos onde eles pudessem descrever os variados tipos de formação de imagem, produzidos por diferentes formas de espelhos, seja planos, esféricos e cilíndricos.

Seria interessante que o educador levantasse os aspectos quando o narrador descreve os diferentes tipos de espelhos. Quais seriam eles? Ele está falando de formas? Tamanhos?

Quando ele questiona: “Como é que o senhor, eu, os restantes próximos, somos no visível?” De que natureza ele está querendo apontar?

E para finalizar, no final do texto, o narrador termina com a seguinte frase: “é de fenômenos sutis que estamos falando” o que seria esses fenômenos sutis? Afinal, o narrador se restringiu em falar da formação da imagem apenas nos espelhos planos. Que por sinal são os que mais reproduzem de forma digna as imagens iguais aos seus objetos. Será que o sutil está no simples ato de olhar no espelho? Ou no ato de olhar para seu interior, que o espelho não revela?



*Na barra, de Victor Haim*



*Observando, de Victor Haim*



*Correndo no ar, de Victor Haim*



*Mate, de Victor Haim*

III. Nesse trecho, o narrador se aprofunda em planos mais metafísicos, onde a representação deixa de ser objetiva. Os fenômenos observados, já não pertencem ao universo da física. Os conceitos agora passam a oscilar por diversas formas, e não há mais uma realidade concreta e objetiva. Ele aponta que estamos sujeitos a viciações dos nossos olhares, que aos poucos, no decorrer do tempo, ao longo da nossa idade foram se cristalizando, isto é, fomos perdendo a pluralidade das coisas. Quando criança, nosso olhar para o mundo era invertido, isto é, a visão de mundo perante as concepções da física para essa fase eram menos complexas. Pouco a pouco esta visão foi se modificando por uma série de raciocínios e lógicas, onde o que sobrou é meramente a concepção do mundo exterior que não capta mais nada do essencial humano. Uma fotografia mostra, nada mais do que um relance daquilo que já se foi. Ela não capta, não registra, não apreende o que é, o que foi, e o que será a figura humana diante das lentes. “Os olhos são as portas do engano” duvide deles. Esta parte do texto já entra numa fase de transição do mundo objetivo para o subjetivo, cabe ao educador buscar encontrar uma correlação, onde busque se informar sobre um pouco da trajetória de seus educandos, e com isso, abrir uma roda de conversa para que os educandos se sintam à vontade de falar sobre os espelhos que eles olham, mas não se veem, isto é, captando a metáfora trazida pelo narrador. Que mundo eles descrevem? Que pessoas eles esperam ser? Como se veem? São perguntas que possivelmente levarão para uma reflexão crítica de mundo onde eles estão inseridos.



*Espelho convexo, côncavo e espelho com curvatura. Fonte: <http://www.eciencia.usp.br/exposicao/optica.html>*



IV. Nesse último parágrafo selecionado do conto, o narrador revelou a sua visão perante o espelho, e como já havia antecipado, ele já não tem mais a sua imagem refletida, só a do ambiente a sua volta. Simplesmente já não enxerga o seu exterior humano, mas tem a noção da sua existência, o transparente contemplador, no qual se auto declara. O que é ser invisível perante um espelho? O que é não ver mais a sua imagem refletida? O que se perdeu? Mas em compensação, qual foi o ganho? Nessa metáfora que o autor do texto constrói, é extremamente sutil perceber um dos aspectos mais interessantes que numa possível interpretação, pode-se entender que a essência humana não está em contemplar a imagem caracterizada pelo lado externo, mas na ausência dela o espelho também pode ser a porta que revela o interior, o que está dentro, o que não se pode ver, o que não está em registro. Nesse sentido, o significado de espelho passa a assumir outra categoria, no sentido que Guimarães Rosa se inspirou no conto do Machado de Assis de mesmo nome (ver leituras recomendadas).

Espelhos são muitos, mas todos eles apresentam o mundo no qual nossos olhos foram preparados para enxergar. O que vemos são meramente construções estabelecidas pelo jogo de palavras e significados, pela lógica e a série de raciocínios. Como o texto deixa claro, nossos olhares estão carregados de viciações. O olhar do físico, do narrador, ou de qualquer um, são caracterizados por diferentes viciações. A do físico, é evidente que ele olha o mundo mais objetivo, onde as formas existem e são vistas. O narrador, já propõem olhar o mundo a partir daquilo que os nossos olhos não captam. E qualquer outro, dirá um mundo onde se baseará nas suas percepções construídas de acordo com suas vivências e formações.



*Domínio público*

Com esse parágrafo, dá-se para trabalhar muito com a questão da consciência. Consciência no sentido de revelação. Onde olharemos a nossa volta e perceberemos um mundo atribuído de sentidos e significados. Constituído de pessoas diversas dentro de uma rede de complexidade. Em sala de aula, temos uma representação microscópica da sociedade. Dos valores constituídos da ética e da política. Talvez, o sentido que podemos associar ao conceito de espelho nesses parágrafos está atrelada de fato na ideia de reflexão, mas no sentido psicossocial. O sentido da palavra reflexão torna-se mais ampla e permeia além da física outros espaços do saber.

#### 1.4. Uma análise por meio de poesia e música

O uso de poesias e letras de música são ferramentas bastante úteis para o desenvolvimento de conceitos ligados ao conhecimento. Por elas apresentarem um padrão estético, muitas das vezes possibilitam mediar às trocas de informações entre os sujeitos. Como são manifestações culturais muito presentes no dia-a-dia, cabe ao educador buscar aproximar esta técnica para o próprio interesse dos educandos. Numa escolha de palavras, e numa construção lógica de raciocínio, a poesia consegue expressar de forma sintética, tanto objetiva, como subjetivamente, determinados conceitos ou emprego de palavras. E de maneira análoga, a música também consegue trazer, num ritmo que agrada indivíduo a indivíduo questões que refletem as realidades que os cerca. Mas como separar a música da poesia? Uma vez que elas podem se transmutar, onde há sonoridade no que chamamos poesia, ou versos poéticos no que chamamos música. Cabe ao educador de física não fazer esta distinção, o mais importante que pode ser feito é integrar os dois, mas mantendo as suas particularidades. Brincar com os ritmos, instigar as imagens que os educandos constroem perante essas melodias, são estratégias que podem fazer a conexão com o universo que a física se propõem a investigar. Buscar encontrar textos poéticos e letras de música dentro do tema que se queira trabalhar é muito provável que encontrará um grande acervo.

**“O olho vê, a lembrança revê, e a imaginação transvê. É preciso transver o mundo.”**  
(Manoel de Barros)



## 1.5. Prova em Verso

Abaixo segue um poema extraído do livro “Poemas: Rondó da liberdade” de Carlos Marighela, publicado pela editora brasiliense em 1994. Marighela nasceu em Salvador, Bahia em 1911 e faleceu vítima da ditadura militar em 1969. Abandonou o curso de engenharia civil em 1936, e filiou ao Partido Comunista Brasileiro (PCB). Em 1967 rompe com o partido e forma com outros companheiros de luta a Ação Libertadora Nacional que tinha como objetivo formar um movimento armado para treinar grupos guerrilheiros clandestinamente.

### Prova em Verso

Doutor, a sério falo, me permita,  
 Em versos rabiscar a prova escrita.  
 Espelho é a superfície que produz,  
 Quando polida, a reflexão da luz.  
 Há nos espelhos a considerar  
 Dois casos, quando a imagem se formar.  
 Caso primeiro: um ponto é que se tem;  
 Ao segundo um objeto é que convém.  
 Seja a figura abaixo que se vê,  
 O espelho seja a linha betacê.  
 O ponto P um ponto dado seja,  
 Como raio incidente R se veja.  
 O raio refletido vem depois  
 E o raio luminoso ao ponto 2.  
 Foi traçada em seguida uma normal  
 O ângulo I de incidência a R igual.  
 Olhando em direção de R segundo,  
 A imagem vê-se nítida no fundo,  
 No prolongado, luminoso raio,  
 Que o refletido encontra de soslaio.  
 Dois triângulos então o espelho faz,  
 Retângulos os dois, ambos iguais.  
 Iguais porque um cateto tem comum,  
 Dois ângulos iguais formando um.  
 Iguais também, porque seus complementos  
 Iguais serão, conforme uns argumentos.

### Por vértice opostos R e J

São iguais assim como R e I.  
 Mostrado e demonstrado o que é mister,  
 I é igual a J como se quer.  
 Os triângulos iguais viram-se acima,  
 L2, P2, iguais, isto se exprima.  
 IMAGEM DE UM PONTO  
 Atrás do espelho plano então se forma  
 A imagem, que é simétrica por norma.  
 IMAGEM DE UM OBJETO  
 Simétrica, direita e virtual,  
 E da mesma grandeza por final.  
 Melhor explicação ou mais segura  
 Encontra-se debaixo na figura.



Carlos Marighela



## 1.6. O que sobrou do céu

Abaixo segue a letra de música “O que sobrou do céu” da banda O Rappa. Reparem principalmente na primeira estrofe a organização dos versos, que permitem a construção de uma imagem associada ao fenômeno da reflexão.

Faltou luz mas era dia  
 O sol invadiu a sala  
 Fez da TV um espelho  
 Refletindo o que a gente esquecia  
 Faltou luz mas era dia

O som das crianças brincando nas ruas  
 Como se fosse um quintal  
 A cerveja gelada na esquina  
 Como se espantasse o mal

O chá pra curar esta azia  
 Um bom chá pra curar esta azia  
 Todas as ciências de baixa tecnologia  
 Todas as cores escondidas nas nuvens da rotina

Pra gente ver  
 Por entre prédios e nós  
 Pra gente ver  
 O que sobrou do céu



Domínio público

O Rappa é uma banda de música que surgiu no Rio de Janeiro em 1993, com estilo variando entre o reggae até o rock alternativo. O primeiro álbum lançado foi em 1994, que levou o próprio nome da banda.

Ao lado estão representados os atuais integrantes, da esquerda para a direita: Lauro Farias, Xandão, Marcelo Falcão e Marcelo Lobato. A letra “O que sobrou do céu” composta por Marcelo Yuka (ex integrante) aparece pela primeira vez no terceiro álbum Lado B, Lado A de 1999.



Caricatura do grupo O Rappa por Gil Brito, ilustrador da revista Caros amigos



## 1.7. Amém

Abaixo segue a letra de música da banda O Teatro Mágico. Leia com atenção e tente relacionar com os conceitos de óptica.



O Teatro Mágico é uma banda de música, criada em 2003 por Fernando Anitelli (ver foto acima) no município de Osasco do Estado de São Paulo. A banda é uma mistura de música com circo, teatro e poesia. A letra de música “Amém” (ao lado) foi extraído do primeiro álbum de 2003 intitulado “O Teatro Mágico: Entrada para Raros”.



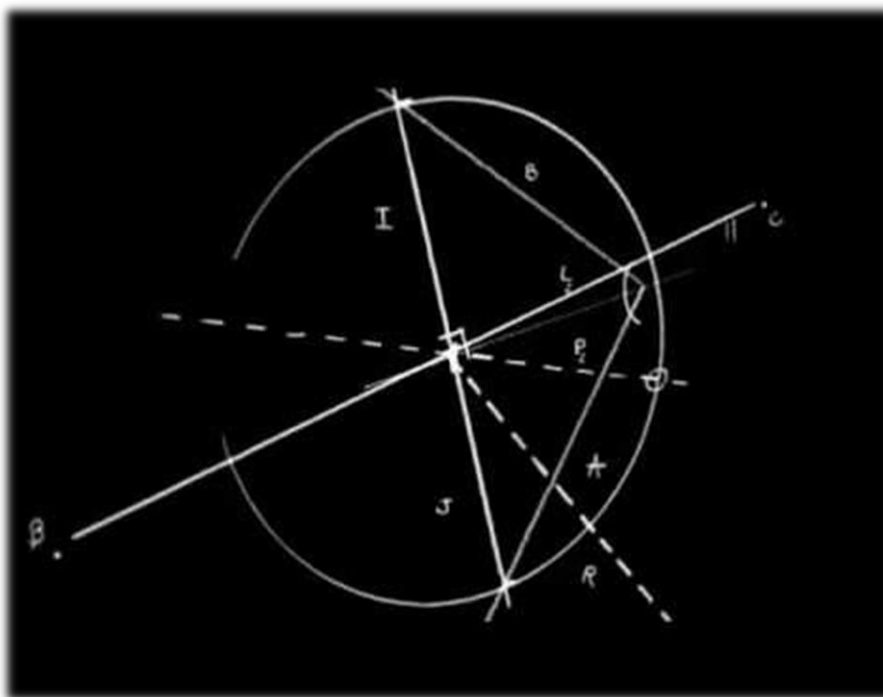
Jonty Hurwitz

Pelo retrovisor enxergamos tudo ao contrário  
 Letras, lados, lestes  
 O relógio de pulso pula de uma mão para outra  
 E na verdade nada muda  
 O menino que me pediu R\$0,10  
 É um homem de idade no meu retrovisor  
 A menina debruçando favores toda suja  
 É mãe de filhos que não conhece  
 Vende-os por açúcar, prendas de quermecce  
 A placa do carro da frente  
 Se inverte quando passo por ele  
 E nesse tráfego acelero o que posso  
 Acho que não ultrapasso  
 E quando o faço nem noto  
 Outras flores e carros surgem no meu retrovisor  
 Retrovisor é passado, é de vem em quando do meu lado  
 Nunca é na frente  
 É o segundo mais tarde, próximo, seguinte  
 É o que passou e muitas vezes ninguém viu  
 Retrovisor nos mostra o que ficou  
 O que partiu, o que agora só ficou no pensamento  
 Retrovisor é mesmice em trânsito lento  
 Retrovisor mostra meus olhos com lembranças mal resolvidas  
 Mostra as ruas que escolhi  
 Calçadas e avenidas  
 Deixa explícito que se for pra frente  
 Coisas ficarão pra trás  
 A gente só nunca sabe que coisas são essas

## 1.8. Problematizações

I. “Prova em verso” foi um poema de Carlos Marighela escrito no antigo ginásio da Bahia no dia 29 de agosto de 1923. Este poema responde a uma prova de avaliação de física. O mais interessante, é que este poema retrata das leis da óptica para a formação da imagem. Cabe relacionar a cada verso, a forma que o poeta construiu para descrever como são traçados os raios luminosos nos problemas típicos da óptica geométrica. Para melhor contextualizar, vale apenas assistir um filme documentário sobre a história de vida de Marighela que chama “Marighella” dirigido por Isa Grinspum Ferraz em 2012.

Como instrumento mediador, este poema apresenta boa parte dos aspectos que o professor de física possa utilizar para desenvolver a temática dos conteúdos trabalhados em óptica a respeito da formação de imagem em espelhos.



*Trecho da cena do filme Marighella na hora que é apresentado o poema Prova em Versos*

II. “O que sobrou do céu”. Nessa letra de música vale notar a referência implícita nos primeiros versos à alegoria da caverna de Platão (ler a República). O mais interessante é observar essa analogia se utilizando dos conceitos da óptica para a formação da imagem. “Faltou luz mas era dia, o sol invadiu a sala. Fez da TV um espelho refletindo o que a gente esquecia”. Trabalhando esses versos em sala de aula, é interessante deixar com que os educandos a interpretem da sua forma. Perguntas como, o que refletiu na TV? Que imagem se formou? E especificamente, o que o compositor gostaria de dizer no verso: “Refletindo o que a gente esquecia” são maneiras interessantes de trabalhar os conceitos da óptica. Mais à frente, em outros versos dá-se para trabalhar com outras questões. Por exemplo, no verso: “Todas as cores escondidas

nas nuvens da rotina” Em que sentido quer dizer isso? Qual o sentido colocado na letra de música no geral? Que cores são essas? Uma aula que possibilite começar com esses questionamentos, pode ser muito bacana para a formação crítica dos educandos. Trabalhar com a subjetividade é uma estratégia que pode ser bastante útil para desenvolver um senso crítico das coisas.



III. Amém. Como podem ser analisados nessa letra de música, o conceito de imagem formada ao contrário pelo retrovisor, já deixa explícito o que diz respeito às leis da reflexão. No contexto geral, essa letra pode dialogar muito com o conto “O Espelho” de Guimarães Rosa. Novamente, é interessante notar que os versos partem de uma concepção concreta, para algo mais subjetivo. “Pelo retrovisor enxergamos tudo ao contrário, letras, lados, lestes”, isso são as características que o físico irá explicar, mas a letra vai além dessas características, ela irá fazer uma reflexão sobre as condições que muitas as vezes não reparamos no dia a dia (também pode dialogar com o sentido da letra “O que sobrou do céu”).

No conjunto de atividades pensadas, dá-se para trabalhar com os educandos os sentidos concretos no mundo regido pelo pensamento físico, e o sentido empregado pelo pensamento filosófico. Discutir o concreto por meio da subjetividade, ou a subjetividade por meio do concreto são situações ricas para compor uma aula que permita a leitura crítica dos significados atribuídos.

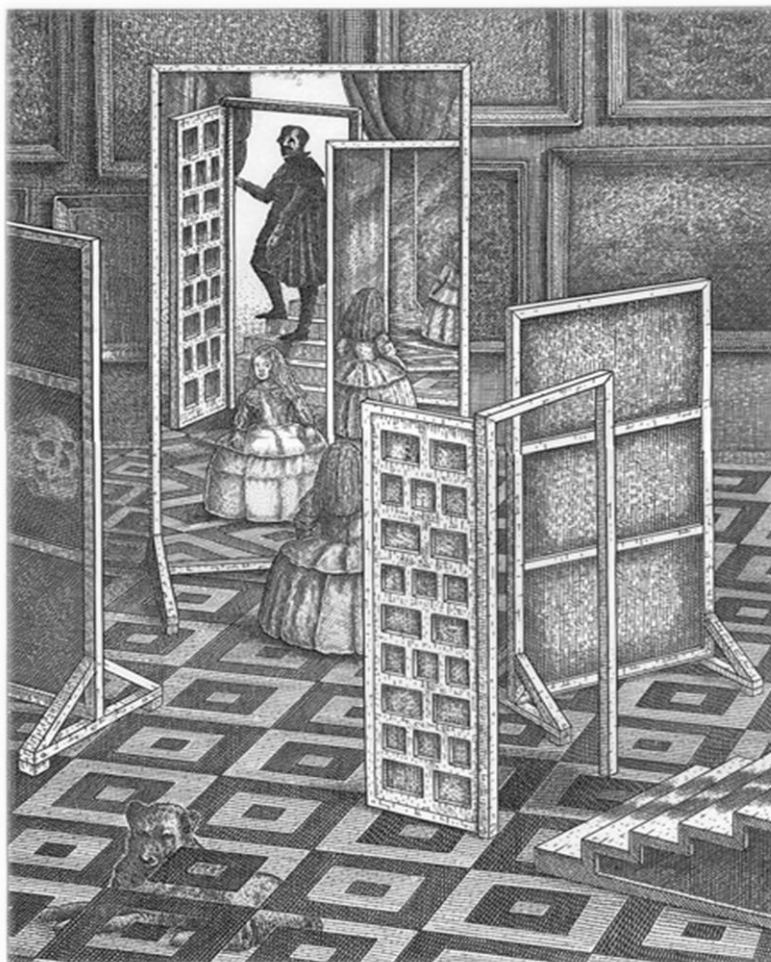


“Quando nos olhamos em um espelho, a vista viaja a 300 mil km por segundo. O cérebro interpreta o que recebeu pelo olho. Isso demora alguns milésimos de segundo. Assim, o que vemos em um espelho é nós mesmos... um pouquinho mais jovens”. Tirinha de Liniers. (<http://www.macanudo.com.ar/2014-07-17>)

## Parte dois: óptica nas artes plásticas

### 2.1. Uma análise por meio de óleo sobre tela

A arte e a ciência são dois universos que possibilitam olhares humanos sobre o mundo. Cada uma com seu poder de transformação e sua busca pela natureza. As primeiras obras feitas sobre tela buscavam representar o concreto, isto é, a natureza morta e o seu retrato. A ciência por sua vez, antes da revolução copernicana, buscava representar os fenômenos naturais com os modelos abstratos, dada a perfeição divina. Nesse cenário, a arte e a ciência assumiam papéis de grande importância na sociedade, inclusive até hoje. Na medida que o tempo avançava, novos movimentos surgiram tanto na arte quanto na ciência. Enquanto que a arte perdia espaços pelos avanços tecnológicos, como por exemplo a invenção da primeira máquina fotográfica em meados do século XVIII, onde para arte a representação fiel do objeto já não fazia sentido, uma vez que a revelação fotográfica era de fato um retrato tão digno da natureza, a arte passou a se reinventar a partir do movimento impressionista, surgido na França em 1874, passando para uma mudança de percepção cada vez mais abstrata da representação. A ciência ao conquistar espaços cada vez mais racionais a respeito dos fenômenos naturais, passou a propor modelos cada vez mais dignos e fieis da natureza, tornando-se mais concreta a sua forma de representa-la.



Velazquez *Spectaculum* (1998). Istvan Orosz



## 2.2. Reflexão Proibida

René Magritte nasceu na Bélgica em 1898 e faleceu em 1967. Foi um dos principais fundadores do movimento surrealista no início do século XX. Por meio do manifesto surrealista lançado em outubro de 1924 por André Breton, principal nome na literatura, artistas como Max Ernst e Salvador Dalí nas artes plásticas, e Buñuel no cinema, foram os percussores desse movimento. Abaixo está a obra “Reflexão Proibida”. Ao lado o rosto de René Magritte.



*Reflexão Proibida (1937) de René Magritte*

### 2.3. Narciso

Michelangelo Merisi da Caravaggio nasceu em 1571 na Lombardia, Itália, e faleceu em 1610. Conhecido como Caravaggio, que era o nome da cidade no qual foi morar, tornou-se um dos principais representantes da arte barroca. O quadro “Narciso” (ver figura abaixo) se encontra no Palazzo Barberine, em Roma. Ao lado, o retrato de Caravaggio representado pelo artista Ottavio Leoni.

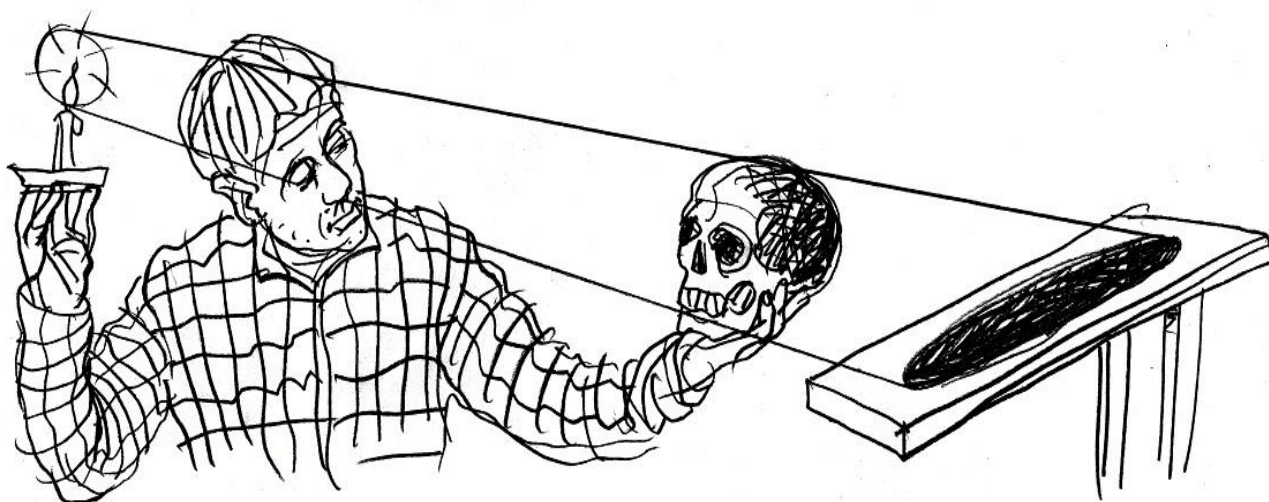


Narciso (1594-1596) de Caravaggio

## 2.4. Problematizações

### I. Reflexão Proibida

Ao olhar um quadro como esse representado por René Magritte, não tem como não notar algo de estranho. Esse estranhamento é muito interessante de trabalhar porque contradiz com as nossas percepções. A arte surrealista pode ser totalmente explicitada nesta representação. Surreal porque nos nossos padrões de realidade, o quadro não representa o mundo dado por uma lógica racionalista. Esses padrões estão de acordo com as nossas percepções empíricas. Praticamente boa parte das pessoas reconhecerão a anomalia no quadro. Uma “reflexão proibida”, independente do nome dado pelo artista, qualquer uma pessoa que já tivesse se olhado num espelho, ou visto sua imagem refletida por alguma outra superfície, dará conta que aquele tipo de representação feita pelo artista não podia acontecer. Por que? Mas por que então ele a representou desta forma? Um quadro como esse pode ser bastante transformador para a visão do educando e até a nossa como educador. Ele traz aspectos que trabalham com a contradição de forma que podemos refletir os velhos conceitos que já foram pré-estabelecidos e cristalizados que muitas das vezes não paramos para pensar. É interessante que o educador possa trabalhar com esse aspecto para introduzir “reintroduzir” os conceitos trabalhados na óptica. Na verdade, essa contradição irá revelar a concepção prévia dos educandos a respeito de como eles podem representar um objeto diante o espelho. Cabe nessa hora o educador, perante atividade de como representar a imagem do objeto, abordar o formalismo da óptica geométrica, como instrumento de intervenção para demonstrar como a imagem deveria ser formada de acordo com a lógica racional, o que seria a representação “certa” no mundo empírico que vivemos. O mais interessante que se deve notar ao trabalhar esse quadro, é o como ele possibilita trabalhar com a esfera objetiva e subjetiva. No conto “O Espelho” de Guimarães Rosa, o paralelo a ser feito é muito próximo para convergir numa mesma interpretação a que se queira chegar.



*Istvan Orosz*



## II. Narciso

Nessa obra de Caravaggio, referência ao mito do Narciso, retrata a representação da imagem refletida no lago. Em busca da beleza, Narciso sai a procura de seu reflexo, sem antes saber que aquela formação se tratava da sua própria pessoa. Contemplando a beleza desse fenômeno, e apaixonado por esse reflexo, ele se joga no lago profundo para encontrá-la. Sem retorno, diz a lenda que nasceu uma flor no lago que ele tanto se admirava.

Como está sendo representado o fenômeno da reflexão nesse quadro? Quais elementos que permitam falar de que se trata de uma reflexão em superfície plana? Questões como essas podem ser bastante interessantes para começar a trabalhar os tipos característicos da imagem formada num espelho plano. Seja ela, virtual, e de mesmo tamanho que a do objeto. Em paralelo com a obra “A reflexão proibida” de René Magritte, o que tem de comum e de contraditório? E em paralelo com o poema de Carlos Marighela, “Prova em versos” o que tem em comum? Mais uma vez, trabalhar com conceitos que permitam se utilizar de outras linguagens, podem ser muito enriquecedores para a formação crítica dos educandos. Quando eles conseguem fazer esses paralelos, isso já mostra indícios de como avalia-los nos processos de ensino e aprendizagem.

Propostas de atividades que sejam de interação, que busquem fazer com que os educandos e educandas produzam seus próprios relatos, suas próprias representações, seja na linguagem do conto, da poesia, das artes plásticas, entre outras, são motivadoras para que participem conjuntamente na criação do conhecimento.

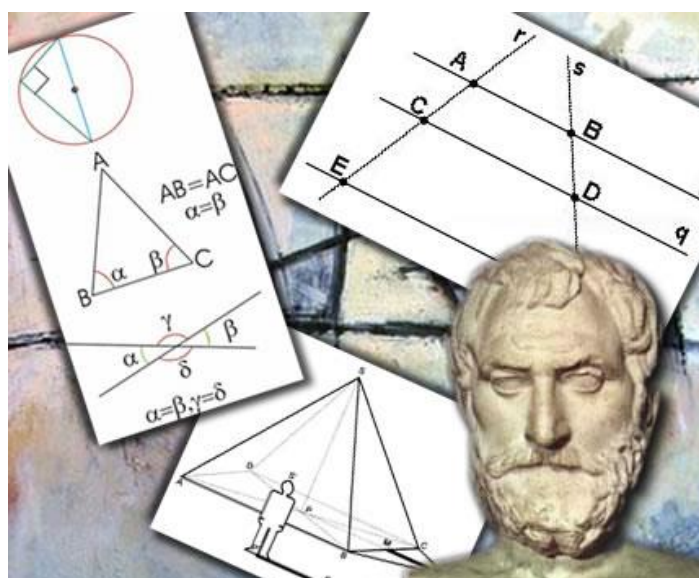


*Istvan Orosz*

## Parte três: óptica na matemática

### 3.1. Uma análise por meio da óptica geométrica

A matemática é uma linguagem bastante íntima para os físicos. É através dela que foi consolidado uma ciência racional dos fenômenos naturais. Por meio de fórmulas e expressões foram constituindo as leis físicas que descrevem o mundo que nos cercam. Pela sua beleza, e lógica por trás, a ciência possibilitou alcançar lugares no mundo nunca imaginados. Através desses algoritmos possibilitamos viajar no tempo, no espaço, dentro da microfísica até a macrofísica. A ambição do físico de encontrar uma lei, um princípio que permitisse a construção de uma teoria só foi alcançado pelo uso dessa linguagem. Por um lado, o triunfo de Newton ao resolver o problema da mecânica galileana com a mecânica celeste de Kepler, dando um novo formalismo matemático, ajudou a construir o edifício da ciência clássica culminando com a teoria da gravitação universal. Por outro lado, chegando aos seus limites, típica de cada linguagem, foi necessário reformar o edifício para dar margem de explicar novos fenômenos que foram sendo observados, onde a teoria da relatividade geral ocupa esse cenário. E nesse mesmo sentido, no mundo dos quanta, houve a necessidade de desenvolver uma matemática que possibilitasse representar a estrutura da matéria, onde a teoria quântica governa. Entre esses dois pilares constituídos pelo formalismo matemático, cabe apreciá-las como se fosse uma poesia. Já dizia o poeta Pessoa “O binômio de Newton é tão belo como a Vênus de Milo. O que há é pouca gente para dar por isso”.

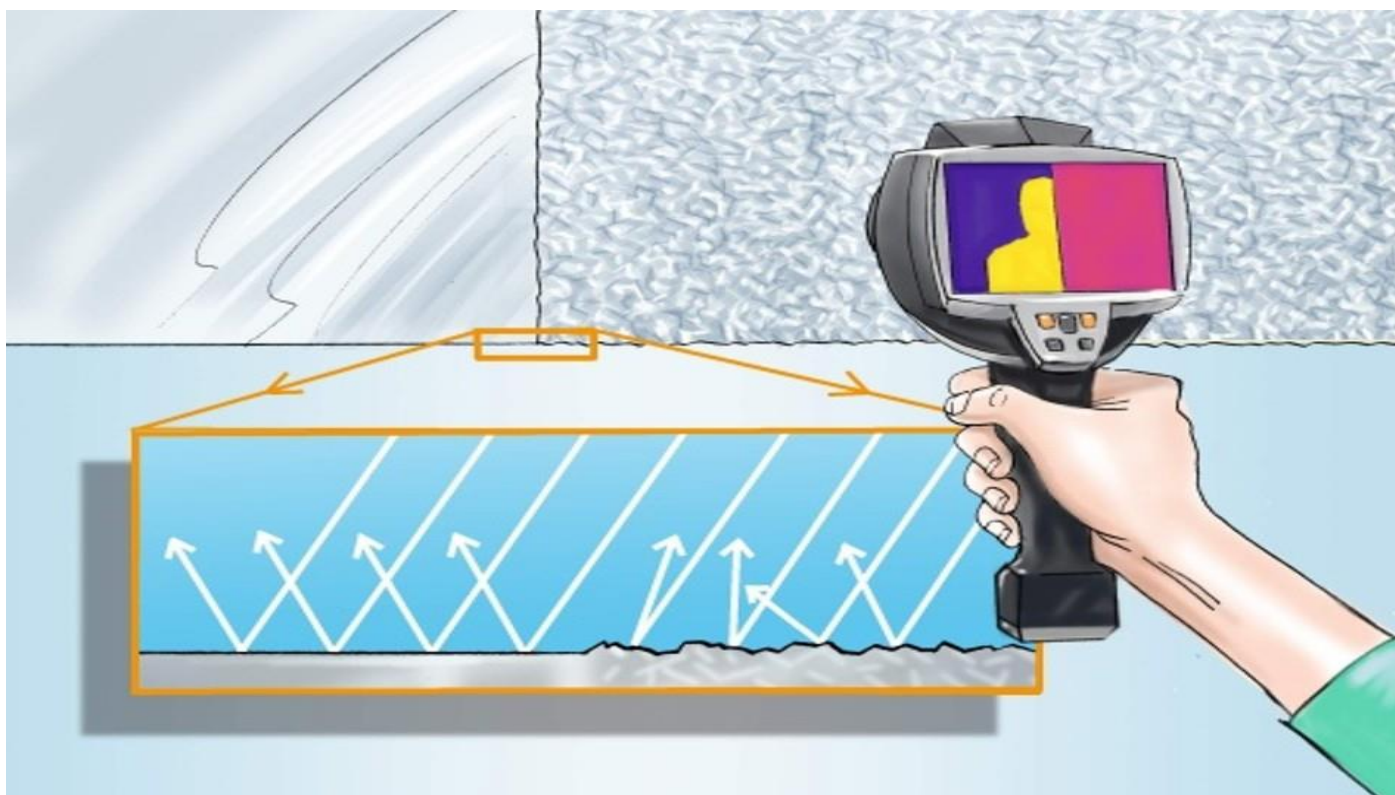


Domínio público. Representação de Tales de Mileto.

A óptica geométrica, pelo próprio nome dado, é a técnica de representar os traçados luminosos a partir de medidas angulares, formadas por planos, retas ou curvas. Numa união estável com a geometria, a óptica erguerá o edifício das suas leis com o apoio da trigonometria. Mesmo sabendo que hoje a óptica é considerada um ramo do eletromagnetismo, boa parte dos fenômenos associados a reflexão e refração da luz são descritos pela técnica geométrica.

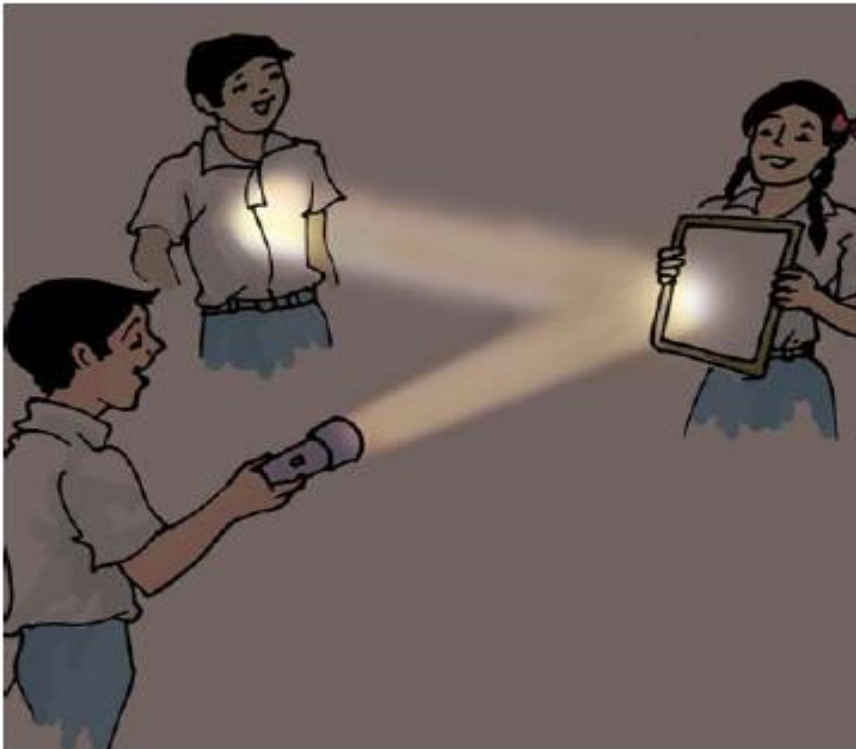
### 3.2. Reflexão difusa e reflexão regular

A **reflexão difusa**, pelo próprio nome está associada a um tipo de reflexão onde a luz ao incidir sobre determinada superfície, dita não lisa, ou em outras palavras rugosa, sofrerá um espalhamento. É devido exatamente a esse fenômeno que observamos os objetos em perspectiva, os pontos de maior luminosidade refletida, a sombra e a penumbra, e a dimensão de profundidade. Esse espalhamento na verdade está associado a um feixe de luz que incidi sobre a superfície, onde a cada ponto dessa superfície que a luz atinge ela refletirá para direções diferentes, respeitando mesmo assim as leis da óptica. No geral, podemos associar o fenômeno da reflexão difusa aos raios de luz que saem após a reflexão em direções aleatórias por todo o espaço. E é também devido a esse fenômeno de difusão que podemos observar o mesmo objeto em posições diferentes. Abaixo segue ilustração para o fenômeno da reflexão difusa (traços aleatórios a direita) e reflexão regular, se caso conseguíssemos “separar” os raios luminosos utilizando um aparelho.

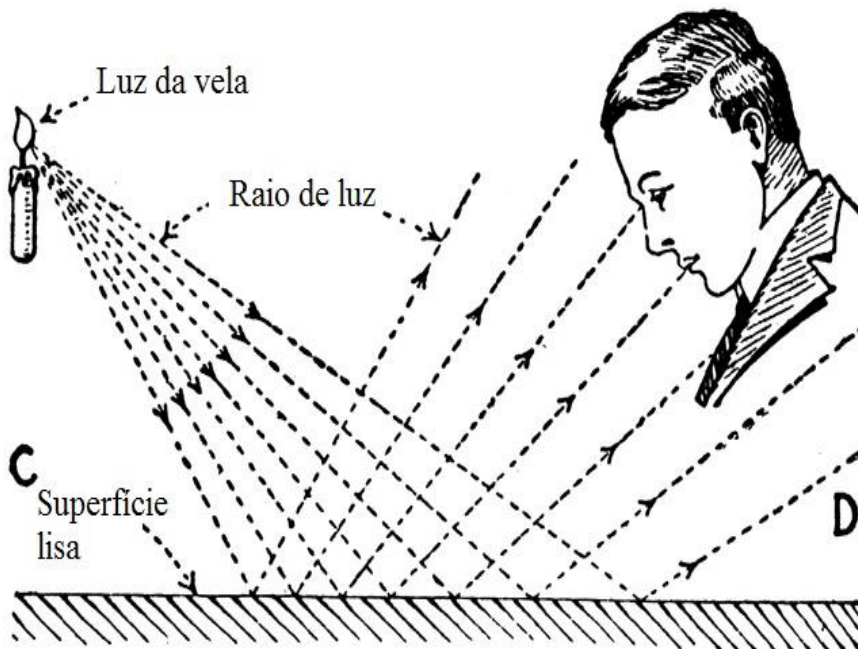


*Specular and diffuse reflection. Thermography Measurements On Glass, Metal and Specular Reflection*

A **reflexão regular**, também conhecida como reflexão especular, pressupõem um ideal de superfície completamente polida. O feixe de luz incidente sobre esta superfície fará com que os seus respectivos raios refletidos saiam na mesma direção e sentido. Isto é, um feixe de luz de raios paralelos ao incidir numa superfície plana, sairão todos em paralelos após a reflexão. Ao contrário da reflexão difusa, se a superfície for completamente polida, não seria possível observarmos um mesmo objeto em diferentes posições. Abaixo segue um esquema ilustrativo para a reflexão regular.



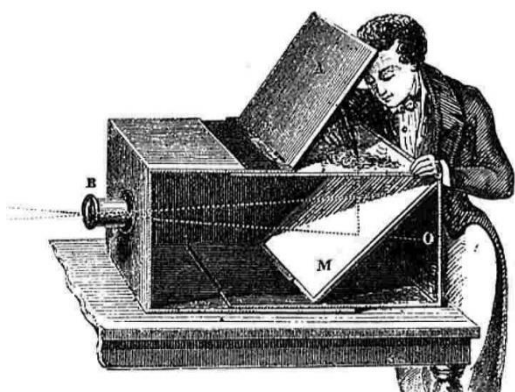
*Domínio público*



*Domínio público*



### 3.3. Leis da reflexão



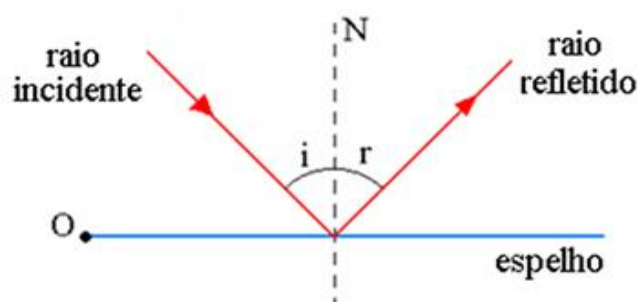
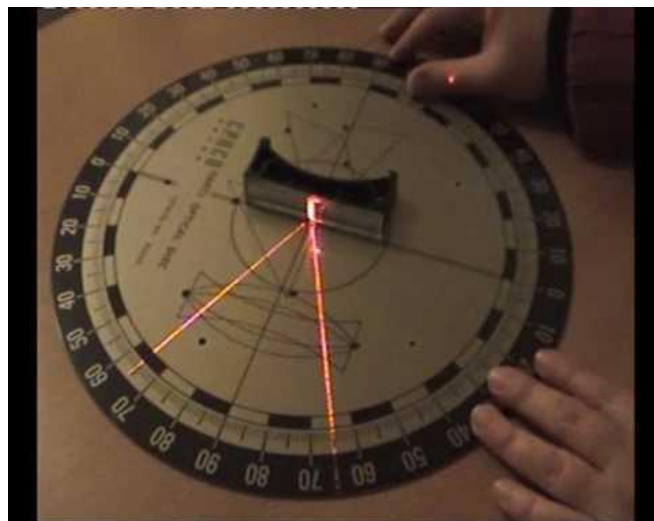
Domínio público. Câmera escura

- a) Propagação retilínea da luz
- b) Independência dos raios de luz
- c) Reversibilidade dos raios de luz

Basicamente as leis da reflexão são duas, e elas serão aplicadas a todo tipo de superfície que permita a reflexão. Seja em espelhos esféricos, cilíndricos, curvos e planos, essas leis descrevem com grau de precisão o tipo de formação de imagem que será esperado. Os traçados raios de luz idealizados para representar numa maneira esquemática, será bastante útil no estudo da formação da imagem para os desenhos geométricos. As técnicas de trigonometria, e as suas relações farão parte desse assunto para um formalismo matemático que descreva a natureza da forma como ela é. Essas leis são sustentadas de acordo com os três princípios a, b e c.

A **primeira lei** refere-se ao plano que a luz incidente forma com a luz refletida. Para que fosse esquematizado, foi necessário construir o formalismo geométrico onde o conceito de raio de luz seria representado por uma reta, e um conjunto dessas retas seria chamado de feixe. É claro que na realidade não se vê isso. A geometria é apenas um modelo de representação que será usado para descrever a direção, o sentido e a trajetória do feixe luminoso. A lei diz que o raio de luz incidente deve estar contido no mesmo plano que o raio de luz refletido. Esse plano é sempre perpendicular à superfície no qual ocorre a reflexão.

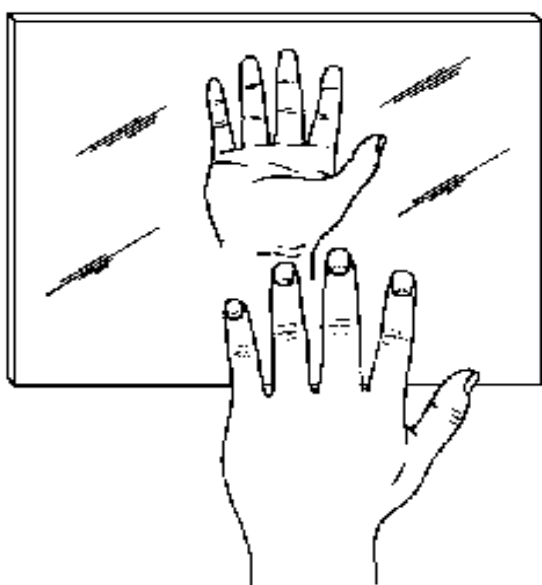
A **segunda lei** refere-se a uma evidência empírica que só foi explicada com o formalismo teórico das equações de Maxwell. Ela diz que os ângulos de incidência e reflexão da luz são iguais se comparados a um eixo em comum. Esse eixo é chamado de reta normal, ou apenas normal. Esta reta está contida no plano da luz incidente e refletida, e é também por isso perpendicular à superfície espelhada. A normal passa pelo ponto de incidência, isto é, o ponto no qual haverá a reflexão da luz. Na figura abaixo, está esquematizado as duas leis. Tente perceber as implicações dessas leis, pois em muitos materiais didáticos sempre aparecem elas, mas sem muita contextualização. Reparem que os raios incidentes e refletidos estão contidos no mesmo plano do disco, e os ângulos formados são iguais.



Domínio público

#### 4.4. Espelhos planos

Da classe de espelhos, o **espelho plano** é o mais simples de representar geometricamente a imagem formada. No todo, sua imagem é sempre igual e de mesmo tamanho que a do objeto. A única diferença, é que o sentido é invertido. Isto é, a mão esquerda do objeto, coincide com a mão direita da imagem. Em outras palavras, a imagem será sempre virtual perante o objeto que a formou. O mais interessante de se trabalhar com os espelhos planos, são as associações que se podem fazer entre eles. Esses espelhos estão muito presentes no nosso dia-a-dia. Abaixo seguem figuras diversas referentes a formação da imagem perante o espelho plano.



Domínio público



Domínio público

No plano tangente ao ponto de incidência, chamaremos de  $O$  a posição onde ocorrerá a reflexão da luz,  $N$  a reta normal que passa por  $O$ ,  $\theta_i$  o ângulo formado entre a normal e o raio de luz incidente, e  $\theta_r$  o ângulo refletido formado entre a normal e o raio emergente. Combinando essas nomenclaturas, e aplicando-os juntos aos princípios da óptica geométrica, mais as duas leis, chegaremos nas seguintes formulações matemáticas:

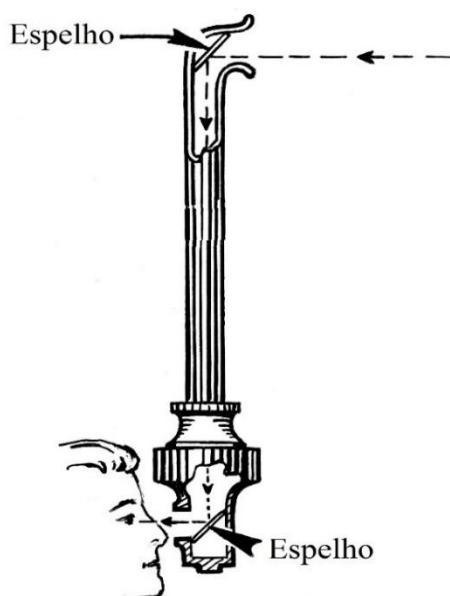
$$\theta_i = \theta_r$$

Onde  $i$  e  $r$  são os raios de luz incidentes e emergente (refletidos), que estão contidos no mesmo plano tangente a superfície espelhada. Esses ângulos são iguais porque foram extraídas as informações a partir dos fatos empíricos. O que caracteriza a imagem em espelho plano ser igual ao objeto é justamente porque essa equação mostra que há uma simetria. Mesmo que não fosse em espelhos planos, a simetria se mantém, mas o mudará é o tamanho do objeto, ou se estará invertido de ponta cabeça.

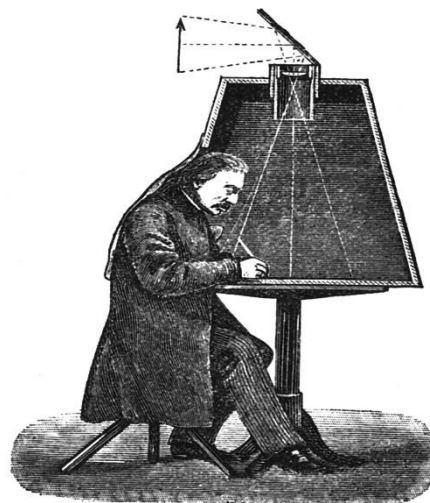
## Parte quatro: experimentos

### 4.1. Periscópio

A parte experimental na física é fundamental para testar as teorias. E por meio das análises dos dados que podemos julgar se a teoria é uma boa aproximação do fenômeno observado. No caso da óptica geométrica, boa parte das leis e princípios foram descritos após as evidências empíricas. Só com o triunfo do eletromagnetismo descritos pelas quatro equações de Maxwell que foi melhor compreendido a natureza da luz e seus fenômenos associados. Desde o a teoria corpuscular da luz utilizada por Isaac Newton ou a teoria ondulatória da luz proposto por Huygens, não se sabia o que ela era de fato. Até que, após a luz ser considerada uma onda-eletromagnética por Maxwell no século XIX, foi contestada no início do século XX. Na verdade caracterizada como de natureza dual, pois com o efeito fotoelétrico, era evidente que a luz aparentava características corpusculares, e em outros fenômenos características ondulares.

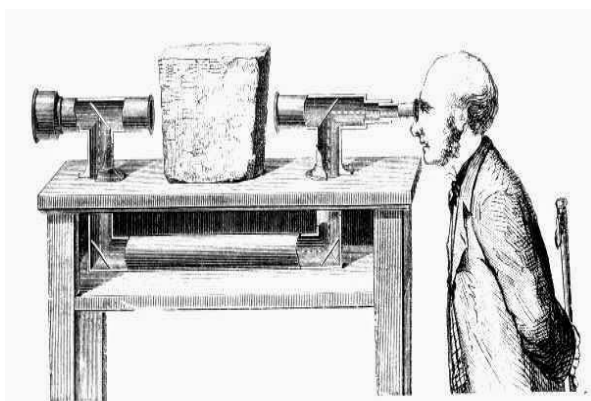


Domínio público



Domínio público

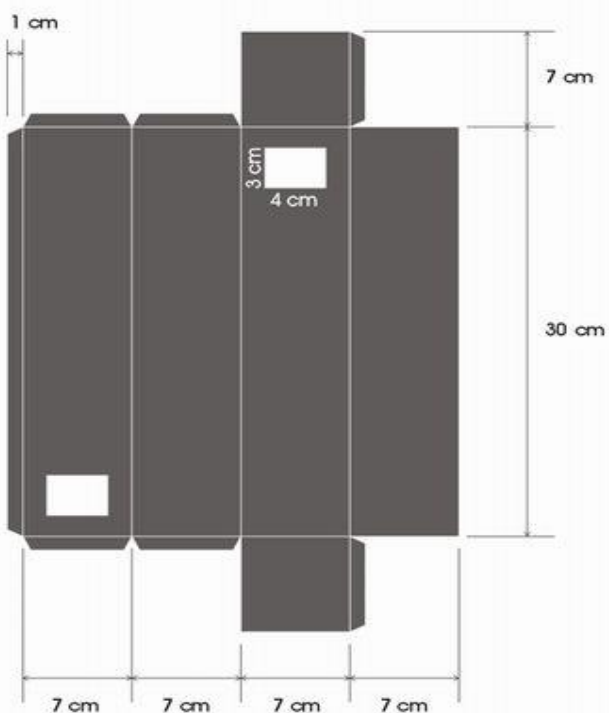
Este experimento consiste em construir um instrumento óptico chamado de **periscópio**. Este instrumento é constituído pela associação de dois espelhos planos, separados por uma determinada distância, e inclinados num ângulo de  $45^\circ$ . Os feixes de luz que incidirem em um dos espelhos, ao refletirem seus raios serão direcionados para o outro espelho (ver a ilustração ao lado). Este instrumento pode ser usado para diversas utilidades. Seja para observar lugares altos, ou baixos, ou para redirecionar o feixe incidente numa direção que se queira observar. Essa associação de espelhos é muito útil para os submarinos manterem a sua localidade ao observarem objetos acima do nível do mar.



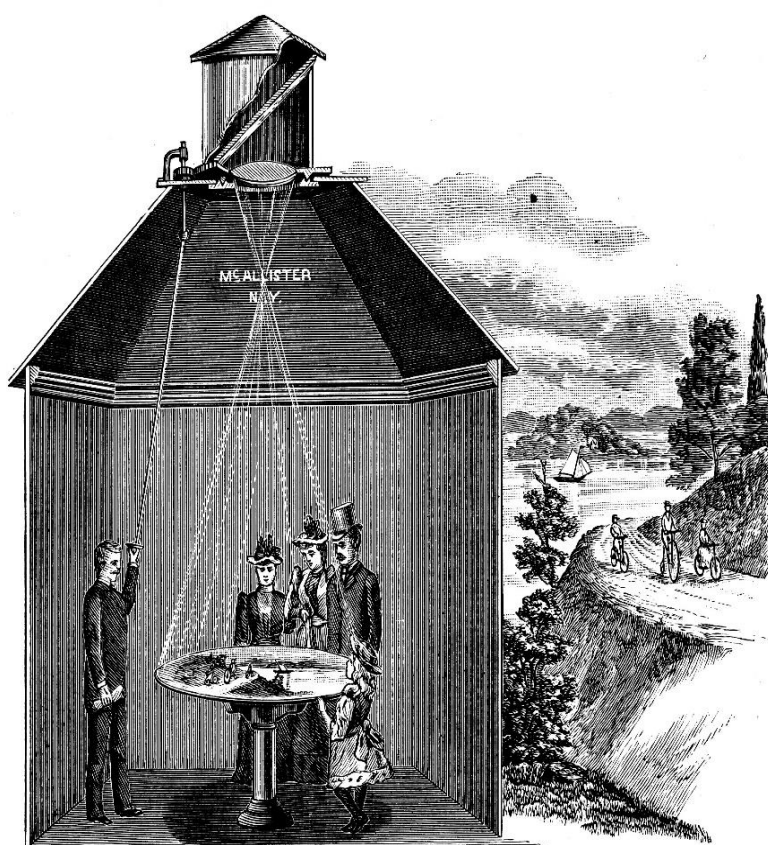
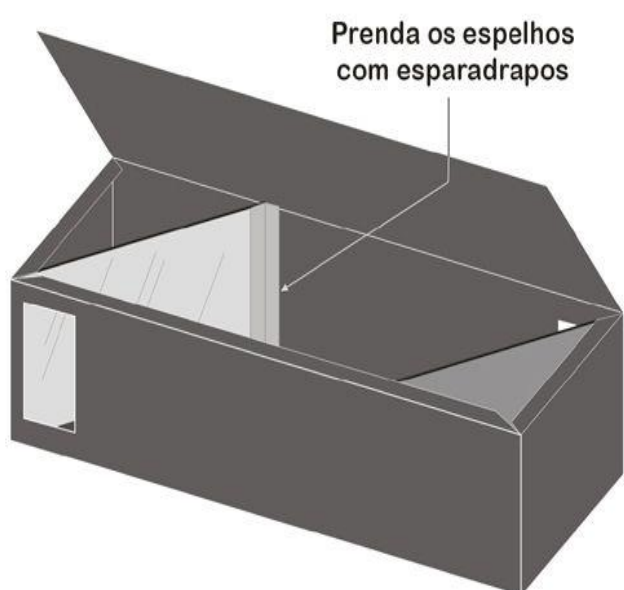
Domínio público



O seguinte experimento foi extraído e adaptado a partir do site Portal do Professor (<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.html>) e do material “Guia pedagógico: projetos e conteúdos digitais. A física do cotidiano. Experimento: óptica” do governo do estado da Bahia. Por meio desse aparato experimental, o educador poderá recordar, ou introduzir os conceitos associados a óptica através do uso da associação de dois espelhos.



- Desenhar o corpo do periscópio conforme mostrado na figura ao lado.
- Recortar dois retângulos para poder ter a visão dos espelhos.
- Fechar as dobraduras e montar o periscópio conforme a figura abaixo.
- Colocar os espelhos como indicados na figura, no interior da montagem, ajustando-os para uma inclinação de  $45^\circ$ .
- Usar fitas adesivas para fixar tanto o espelho nas laterais internas da caixa como para o fechamento final da caixa.



## Referências bibliográficas

- ALMEIDA, Maria C. X. Narrativas de uma ciência da inteireza. In. SOUZA, Elizeu C. (Org). Autobiografias, histórias de vida e formação: pesquisa e ensino. Porto Alegre, EDIPUCRS, Salvador: EDUNEB, 2006.
- GARCIA, J. Eduardo. Hacia una teoria alternativa sobre los contenidos escolares. Sevilla, Díada editorial S. L., 1998.
- LEÃO, Heloisa Helena F. C. A estética na visão transdisciplinar. Revista Terceiro Incluído: transdisciplinaridade e educação ambiental, Goiânia, V. 1, nº 2, p. 152 – 161, jan./jun., 2011
- LEVY, L. Fernandes, SANTO, Adilson O. E. A tríade distinção-união-incerteza: os pensamentos de Edgar Morin e de Ilya Prigogine como contribuição à área de ensino de ciências, Acta Scientiae, V. 9, nº 2, p. 3-26, 2007.
- MATTOS, Cristiano, FERRARA, N. Fieldler. Uma abordagem epistemológica para a seleção e organização de conteúdos escolares, Revista Educação & Pesquisa.
- MOREIRA, Marco A. A questão das ênfases curriculares e a formação do professor de ciências. Caderno catarinense de ensino de física, Florianópolis, p. 66-78, agosto, 1986.
- MORIN, Edgar. Introdução ao pensamento complexo. Porto Alegre, Editora Meridional, 2011.
- PADERES, A. Marques, RODRIGUES, R. Brito, GIUSTI, S. Regina. Teoria da Complexidade: Percursos e Desafios para a Pesquisa em Educação, Revista de Educação, Itatiba, V. 8, 2005.
- PEREGRINI, D. Ferreira. Abordagens contemporâneas da complexidade, Caderno de pesquisa interdisciplinar em ciências humanas, Florianópolis, V. 14, nº 104, p 178 – 202, jan/jun 2013.
- PRIGOGINE, Ilya, MORIN, Edgar, e outros autores. A sociedade em busca de valores: para fugir à alternativa entre o ceticismo e o dogmatismo. Lisboa, Instituto Piaget, 1996.
- SANTOS, Akiko, SANTOS, Ana C. S., CHIQUIERI, Ana M. C. A dialógica de Edgar Morin e o terceiro incluído de Basarab Nicolescu: uma nova maneira de olhar e interagir com o mundo. III EDIPE, 2009.
- VIEIRA, J. Albuquerque. Complexidade e conhecimento científico, Oecologia Brasiliensis, Rio de Janeiro, (PPGE/UFRJ), V. 10, nº 1, p. 10-16, 2006.
- ZABALA, Antoni. Enfoque globalizador e pensamento complexo: uma proposta para o currículo escolar, Porto Alegre, ARTMED Editora, 2002.



Jonty Hurwitz