



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**CURSO DE FÍSICA**

**JOSÉ LUIZ FERREIRA JÚNIOR**

**A FOTOGRAFIA ARTESANAL COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE**  
**FÍSICA**

**FORTALEZA**  
**2019**

JOSÉ LUIZ FERREIRA JÚNIOR

A FOTOGRAFIA ARTESANAL COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA

Monografia apresentada ao Curso de Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Federal do Ceará

Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

F441f Ferreira Júnior, José Luiz.

a fotografia artesanal como recurso didático no ensino de física / José Luiz  
Ferreira Júnior. – 2019. 59f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do  
Ceará, Centro de Ciências, Curso de Física, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

1. recurso didático. 2. fotografia artesanal. 3. óptica. 4. pinhole. I. Título.

CDD 530

---

JOSÉ LUIZ FERREIRA JÚNIOR

A FOTOGRAFIA ARTESANAL COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA

Monografia apresentada ao Curso de Física da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito  
parcial à obtenção do título de Licenciado em  
Física.

Aprovada em: \_\_/\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. José Alves de Lima Júnior  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Às minhas esposa e filha, Adaliny e Cecília.

Aos meus pais, Luiz e Neuman.

## **AGRADECIMENTOS**

À PREX, pelo apoio financeiro com a manutenção de bolsa auxílio durante a participação no Programa Seara da Ciência.

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção de bolsa auxílio durante a participação no Programa Residência Pedagógica.

À toda minha família, pelo incentivo para que retornasse aos estudos, por todo o apoio em momentos fundamentais, e pela compreensão ao longo dos duros anos de curso, em especial à minha esposa Adaliny, meu irmão Thiago, e meus pais, Luiz e Neuman.

Aos colegas e de curso, mais jovens e inteligentes, cuja paciência e suporte foram fundamentais para que me mantivesse firme no objetivo maior.

Ao Prof. Dr. Nildo Loiola Dias, pela excelente orientação e serenidade durante os dias que antecederam a apresentação.

Ao Pai Eterno, acima de tudo, e ao maior presente que a vida me deu, minha filha Cecília, razões pela qual continuo lutando por um futuro melhor.

“Fotografar é desenhar, utilizando a luz como pincel, a natureza como tinta e o filme como tela, podendo assim imortalizar aquela imagem ou momento escolhido, enquanto o mundo segue em contínua mutação.” (Dilmos Iksalara)

“Light brings us the News of the universe.”  
(Sir William H. Bragg)

## RESUMO

A fotografia artesanal, salientada na câmara *Pinhole*, constitui um recurso didático valioso para o ensino, especialmente de Física. O presente trabalho busca evidenciar essa mistura de técnica e arte, que quando organizada e sistematizada, pode ser aplicada em diversas situações do cotidiano educacional. No estudo das Ciências Exatas, fornecerá subsídios para trabalhar temas relacionados à Química, Matemática e naturalmente, à Física. Outrossim, garante a socialização destas ciências e permite que se relacionem com seus pares em outras áreas, inclusive nas Humanas. Em um contexto histórico onde torna-se cada vez mais complexo nutrir o interesse dos alunos com aulas tradicionais, faz-se necessário o uso de atividades pedagógicas que estabeleçam uma conexão entre diversas áreas, e neste tocante, apresenta-se a fotografia. Contudo, a fim de transformar este movimento em algo mais universal, propõe-se um retorno às práticas rústicas, originadas na antiguidade com a câmara escura, onde a participação em todos os estágios produtivos contribui para a interdisciplinaridade, promovendo uma aprendizagem significativa. Esta pesquisa visa, além de elucidar, abastecer com aportes teóricos e experimentais o ensino de Óptica, para que se realize de forma mais agradável e intuitiva. Com o auxílio desta obra, a fotografia artesanal apresentar-se-á mais próxima, concedendo espaço para a colaboração de outras disciplinas, favorecendo a ressignificação de conceitos e promovendo a enculturação.

**Palavras-chave:** Recurso didático. Fotografia artesanal. Física Óptica. Pinhole.



## ABSTRACT

Artisanal photography, emphasized in the Pinhole camera, is a valuable didactic resource for teaching, especially Physics. The present work seeks to highlight this mixture of technique and art, which, when organized and systematized, can be applied in different educational everyday situations. In the study of Exact Sciences, it will provide subsidies to work on topics related to Chemistry, Mathematics and, of course, Physics. Moreover, it guarantees the socialization of these sciences and allows them to relate to their peers in other areas, including the Humanities. In a historical context where it becomes increasingly complex to nurture student's interest in traditional classes, it is necessary to use pedagogical activities that establish a connection between different areas, and in this respect, the photography is presented. However, in order to transform this movement into something more universal, it is proposed a return to rustic practices, originated in antiquity with the camera obscura, where participation in all productive stages contributes to interdisciplinarity, promoting meaningful learning. This research aims, besides elucidating, to supply with theoretical and experimental contributions the teaching of Optics, so that it is realized in a more pleasant and intuitive way. With the aid of this work, artisanal photography will be closer, allowing space for the collaboration of other disciplines, favoring the re-signification of concepts and promoting enculturation.

**Keywords:** Didactic resource. Artisanal photography. Optics physics. Pinhole.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Esquema representativo das relações entre os polos da experimentação.....	17
Figura 2	– Daguerre (à esquerda) e sua câmara de daguerreótipo.....	26
Figura 3	– Primeira fotografia coloria, por James C. Maxwell.....	27
Figura 4	– Espectro eletromagnético.....	32
Figura 5	– Fonte extensa e a projeção de sombra e penumbra.....	34
Figura 6	– Câmara escura de orifício.....	34
Figura 7	– Representação de uma câmara de orifício.....	36
Figura 8	– Disco de Airy, típica figura de difração obtida a partir de orifícios circulares.....	37
Figura 9	– Diafragma e exemplos de difração.....	38
Figura 10	– Modelo conceitual para os átomos.....	39
Figura 11	– Sensibilização de um filme e obtenção do negativo.....	40
Figura 12	– Furo na lata.....	41
Figura 13	– Passo a passo para preparação da lata.....	41
Figura 14	– Passo a passo para fazer o pequeno furo.....	42
Figura 15	– Tabela de correspondência: diâmetro x agulha.....	43
Figura 16	– Montagem do estúdio caseiro.....	44
Figura 17	– Triângulo de exposição.....	45
Figura 18	– Ingredientes para processo de revelação.....	49
Figura 19	– Recipientes e soluções dispostas para iniciar a revelação.....	50
Figura 20	– Negativos (à esquerda) e positivos.....	51
Figura 21	– Negativos e positivos das latas grande (acima) e pequena.....	52
Figura 22	– Fotos enviadas para o site <i>Pinhole Day</i> , entre 2018 e 2019.....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EVA	Espuma Vinílica Acetinada
CMYK	Ciano, Magenta, Amarelo e Preto
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente
FMC	Física Moderna e Contemporânea
HFC	História e Filosofia da Ciência
ISO	Organização Internacional de Padronização
MEC	Ministério da Educação
MFF	Museu da Fotografia de Fortaleza
ONU	Organização das Nações Unidas
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais: Orientações Educacionais Complementares aos PCN
pH	Potencial Hidrogeniônico
RGB	Vermelho, Verde e Azul
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

## LISTA DE SÍMBOLOS

R\$	Real
%	Porcentagem
$\lambda$	Comprimento de onda
®	Marca Registrada

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	DESAFIOS NO ENSINO DE FÍSICA.....	14
2.1	A experimentação e seu papel heurístico.....	16
2.2	A perspectiva CTSA como uma experiência dialógica.....	18
3	FOTOGRAFIA: CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ARTE .....	20
3.1	A evolução histórica do conceito de luz .....	21
3.2	A fotografia e a dicotomia: Ciência x Arte .....	24
3.3	Fotografia artesanal e seu potencial educacional.....	25
4	FOTO NA LATA.....	30
4.1	Óptica da fotografia <i>Pinhole</i> .....	31
4.1.1	Natureza da luz .....	31
4.1.2	Princípios geométricos e físicos.....	32
4.1.3	Difração .....	35
4.1.4	Interação com a matéria .....	38
4.2	Experimento: <i>Pinhole</i> em latas de leite.....	40
4.3	Caffenol e a revelação de baixo custo.....	46
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	51
6	CONCLUSÃO .....	54
	REFERÊNCIAS .....	55

## 1 INTRODUÇÃO

A ideia de investigar a fotografia artesanal pelo prisma da Física surgiu após me encantar com uma reportagem sobre um projeto social, gerido pelo Museu da Fotografia de Fortaleza (MFF), no qual crianças de comunidades carentes de nossa região tinham a oportunidade de participar de todo o processo criativo das imagens, desde a confecção da própria câmera até a exposição de suas fotos. Aquilo me fez refletir sobre todo o potencial que a técnica envolvia e que poderia ser utilizado em ambiente escolar.

Vivemos em um momento histórico onde é quase impossível dissociar o ensino regular de uma sociedade informatizada. As tecnologias disponíveis e a celeridade em obter informações, torna desleal uma virtual competição entre o ensino tradicional e os atrativos modernos. Dessa forma, a escola amplia suas responsabilidades em atrair o interesse dos alunos e, para tal, necessita de meios que transformem as aulas em atividades mais lúdicas.

Nesse ponto, reconhecemos na fotografia artesanal a capacidade de proporcionar diversas situações onde podemos colocar o estudante no papel de agente ativo do processo ensino-aprendizagem, trazendo através da experimentação e dos debates, situações onde se aproxime da Ciência e sinta-se menos inclinado a desviar sua atenção para assuntos desconexos.

Em virtude desta potencialidade, esta monografia foi baseada na investigação dessa técnica fotográfica como recurso didático para o ensino de Óptica, seguida de um estudo sobre a Física e as técnicas que envolvem o processo e, encerrando com um tutorial de execução e respectiva análise sobre os resultados alcançados.

## 2 DESAFIOS NO ENSINO DE FÍSICA

A Física, assim como outras Ciências exatas, carrega o estigma de ser uma disciplina de difícil assimilação, carregando diversos rótulos como, por exemplo, sem graça, chata, entediante ou, por incrível que pareça, irrelevante. Sendo frequentemente preterida pelos alunos, seja pela sua suposta complexidade ou por sua proximidade com a Matemática, ainda assim, o que mais impressiona é a alegação costumeira de que é algo desnecessário para a vida.

O jovem perde o interesse em aprender mais sobre Física porque não reconhece a conexão desta com o mundo à sua volta, seja nas atividades diárias ou na tecnologia que manuseia. Sem manifestar nenhum sentimento positivo, pela ausência de estímulos coerentes, convertem-se em agentes passivos e letárgicos, principalmente nas aulas de cunho puramente tradicionais (SOUZA, 2016).

O excesso de informação disponível e, muitas vezes, sendo jogada diretamente para o interlocutor, acaba gerando uma necessidade cada vez maior de refinar os ensinamentos que, outrora, seriam bem recebidos de forma mais simples, com viés tradicional. Como afirma Fourez (2003), o jovem de hoje pleiteia que seja apresentada a importância e a necessidade de se ater a um determinado informe, pois acredita que tem a escolha de seguir o caminho que bem entender, enquanto no passado era mais comum a aceitação irrestrita da instrução.

Nossa educação já é fundamentada nos princípios que regem um ensino mais plural, e isso não é de hoje. A Constituição Federal (BRASIL, 1988) no seu Art. 206 e, conseqüentemente, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996), orientada pelas normas e diretrizes da Lei maior, pregam como desígnio da educação básica a formação completa do educando, seja para sua qualificação profissional ou para a prática cidadã, respeitando às múltiplas liberdades e abraçando a diversidade ideológica e pedagógica.

Nesse contexto, limitar as práticas de ensino ao bom e velho método tradicional, onde se privilegia o uso da lousa e da repetição do conteúdo formal, vai de encontro com o propósito de diversificar e proporcionar uma instrução mais convidativa.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) também nos ajudam a reforçar o tema, pois contribuem para uma reflexão acerca das ações no âmbito do ensino, além de nortear no planejamento e desenvolvimento de bons hábitos. No que se refere às Ciências da Natureza, o saber teórico não deve ser pautado no isolamento das áreas do conhecimento, pelo contrário,

deve ser universalizado, dando significado concreto e abrangendo sua esfera social. Ainda, de acordo com os PCN's (MEC, 1999, p. 7),

O aprendizado não deve ser centrado na interação individual de alunos com materiais instrucionais, nem se resumir à exposição de alunos ao discurso professoral, mas se realizar pela participação ativa de cada um e do coletivo educacional numa prática de elaboração cultural. É na proposta de condução de cada disciplina e no tratamento interdisciplinar de diversos temas que esse caráter ativo e coletivo do aprendizado afirmar-se-á.

Por sua vez, os professores são frequentemente criticados pela falta de adaptabilidade às novas exigências do ensino, pois apesar do que é previsto nos textos oficiais, é incomum presenciarmos sua aplicação em sala de aula. Como atores fundamentais do sistema educacional, em uma realidade onde tivéssemos a generalização de uma sala de aula atraente, professores e gestores deveriam ter sua formação acadêmica moldada nos parâmetros e diretrizes em vigor. Contudo, os currículos das graduações sofrem para ter atualizações e, especificamente tratando-se de Ciências, Fourez (2003) pontua que essa diplomação converge mais para preparar técnicos do que educadores. A interdisciplinaridade, no que lhe concerne, é relegada ao estudo e reflexão de suas características e benefícios, quando de fato deveria ser experimentada em sua execução.

Entretanto, elencar problemas e apontar culpados não é o foco deste trabalho, além disso, necessitariam de uma pesquisa bem mais complexa. O que ambicionamos é iluminar os horizontes em torno de uma proposta que enriqueça o processo ensino-aprendizagem, recuperando o encantamento dos estudantes que, outrora, tinham sua atenção voltada para as aulas, seja pelo fascínio ou pelo rigor. Nesse sentido, percebemos que vários estudos que convergem nesse objetivo orbitam em metodologias que primam pela experimentação ou pela perspectiva da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (CTSA).

Em ambos os casos, ou ainda em uma combinação dos dois, teremos um ótimo meio para conectar a fotografia artesanal ao nosso principal propósito, que é utilizá-la como recurso didático no ensino de Óptica. Este tipo de recurso destina-se a simplificar a conquista do conhecimento pois, conforme afirmam Santos e Belmino (2016, p.3), em suma, “os recursos didático-pedagógicos são componentes do ambiente educacional estimuladores do educando, facilitando e enriquecendo o processo de ensino e aprendizagem.”



## 2.1 A experimentação e seu papel heurístico

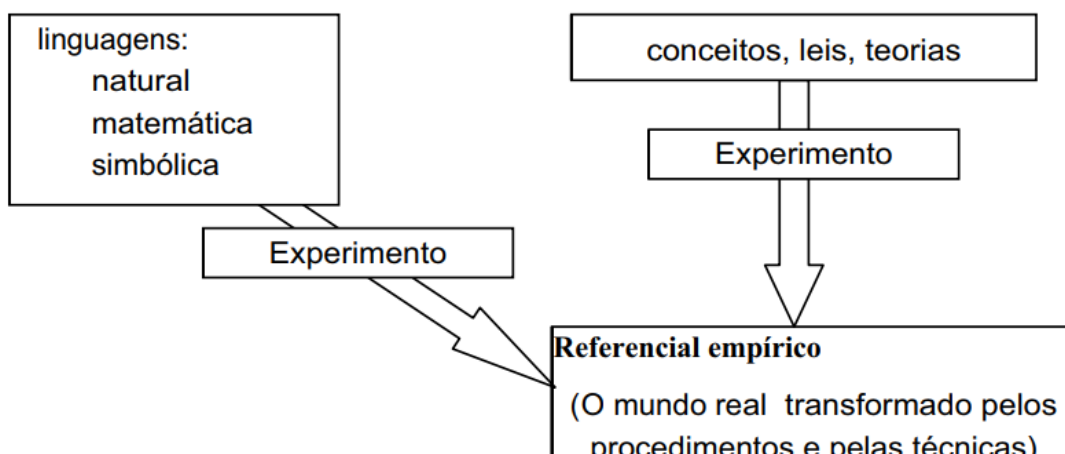
A expressão “botar a mão na massa” é sinônimo de iniciar uma atividade ou colocar algo em prática. Nesta perspectiva, durante o ensino infantil e alguns anos iniciais do fundamental, esse modo de interagir chega a ser algo habitual nas escolas, e até literal, quando brincam com massa de modelar. Esses exercícios têm por finalidade potencializar o empenho dos alunos na própria educação e, no entanto, com a progressão na vida escolar, fazem-se cada vez mais esporádicos.

Com a evolução dos conteúdos abordados, tanto em quantidade quanto complexidade, as atividades práticas e experimentais deveriam continuar sendo uma constante na rotina escolar desses indivíduos. Com efeito, Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008), sustentam que a atuação do aprendiz em situações que permitam o contato com objetos educacionais é um fator essencial do processo ensino-aprendizagem, onde ação e reflexão operam aliadas.

Frente a essa realidade, não podemos nos desfazer da experimentação nos anos finais da educação básica. Sempre lembrada como uma proposta que enseja descomplicar o ensino das Ciências, Ribeiro e Verdeaux (2012, p. 1) ainda acrescentam que “o entendimento da natureza de um modo geral, e da física em especial, constitui um elemento fundamental à formação da cidadania”.

Além de seu papel provocativo, responsável pela criação de um ambiente favorável para os ensinamentos, a experimentação contribui para ressignificar o relacionamento do indivíduo com seu espaço, transformando-o em agente ativo e capaz de analisar os cenários por novas perspectivas (SERÉ; COELHO; NUNES, 2003). Quando utilizada convenientemente, cria conexões entre o campo teórico e o prático, servindo como elemento qualificado a unir ambos com coerência (FIGURA 1).

Figura 1 – Esquema representativo das relações entre os polos da experimentação.



Fonte: SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003.

Nota: Os autores caracterizam a experimentação como elo entre três polos necessários para uma formação crítica do aluno: O referencial empírico, o teórico e as linguagens.

Ainda assim, o objetivo do experimento não deve ser apenas a exposição de um artefato tecnológico, artesanal ou industrializado, seguida de demonstrações e falas que projetam o conhecimento do docente. Ribeiro e Verdeaux (2012), destacam as diversas formas possíveis de se aplicar atividades experimentais, dentre elas as demonstrativas e as investigativas. A primeira maneira tem seu valor, pois fornece um suspiro de novidade para os educandos já saturados de pincel e lousa. No entanto, atividades experimentais de cunho investigativo, como consolidam Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008), quando utilizadas de um jeito adequado, inspiram nos alunos o poder da dúvida, eficaz em criar sujeitos que questionam além dos dogmas, à luz da proposta Freiriana<sup>1</sup>.

Também podemos adicionar à essa concepção didática outras ideias que vêm a coadjuvar, ou mesmo concorrer, com a experimentação pura. Silva, Gazola e Terrazan (2003) proclamam a relevância de empregar termos presentes no cotidiano do estudante, desenvolvendo uma correspondência com os conceitos científicos e tecnologias modernas, mais complexas para a compreensão direta. O uso de analogias no ensino tem grande potencial pedagógico e pode enriquecer as aulas sem nenhum ônus aos docentes, inclusive servindo como recurso na explanação dos experimentos.

Por fim, temos ainda a História e Filosofia da Ciência (HFC), que guarda uma função de relevância quando associada à experimentação. A reconstrução de experimentos históricos,

<sup>1</sup>Os autores referem-se à educação problematizadora de Paulo Freire, posta em oposição à educação bancária, descrita em seu célebre livro: A Pedagogia do Oprimido.

fidedignos ou conceitualmente semelhantes, permite uma investigação do passado, promovendo debates pautados nas motivações e circunstâncias à época dos fatos, onde o aluno inevitavelmente se aperceberá de uma ciência mais humana (MEDEIROS; MONTEIRO JR., 2001).

## **2.2 A perspectiva CTSA como uma experiência dialógica**

Instigar os alunos a participarem ativamente das aulas de Física é o desejo de muitos professores. Converter esses discípulos em apreciadores das Ciências e, por conseguinte, seres conscientes de seu lugar na comunidade, capazes de questionar e transformar, é uma tarefa ainda mais idealista. Não obstante, mesmo que algo aparentemente distante, essa transfiguração é necessária para gerar cidadãos cada vez mais inteirados de sua função social.

Para tal, é preciso que os estudantes despertem para a realidade, reconhecendo seu meio físico e ideológico. Assim, torna-se fundamental buscar um elo que permita apresentar aos discentes que, embora aparentemente distantes, Ciência, tecnologia e o seu cotidiano, encontram-se mais conectados do que podem imaginar (BRITO; SÁ, 2010).

O entendimento acerca do funcionamento de um equipamento de uso corriqueiro, como uma câmera fotográfica, auxilia no crescimento do indivíduo como um todo, vinculando conhecimentos teórico e prático (LUZZI, 2017). Consoante esta afirmação, Angotti, Bastos e Mion (2001), aditam que a utilização destes equipamentos, quando inseridos em um plano didático bem formulado, configura peça chave no processo de conscientização.

Essa apropriação do conhecimento de modo mais efetivo caracteriza o letramento científico em sua forma mais plena, o qual possibilita a autonomia do ser e o liberta de amarras impostas pela carência de uma interpretação coerente do mundo (ANTUNES JÚNIOR, 2015). A abordagem CTS, ainda sem a letra final que caracteriza a atenção com o meio ambiente, surgiu justamente para suprir essa necessidade de uma leitura mais crítica do todo, antes sujeito apenas aos interesses de um sistema focado apenas nos adventos e lucros favorecidos pela Ciência e Tecnologia. Por sua vez, Luzzi (2017, p. 22) complementa,

A abordagem CTS é uma das formas de se atingir a Alfabetização Científica, abordando os problemas ambientais, o uso indevido dos conhecimentos científicos e o uso indiscriminado da tecnologia como os fenômenos que sensibilizam nossa sociedade em relação ao poder da Ciência e Tecnologia.

Na posição de educadores, é comum nos distanciarmos desse caráter transformador e

nos isolamos na função de transmissores de conceitos. Enaltecemos os preceitos intrínsecos à Ciência, condenando-a à ideia de neutralidade e olvidando o dever de contribuir para a formação social dos estudantes. A Física vislumbra como elemento que faculta tanto o entendimento do natural quanto de suas transformações, fruto da estruturação de uma sociedade moderna e modelada ao longo de sua história (ANGOTTI; BASTOS; MIORI, 2001). A contextualização do ensino não pode fugir ao debate e a Física deve incluir esse movimento no seu currículo escolar, sem temer o confronto às suas leis pois, ao desvencilhar-se do incontestável, atrai o pensamento questionador e concede a chance de continuar evoluindo como Ciência.

Conduzir o educando em uma situação onde ele seja atuante e corresponsável, permitirá que extraia o máximo de cada evento, contribuindo com a construção das ações em andamento e, como resultado, a edificação do próprio conhecimento. Aproveitar dessas ocasiões para despertar os ânimos, criando cenários que incitem hesitação, consiste em um grande passo para consolidar uma aprendizagem significativa (LUZZI, 2017).

Conceber um ensino CTSA efetivo, facilitador do desenvolvimento cognitivo, requer uma educação pautada em atividades que fomentam o dinamismo dos envolvidos, que por sua vez engajam-se fazendo jus ao seu livre arbítrio (SOUZA, 2016). Nesse sentido, trazer situações do cotidiano, com problemas potenciais para a comunidade, possibilita a oportunidade de refletir sobre a Física e além dela, em discussões que vão da economia ao ambiental, da política ao social.

### 3 FOTOGRAFIA: CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ARTE

Ao consultarmos a palavra fotografia em algum dicionário, normalmente encontramos uma definição acerca da arte ou processo de registrar uma imagem. Ainda podemos relacionar seu significado ao produto obtido com uma câmera fotográfica: a foto. Seja qual for o sentido adotado, pelo menos no que se aproxima do denotativo, é bastante provável que esteja associado ao uso da luz.

No tocante à etimologia da palavra, podemos sintetizar sua acepção como desenhar com um pincel de luz (FOTOGRAFIA MAIS, 2017). Apesar do tom poético da expressão, é uma forma de justificar a Ciência por trás da tecnologia, estabelecendo uma analogia com a Arte. Ao refletir um pouco mais, podemos notar que a técnica da fotografia finda por ser uma amálgama dessas três áreas do conhecimento. Um bom fotógrafo necessita de conhecimento sobre luz para ser capaz de compor seus retratos, precisa conhecer seu equipamento para extrair o máximo nos seus trabalhos e carece de sensibilidade para enxergar beleza além da disposição crua dos objetos.

Dentro dos olhares metodológicos destacados anteriormente, é fácil percebermos que a fotografia abre espaço para uma série de abordagens. Para a Ciência, teremos subsídios suficientemente interessantes para o estudo da Óptica geométrica, podendo ainda aprofundar para temas que invoquem a natureza da luz, alcançando tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Todavia, apesar de todas as recomendações com respeito à aproximação de temas atuais, encontradas na literatura dos PCN+ (MEC, 1999), é raro o aprofundamento de algum assunto relativo à FMC. Conforme relata Vieira (2014), devido ao excesso de conteúdo, carga horária reduzida e um cronograma geralmente dedicado aos últimos meses letivos, esse segmento da Física acaba fadado, quando com sorte, ao enfoque apenas nas propriedades geométricas, tornando o ensino de Física ainda mais centrado na Matemática.

Assim, mesmo que adotando um caráter reducionista, é mais oportuno que o aprendiz se familiarize apenas com os princípios da Óptica geométrica do que com Óptica nenhuma. Nesse tocante, materializar esse estudo com uma tecnologia nunca tão difundida e ordinária, atual e de baixo custo, mostra-se uma oportunidade ímpar para uma contextualização eficiente.

Sem lançar mão do aspecto subjetivo que a fotografia manifesta, conceder àquele estudante mais próximo das Ciências Humanas e Linguagens e, provavelmente menos

afeiçoado às Exatas, uma chance de expressar sua subjetividade em prol de um estreitamento entre áreas do conhecimento, favorece a criação de um ambiente multicultural. Em sintonia com o exposto, Vieira (2014, p. 10) acrescenta que “o uso da fotografia em sala de aula, em conjunto com a discussão de fenômenos ópticos, potencializa uma proposta integradora, capaz de oferecer a possibilidade de tornar o estudo dinâmico, significativo e interessante.”.

### **3.1 A evolução histórica do conceito de luz**

A Organização das Nações Unidas para Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) em parceria com outras tantas organizações, participaram de uma ação mundial com o propósito de conscientizar populações e governos para a relevância que a Luz tem na nossa história, além de compreendê-la como essencial para ingressarmos em um futuro que abrace modernidade e sustentabilidade. O ano de 2015 foi o escolhido para contemplar esse tema e, assim, nasceu o Ano Internacional da Luz e das Tecnologias baseadas em Luz. Tal decisão foi tomada durante assembleia geral no ano de 2013, pela Organização das Nações Unidas (ONU), e justificada pela necessidade de criar uma ocasião onde gestores do mundo todo possam se aperceber das possibilidades que a tecnologia óptica reserva (UNESCO, c2017).

Falando em óptica, essa palavra tem suas origens no idioma grego e remete ao estudo dos fenômenos da visão. Embora atualmente seja comum o uso da palavra sem a letra *p*, sobretudo no âmbito comercial, o mais relevante é atentar para a diferença entre a etimologia do verbete e seu significado atual à luz da Física. Apesar da semântica distinta com a palavra luz na última frase, de fato, óptica representa para a Física uma área de estudo acerca dos fenômenos nos quais a luz está envolvida. No entanto, mesmo com essa suposta confusão, o berçário desse ramo da Ciência encontra-se localizado na antiguidade da história de nossa civilização, justamente quando surgiram às primeiras indagações a respeito de como enxergamos.

Desde que o homem é homem, fenômenos naturais têm causado estranheza, medo e a necessidade de uma explicação. Na falta de embasamento científico, deuses e seres míticos foram os principais escolhidos para justificar tais acontecimentos, tanto para o estrondo dos trovões como para suportar o peso dos astros. Com o tempo, diversos povos procuraram fundamentar uma variedade de eventos do mundo natural, contudo, sempre carregando uma leitura pessoal de entender a realidade, pois se carecia de uma forma imparcial de arrumar os pensamentos, desvinculada do viés religioso.

Os gregos, mesmo séculos antes da era cristã, são os mais lembrados por suas contribuições para uma Ciência ainda embrionária. Seus feitos são sempre reconhecidos pelo grau de percepção em uma época tão remota, todavia, ainda sem o padrão estruturado e impessoal que o método científico viria a revelar quase dois milênios depois. À época, diversas teorias surgiram na tentativa de descrever o processo da visão. Destacaram-se vários pensadores e matemáticos reconhecidos até hoje, entre eles Empédocles e Platão, que convergiam na ideia dos quatro elementos, onde o fogo interno aos olhos era responsável pela luz capaz de interagir com os objetos. Por sua vez, Aristóteles defendia algo que remete ao conceito moderno de onda, onde os objetos produziam perturbações no meio, o qual encarregava-se de transportar as informações até os olhos (FORATO, 2009).

Havia também divergências com relação à composição da luz, onde é notório o surgimento da teoria atomista, fazendo oposição à teoria dos quatro elementos. De qualquer forma, ambas padeciam a ausência de uma análise mais concreta, algo que começaria a surgir com Euclides, quando este propôs uma interpretação geométrica da luz, formada por raios que viajavam em linha reta, descrevendo também a reflexão desta nos corpos (RIBEIRO *et al.*, 2016).

Outros esforços no sentido de compreender a luz foram feitos após o início da era cristã, entretanto, um período longo e conhecido da história se estendeu do século V até meados do século XV. A idade média é reconhecidamente um momento desfavorável para a evolução científica e poucas descobertas são identificadas nesse intervalo de tempo. Todavia, é comum em nossa cultura ocidental descuidarmos com as contribuições de povos orientais. Os livros e periódicos mais recentes já tentam reparar esse equívoco e, como exemplo, procuram popularizar e elevar um dos pioneiros da Óptica moderna, o árabe conhecido como Alhazen (nome na versão latina), responsável por elaborar o primeiro modelo para a visão a partir de estudos baseados em uma metodologia racional, cuja descrição assemelha-se ao que conhecemos atualmente. Seus feitos nesse ramo influenciaram outros estudiosos, chegando inclusive a servir de literatura para os cientistas europeus (FORATO, 2009).

Dentre a série de contribuições do célebre árabe, constam investigações sobre o princípio retilíneo da propagação da luz, além da reflexão e refração desta. Mesmo não sendo o inventor da câmara escura, artefato mencionado desde a antiguidade em outras culturas, como a grega e a chinesa, Alhazen foi um dos precursores na utilização do experimento para o estudo da Óptica. Essa tecnologia primitiva viria a se tornar a gênese da câmera fotográfica da era atual.

O período renascentista colocou um fim ao seu ingrato antecessor, reacendendo as ideias gregas desatadas de fundamentalismo religioso e, abrindo espaço para o que viria a ser conhecida como Revolução Científica. A Ciência galopou a partir do século XVII e muitos foram aqueles que somaram realizações para a comunidade mundial, culminando em todo o saber teórico e prático da Era Contemporânea. À época, a produção de lentes era uma atividade bem estabelecida e houve desenvolvimento dos conceitos ópticos da antiguidade, no entanto, pouco se sabia ainda sobre a natureza da luz. Esse momento histórico foi palco de uma das grandes batalhas ideológicas, entre a teoria corpuscular e a ondulatória da luz.

Isaac Newton, físico e matemático amplamente reconhecido pelas suas descobertas no campo da mecânica, valeu-se de sua proeminência na sociedade científica e ganhou a disputa com sua concepção de luz formada por partículas viajando em linha reta no vácuo. Enquanto isso, a compreensão de Christiaan Huygens da luz como perturbações<sup>2</sup> que se propagam no éter, precisou aguardar até o século XIX para inflamar novamente essa discussão, quando as formulações sobre os fenômenos da Interferência (Thomas Young) e da difração (Augustin J. Fresnel), além dos trabalhos de James C. Maxwell, amparados no empirismo de Michael Faraday, culminando na comprovação das ondas eletromagnéticas por Heinrich Hertz, reforçaram a credibilidade de um modelo ondulatório no seu auge, restando poucos que ainda ousavam rebatê-lo (RIBEIRO *et al.*, 2016).

De todo o modo, a real natureza da luz começou a ser delineada no início do século XX, quando em 1905 Albert Einstein publicou a revolucionária teoria da relatividade restrita. Nela, Einstein abandona o conceito de éter, já enfraquecido desde os resultados negativos obtidos nos experimentos de Michelson-Morley, anos antes. Vai mais além, quando apresenta a luz como uma onda eletromagnética capaz de percorrer o vácuo, à velocidade impressionante de trezentos mil quilômetros por segundo, de maneira constante, superior em grandeza a qualquer outra existente. Como se já não fosse ousado o bastante, no mesmo ano soluciona o problema do efeito fotoelétrico, inusitadamente apresentando a luz como partícula de energia denominada quanta, prevista na teoria de Max Planck, finalmente sugerindo uma conveniência em adaptar o conceito conforme a circunstância em observação (GLEISER, 2015).

As colaborações de Planck e Einstein ajudaram a esculpir o modelo de luz adotado atualmente. O êxito foi evidente, e um sem-número de tecnologias surgiram nos anos seguintes, com destaque para o laser, nos anos 60. O estudo da luz continua a ser atual,

---

<sup>2</sup> De acordo com Forato (2009), a teoria de Huygens não é propriamente ondulatória, visto que não assume uma propriedade periódica para as ondas.



estando vivo e avançando nas mais diversas áreas, como nas comunicações e na computação (NUSSENZVEIG, 2002). Sua compreensão rendeu o desenvolvimento da sociedade de diversas formas, inclusive no modo como nos relacionamos. A fotografia nasceu dos protótipos de câmaras escuras, mudou o jeito como interagimos, e evoluiu tecnologicamente como jamais imaginamos. Analisar seu avanço e compreender seu processo é uma jornada através do tempo, cujo retorno inclui uma bagagem carregada de sabedoria empacotada em luz.

### **3.2 A fotografia e a dicotomia: Ciência x Arte**

Quase duas décadas após a virada do segundo milênio, as profecias apocalípticas não aconteceram e nem temos, ainda, carros voadores ou máquinas do tempo. As produções ficcionais foram bem além do que dispomos hoje, todavia é inegável que algumas previsões foram bem acuradas. Videoconferências, realidade virtual, computadores potentes na palma da mão e até telas dobráveis, isso para não nos estendermos muito, são tecnologias do nosso dia a dia, ao alcance do cidadão comum.

Nossa sociedade capitalista produz bens cada vez mais avançados a uma velocidade que, por vezes, temos dificuldade de acompanhar. Esse desenvolvimento acelerado, ao mesmo tempo que alavanca economias, aumenta as desigualdades, aprimora a comunicação aproximando pessoas, enquanto aliena a Ciência do cotidiano e prejudica o crescimento intelectual integral. Contudo, esse distanciamento entre o conhecimento comum e o científico é algo questionado há bastante tempo. À medida que ocorreu o progresso tecnológico, o indivíduo foi instruído a apropriar-se de seus benefícios, em detrimento de compreender o que impulsionou a construção dos seus utensílios (GERMANO; FERREIRA, 2014?).

A Ciência é produto do homem, porém assumiu uma especificidade que findou por reservá-la a um grupo bem restrito. Quando ampliamos seu significado, percebemos que também engloba as Humanidades, e estas parecem ter maior aceitação entre os estudantes, por permitir uma vivência ao invés de apenas cálculos e memorização. No entanto, é curioso constatar que alguns séculos antes, artistas usufruíam da temida Ciência para produzir seus ensaios. Há relatos de que os Renascentistas, inclusive o próprio Da Vinci, teriam se valido das propriedades das câmaras escuras para pintar quadros fundamentados na perspectiva matemática (MAYA, 2008).

A própria fotografia, hoje amplamente aceita como arte, sofreu em seu início quando foi acusada de ser uma obra mecânica, tirando a faculdade de intervir intelectualmente na

composição de suas imagens. Seu produto impressionava pela exatidão, porém carecia de sentimento, resumindo-se a apenas um retrato fiel da realidade. Enquanto os ávidos por inovação exaltavam a invenção, artistas mais ortodoxos refutavam a suposta ameaça (MUZARDO, 2010).

Essa desavença entre o concreto e o abstrato, aparentemente natural, não teve precedentes na Grécia antiga. Segundo Germano e Ferreira [2014?], “o conhecimento científico era desenvolvido no contexto da filosofia, cabendo à chamada ‘Filosofia da Natureza’ investigar o mundo natural”. O desligamento entre Arte e Ciência teria ocorrido ao final da Idade Média, quando o homem passou a negar o lado transcendental, buscando novas razões para compor seu interior.

Portanto, qualquer movimento que busque realçar uma dicotomia entre Ciência e Arte deve ser questionado. É apropriado buscar um entendimento entre as partes, sem se ater a fundamentalismos que possam anular qualquer tentativa de integralizar os saberes. Na fotografia, a arte encontra-se em cada momento de inspiração, em cada tentativa de expressar sentimentos e desejos, na busca por extrapolar as barreiras do real. Não obstante, dominar a tecnologia que traz todas essas possibilidades é de suma importância para canalizar a ânsia pelo belo (MUZARDO, 2010). Essa sinergia viável entre o real e o intangível, corrobora uma Ciência humanizada ou uma Arte racionalizada, podendo ser levada para dentro das escolas, possibilitando uma aprendizagem significativa e interdisciplinar (ANDRADE, 2005).

### **3.3 Fotografia artesanal e seu potencial educacional**

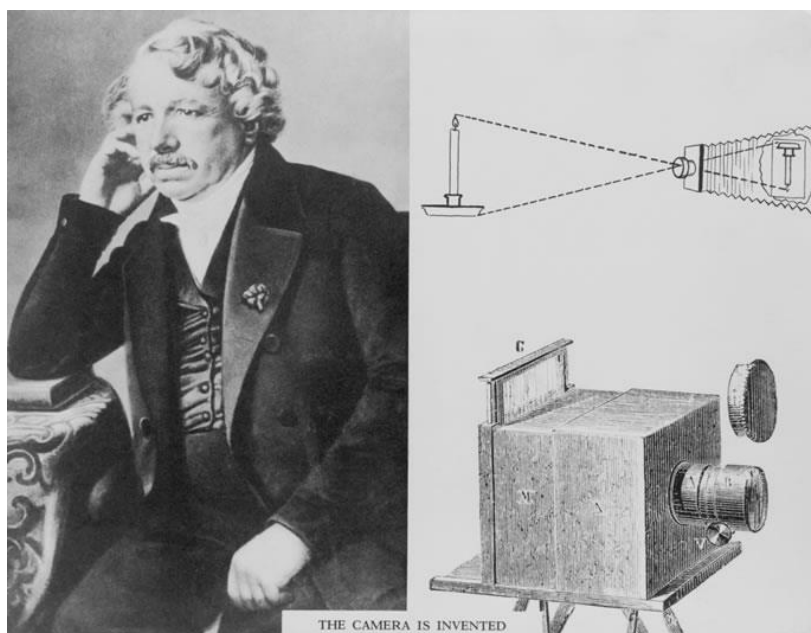
De certa forma, vemos que a história da fotografia se confunde com a própria história da luz, onde a primeira deriva de artefatos criados para estudar a segunda. O registro visual de um momento, guardando suas características com rigor, foi imaginado a partir das câmaras escuras, que passaram a figurar entre artistas e estudiosos como ferramenta para a obtenção de ilustrações sob perspectiva. O desejo de retratar com exatidão e perpetuar imagens sempre esteve presente, como coloca Maya (2008),

A história da fotografia está ligada à obstinação do homem em eternizar os momentos da vida, na busca por congelar o tempo por meio do desenho, da pintura, da literatura, da escultura e dos monumentos. De todas as manifestações artísticas, ela foi a primeira a surgir dentro do sistema industrial, já que a sua função só foi imaginável face à possibilidade da reprodução.

As primeiras décadas do século XIX, marcadas pelo avanço da revolução industrial, presenciaram o surgimento de diversos avanços tecnológicos, que dentre outras realizações,

permitiram a substituição do trabalho artesanal pelo mecanizado. Por volta da terceira década, havia vários esforços em torno de obter-se a primeira foto, onde destacam-se Joseph N. Niépce e Louis J. M. Daguerre. Em dado momento, os dois chegaram a trabalhar em conjunto, mas enquanto o primeiro foi quem concebeu o primeiro retrato, o outro foi responsável pela criação da primeira câmera seriada (FIGURA 2; FOTOGRAFIA MAIS, 2017).

Figura 2 – Daguerre (à esquerda) e sua câmera de daguerreótipo.



Fonte: FOTOGRAFIA MAIS, 2017.

O dispositivo de Daguerre fez sucesso e se popularizou entre os mais ricos. Tinha qualidade suficiente para colocar de lado a pintura e seu custo elevado elitizava o produto. No entanto, esse gasto se devia, em parte, à impossibilidade de reproduzir as fotos, tornando cada imagem única. Outros contemporâneos que pleitearam o título de inventores da fotografia também contribuíram para o aperfeiçoamento da técnica. Entre esses, William Talbot, que em parceria com John Herschel<sup>3</sup>, desenvolveu processo distinto de Daguerre, o Calótipo, no qual tornou-se possível copiar uma imagem, iniciando o sistema negativo e positivo. Ainda tivemos Hercule Florence, francês que viveu no Brasil, no qual identificamos ideias similares aos demais e provavelmente foi o primeiro a utilizar a palavra fotografia (SALLES, 2004).

No início do século XX a nova arte já alçava status de popular, graças aos engenhos de George Eastman, criador da Kodak®. O ideal de se possuir fotos coloridas já causava

<sup>3</sup> John Frederick William Herschel, matemático e astrônomo inglês, filho de William Herschel. Seu pai ficou famoso por descobertas no campo da astronomia e pela existência do infravermelho.

entusiasmo, que coube aos irmãos Lumière suprir, com seus autocromos coloridos. Famosos pelo pioneirismo na sétima arte, no entanto, não lograram êxito com o outro achado, principalmente por conta dos custos e complexidade. A Kodak® novamente foi revolucionária, ao democratizar imagens além do preto e branco. Uma ressalva deve ser feita, a primeira foto colorida (FIGURA 3) foi lograda mais de setenta anos antes e, mais uma vez, tivemos a participação de um cientista. Ninguém menos que Maxwell, em 1861, valendo-se do modelo de adição de cores vermelha, verde e azul, conhecido como RGB, conseguiu experimentar pela primeira vez algo que viria a ser tão comum nas telas de nossos eletroeletrônicos.

Figura 3 – Primeira fotografia coloria, por James C. Maxwell.



Fonte: Hypescience, 2011.

Uma porção de novidades continuou surgindo até o advento das primeiras câmeras digitais, já próximo ao final do século XX. De lá para cá a revolução fotográfica não cessou e, hoje, não há nada mais trivial do que retratar um momento. O excesso de possibilidades, custo baixo e simplicidade de execução, tornaram o ato de fotografar algo banal. É improvável imaginar uma volta no tempo e um abandono da tecnologia atual. No entanto, o registro fotográfico não se limita ao mero ato de clicar. Ele carrega todo o esforço pessoal do operador em tentar dar um sentido à sua arte, sintetizada através de uma estratégia para maximizar o resultado. A reflexão precede a ação, e a busca pelo equilíbrio entre ambos repercute no modo de indagarmos nossa realidade (FARIA; CUNHA, 2016).

A fotografia artesanal detém os princípios que regem sua versão atual e digamos, convencional. Ao contrário de toda a eletrônica embarcada desta última, a primeira carrega a simplicidade de suas representantes primitivas, transformando o ato de registrar imagens em uma tarefa que requer meditação. Seus artefatos modestos são singulares e disfarçam a complexidade de uma arte secular, necessitando ponderação em cada etapa da execução, da observação até a revelação (FERREIRA; SPIEKER, 2009).

Essa ponderação característica deveria se repetir nos modelos atuais, porém não é o que testemunhamos e, assim, acaba por se tornar uma peculiaridade da artesanal que merece atenção. Como afirma Biazus (2016), a experiência promove uma mudança de perspectiva e ressignifica o espaço do agente, proporcionando um contato mais profundo e uma aproximação com seus pares. Biazus (2016, p. 17) ainda completa que essa prática se alastra entre os demais envolvidos, evidenciada “[...] pela intersubjetividade dos participantes, quando se estabelece uma ruptura com o fazer fotográfico convencional e a construção de um novo olhar [...]”.

A invenção da fotografia digital foi um marco e hoje representa uma nova linguagem, tendo mudado a forma como nos relacionamos. Não há intenção em desconstruir sua imagem, até porque possui bases sólidas e permanece em evolução. Entretanto, é evidente que houve um distanciamento entre a ação e o conhecimento latente no objeto. Fotografar com dispositivos não convencionais remete à outra época, reivindicando a sistematização e sensibilidade características da técnica (CROCOMO; GUIDOTTI; GIACOMELLI, [201?]).

Além de toda subjetividade envolvida no processo artesanal, temos a apropriação de conceitos presentes em diversas áreas do conhecimento. Para não ser repetitivo, mencionamos a Física e as Artes, estas representadas principalmente pela fotografia. Contudo, sua capacidade de contextualizar e interligar saberes não se limita a apenas essas duas, discutidas previamente.

Dentro das exatas, ainda podemos explorar sua extensão no campo da Química, através do processo de revelação. Como decorrência desta última, é oportuno mencionar os riscos de despejar os rejeitos químicos e a possibilidade de afetar fauna e flora. Nas atualidades, podemos questionar a cultura do efêmero e a ditadura da beleza, resultantes da imposição crescente de exibir-se nas redes sociais. Por fim, podemos ainda questionar a falta de privacidade, fruto da popularização dos meios digitais, frente à fotografia pensada da era analógica. Os cenários são múltiplos e o recurso artesanal pode demandar algum custo,

todavia, seu potencial como gerador de momentos únicos para a aprendizagem significativa sobressai ao ônus que pode causar.

## 4 FOTO NA LATA

Primeiramente, é importante fazermos algumas distinções. Relembrando as origens da palavra fotografia, podemos resumi-la como o registro de imagens através da luz. Desse pressuposto, poderíamos inferir que a primeira foto foi registrada algumas décadas antes, ainda no século XVIII. No entanto, essas primeiras imagens eram obtidas através do contato entre objetos e outro material que respondesse aos raios solares, de forma análoga ao bronze que conseguimos em um belo dia de praia.

Assim, a fotografia artesanal no seu conceito mais amplo, refere-se às imagens logradas com o emprego da luz. O próprio Talbot iniciou seus trabalhos “fotografando” objetos sobre papéis sensibilizados, expostos à luz solar, em uma tentativa de melhorar a Litografia <sup>4</sup>da época. Porém, a técnica fotográfica como conhecemos hoje, despontou a partir da junção de outras duas, uma milenar e a outra secular, respectivamente a câmara escura e os materiais fotossensíveis. Essas duas competências em conjunto permitem apreender gravuras sem que, necessariamente, exista uma ligação direta (SALLES, 2004).

Dentre os métodos artesanais mais conhecidos, temos a cianotipia, o marrom Van Dyke, o papel salgado e o albuminado, a goma bicromatada e o *Pinhole*<sup>5</sup>. Exceto o último citado, os demais são formas de cópia por contato, onde a partir de um objeto ou um negativo, conseguimos uma imagem que, conforme o procedimento aplicado, terá tonalidades diferentes. A técnica *Pinhole*, como é comumente mencionada, consiste no ato de marcar a imagem sobre superfície fotossensível, obtendo um negativo [ou positivo, menos convencional] passível de revelar.

Concluindo este prefácio, dentre todas as oportunidades que temos com uma abordagem alternativa, onde o indivíduo é responsável por todas as etapas do fazer, almejamos capacitar o leitor para a fotografia *Pinhole* que, por sua vez, também dispõe de outras tantas possibilidades, e conceder sugestões para o usufruto desta atividade como recurso didático.

A internet é um mar de opções. Lá encontramos tutoriais para confeccionar câmeras caseiras com caixas de fósforos, de sapatos, de madeira, latas de achocolatado e até galões de tinta. Embora dependa mais de nossa imaginação e disposição, ao refletir sobre o assunto e consultar outras obras, a lata de leite, item corriqueiro, é notoriamente um dos dispositivos de

---

<sup>4</sup> Processo de reprodução que consistem em imprimir sobre o papel.

<sup>5</sup> Palavra de origem inglesa, significa buraco de agulha. Utilizada para referir-se à câmara estenopéica, uma câmara escura cuja entrada de luz é um orifício de pequenas proporções, usualmente décimos de milímetros. Nesta modalidade, não são usadas lentes para a projeção de imagens no interior da câmara.

acesso mais fácil, a qual o estudante poderá conseguir em sua própria residência ou solicitando a algum conhecido (CROCOMO *et al.*, [201?]; OLIVEIRA, 2010; SOUZA *et al.*, 2007).

Dominar a arte de tirar fotos com uma lata, ou outra câmera *Pinhole*, exige bastante treino. É indispensável conhecer a Ciência por trás do processo, desde a construção até a revelação. Nos próximos tópicos, detalharemos a Física que envolve o tema, o passo a passo da confecção de um padrão de câmera e uma forma alternativa de revelação. Nesta sequência, ao final do capítulo, estaremos habilitados a conquistar as primeiras fotos.

#### **4.1 Óptica da fotografia *Pinhole***

Durante o ato de registrar uma foto, várias situações podem ser analisadas, desde a origem da luz até a sensibilização do material no fundo da câmera, que pode ser um filme ou um papel. Ao enquadrarmos uma cena, pretendemos capturar todas as informações contidas nela, sendo tal fato possível graças aos fenômenos envolvidos com a ação da luz.

Para fotografar sem lentes, é imprescindível a participação do sol como fonte de luz, pois devido a sua intensidade em ocasiões típicas de nossa região, temos uma redução significativa no tempo necessário para cada “clique”. A natureza da luz e sua propagação, seus princípios, a forma como interage com os objetos e alguns dos seus fenômenos, serão elencados a seguir.

##### **4.1.1 Natureza da Luz**

Vimos, na seção anterior, que as teorias corpusculares e ondulatórias foram as mais aceitas durante nossa história, sendo que cada uma teve um intervalo de preponderância. Contudo, sustentando-se em novas descobertas entre os séculos XIX e XX, frutos do desenvolvimento científico e tecnológico, arrematou-se pela dualidade da natureza da luz, onde torna-se preferencial a escolha da interpretação conforme o fenômeno estudado.

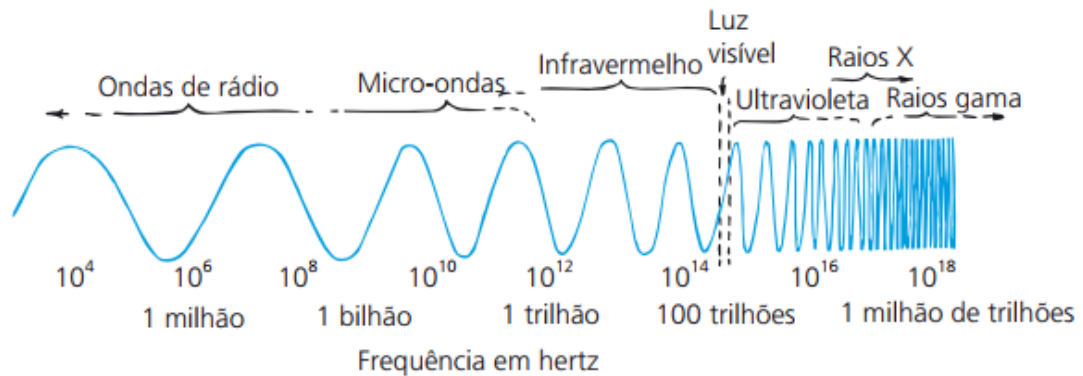
Podemos nos referir à luz como uma energia radiante, que se propaga no meio, material ou não, em forma de ondas eletromagnéticas. Essas ondas originam-se de cargas vibrantes, provocando campos elétricos e magnéticos perpendiculares entre si que oscilam e se regeneram mutuamente, e que graças à conservação da energia permitem uma velocidade de propagação no vácuo constante e universal, dada por  $c = 3.10^8$  m/s.

Essa energia radiante pode ser classificada conforme a frequência de oscilação, ao qual denominamos espectro eletromagnético (FIGURA 4). Comumente, define-se luz apenas como



o intervalo de frequência que o olho humano consegue perceber e processar através do cérebro, ao qual também podemos especificar como luz visível. Tal porção representa apenas um ínfimo recorte do espectro total medido, cerca de apenas 1%.

Figura 4 – Espectro eletromagnético.



Fonte: HEWITT, 2015.

Quando da interpretação da luz como partícula, a exemplo do Efeito Fotoelétrico, a entendemos como pacotes de energia denominados fótons, onde quantizamos sua grandeza conforme o produto da frequência  $f$  de propagação pela constante de Planck  $h$ , segundo a equação  $E = h \cdot f$ . Dependendo da frequência, em especial as mais altas, observaremos episódios que se assemelham ao efeito mencionado, onde ocorrem colisões que eventualmente são comparadas aos choques entre as bolas de um jogo de sinuca.

Ambas as interpretações, ondulatória e particulada, servem para explicar os fenômenos da propagação, reflexão e refração da luz. No entanto, é importante conhecer seu aspecto dual para podermos entender como é possível que essa mesma luz sofra difração, interferência, polarização, espalhamento e efeito fotoelétrico, circunstâncias nas quais devemos adotar uma das teorias para torná-la coerente.

Todavia, por questões didáticas e outros motivos relatados anteriormente, optamos pela interpretação geométrica para embasar os tópicos onde ela é permitida. A ondulatória será preferida apenas quando a primeira não for suficiente. Contudo, sempre que possível, será feita resumidamente uma extrapolação para o outro conceito.

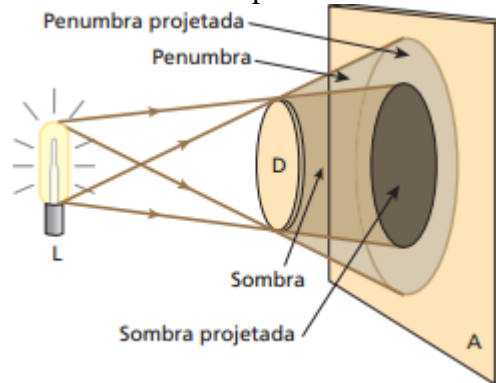
#### 4.1.2 Princípios geométricos e físicos

Euclides, Alhazen e outros que contribuíram para o estudo da Óptica, estavam certos à sua maneira. Inclusive, a forma como se estuda nas escolas, ainda hoje, reflete o modo

geométrico aplicado há séculos. Apesar da matematização, essa ainda é uma das mais simples de lidar com os conceitos desse segmento da Física. Utilizando alguns princípios fundamentais, a noção de raio de luz e mais algumas considerações, podemos compreender a essência de algumas manifestações:

- a) raio de luz: são linhas orientadas que representam, graficamente, a direção e o sentido de propagação da luz. Ao conjunto de raios de luz denominamos feixe de luz;
- b) fonte de luz: a sensação de visão que temos é devida à luz que coletamos em nossos olhos. Essa luz é proveniente dos mais diversos objetos que nos rodeiam, podendo ser classificadas conforme sua origem e suas dimensões:
  - primária: corpos que emitem a própria luz;
  - secundária: corpos que emitem luz originadas em outros corpos, normalmente refletida por difusão, ou seja, espalhada aleatoriamente;
  - pontual: possui dimensões desprezíveis em relação à distância que se situa dos objetos;
  - extensa: em oposição à pontual, não podemos desconsiderar suas dimensões;
- c) princípio da propagação retilínea da luz: nos meios homogêneos e transparentes, a luz se propaga em linha reta. Desse princípio trazemos as seguintes distinções:
  - meio transparente é aquele que permite que a luz descreva uma trajetória retilínea em seu interior;
  - meio translúcido é aquele onde a luz descreve trajetória irregular no seu interior;
  - meio opaco é aquele onde a luz não atravessa, sendo absorvida em forma de energia cinética para suas moléculas;
- d) princípio da independência dos raios luminosos: quando raios de luz se cruzam, cada um deles segue seu trajeto como se os outros não existissem;
- e) princípio da reversibilidade dos raios de luz: a trajetória seguida pela luz independe do sentido de percurso.

Figura 5 – Fonte extensa e a projeção de sombra e penumbra.

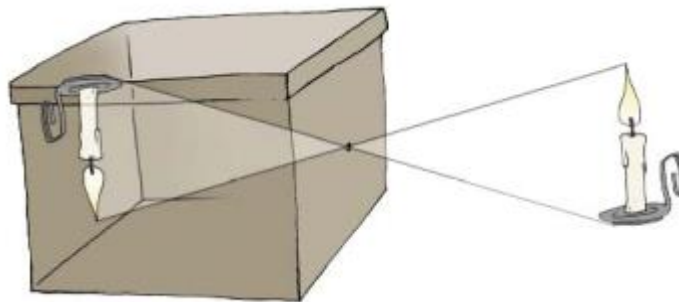


Fonte: BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2012.

A partir desses pontos é possível estabelecer outras definições, como sombra e penumbra (FIGURA 5), onde a primeira é uma região sem a presença de luz e a outra uma região iluminada apenas parcialmente por uma fonte extensa. Juntando essas informações podemos introduzir o conceito de câmara escura.

A câmara escura (FIGURA 6), tão conhecida pelos antigos, nada mais é do que um recipiente oco de paredes internas opacas. Deve ser fechado e dispor de um pequeno orifício para entrada dos raios de luz. Baseado nas considerações anteriores, podemos fazer algumas ponderações:

Figura 6 – Câmara escura de orifício.



Fonte: BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2012.

- a) um objeto externo ao recipiente projeta uma imagem no fundo deste, invertida vertical e horizontalmente, através do orifício;
- b) o objeto funciona como uma fonte de luz secundária e extensa, porém, imaginando-o como uma composição de pontos, semelhante ao que temos nos mosaicos de pixels exibidos nos televisores, cada ponto-objeto será uma fonte pontual de luz, transmitindo raios divergentes;

- c) quanto menor o furo, menos raios serão capazes de adentrar o recipiente, sendo que ao se cruzarem não interferem um no outro. Isso propicia uma imagem mais nítida, pois do contrário, mais raios vindos a partir de um único ponto-objeto, resultarão em mais pontos-imagens no anteparo, criando uma imagem sem definição;
- d) as paredes internas precisam ser opacas para evitar a reflexão no interior, gerando algo similar ao item anterior. Fazendo uma analogia, podemos imaginar um cinema, onde o projetor é idealizado para colocar uma imagem bem nítida na tela ao final da sala. O resto da sala fica escura e, caso tenhamos incidência luminosa de outras fontes que não o projetor, perdemos qualidade na experiência cinematográfica;
- e) utilizando conhecimentos sobre semelhança de triângulos, é possível estabelecer uma equação entre as dimensões da imagem e do objeto e as distâncias destes até o furo. Quanto mais distante o objeto, menor a imagem formada;

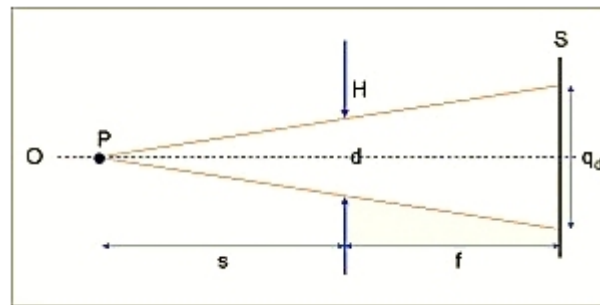
Estabelecer analogias com o olho animal, particularmente com o humano, é sempre salutar. Nosso olho funciona semelhantemente à câmara descrita, no entanto com uma estrutura bem mais complexa, com destaque para o cristalino, lente que se ajusta conforme a necessidade de alterar o foco. No reino animal, os moluscos pertencentes à família Nautiladae, especialmente o Nautilus, não possuem lente no seu órgão da visão e, por isso, tem um funcionamento bem próximo ao do nosso equipamento de estudo. As câmeras modernas, como já dito, também são similares a estes, guardando as devidas proporções. Em todos os casos, são oportunidades para aprofundar o conhecimento, inserindo novos elementos, como na reflexão, refração, instrumentos ópticos etc.

### **4.1.3 Difração**

Já vimos que com furos grandes a tendência é obter imagens desfocadas, com o aspecto borrado. É de se imaginar então que, quanto menor o furo melhor a imagem. Pelo prisma matemático, teríamos a situação da Figura 7, onde um ponto-objeto **P** projeta pontos-imagens na extensão do anteparo **S**, produzindo uma imagem de tamanho  $q_a$  e, por meio de semelhança de triângulos, poderíamos enunciar a equação  $q_a = [(s + f).d] / s$ . Normalmente, em situações como em uma lata de leite, a distância focal **f**, entre o furo e o fundo na direção ortogonal, é da ordem de milímetros, enquanto que a distância **s** da câmara até o objeto é da

ordem de metros, onde podemos desprezar  $f$ . Poderíamos reduzir a equação anterior a  $q_d = d$ , e assim inferir que quanto menor o diâmetro  $d$  do orifício, menor o ponto-imagem e melhor a definição da imagem final para um corpo extenso.

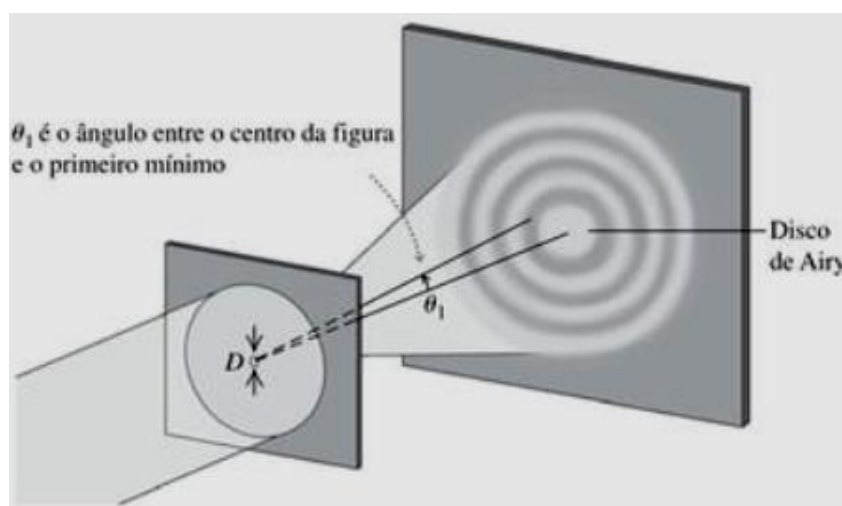
Figura 7 – Representação de uma câmara de orifício.



Fonte: FEUERBACHER, 2003.

Francesco Maria Grimaldi, mais de trezentos anos atrás, já havia percebido que a passagem de luz por um buraco muito pequeno tende a esboçar uma figura de interferência bem característica (FIGURA 8), conhecida como disco de Airy, resultante da difração (NUSSENZVEIG, 2002). Conforme definição de Hewitt (2015, p. 547), “a difração é o encurvamento dos raios luminosos ao passarem pela borda de um objeto, o que gera uma imagem confusa”. Difração e interferência estão intimamente ligadas, sendo que o tal encurvamento pode ser explicado à luz do princípio de Huygens, no qual todo ponto de uma frente de onda pode ser interpretado como fonte de onda secundária. Assim, quando a luz encontra um obstáculo, tal empecilho passa a ser fonte de ondas secundárias, em diversas direções, e que passam a interferir destrutiva e construtivamente com as ondas que não foram bloqueadas. Tais fenômenos podem ser justificados, exclusivamente, pela teoria ondulatória da luz.

Figura 8 – Disco de Airy, típica figura de difração obtida a partir de orifícios circulares.



Fonte: YOUNG; FREEDMAN, 2008.

O físico inglês Lord Reyleigh foi um dos que estudaram a difração causada por orifícios circulares, pois seu emprego era e é de grande interesse no desenvolvimento de instrumentos ópticos, como o microscópio. Determinou critérios para aprimorar a resolução desses equipamentos e, atribui-se a ele uma equação que visa estabelecer o melhor diâmetro para construção de aparelhos que possuam um diafragma<sup>6</sup>, dada por  $d = 1,9 \cdot (f \cdot \lambda)^{1/2}$ , onde  $d$  e  $f$  já fomos apresentados no início desta seção, e  $\lambda$  corresponde ao comprimento de onda. Usualmente, utiliza-se  $\lambda = 0,00055$  mm, pois corresponde ao comprimento onde a luz solar é mais brilhante e nossa visão é mais sensível, situado entre o amarelo e o verde (HEWITT, 2015).

Outros surgiram sugerindo variações da equação, tais como Dobson (GREPSTAD, 2018), que propõe uma opção mais direta na qual calculamos o diâmetro através da seguinte fórmula:

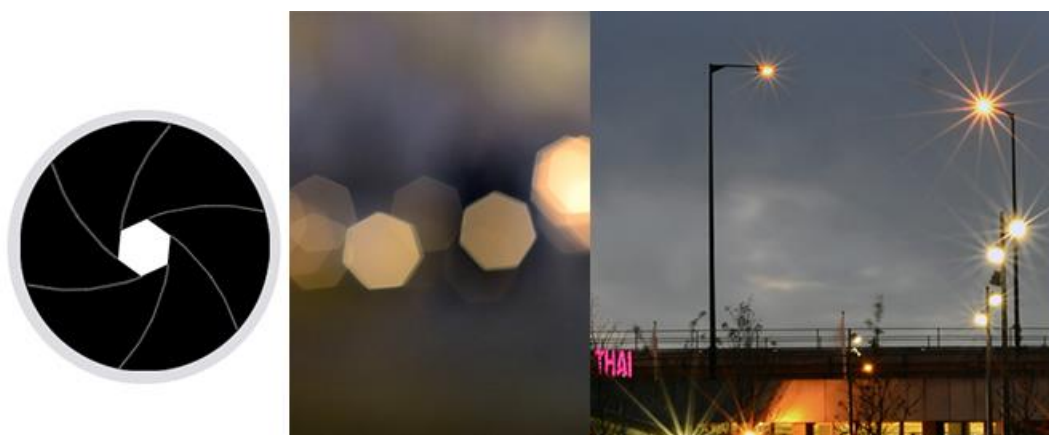
$$d = \sqrt{f/25} \quad (1)$$

A difração ocorre em todas as ocasiões onde temos obstáculos e para todos os tipos de ondas, mecânicas ou eletromagnéticas. Contudo, torna-se mais perceptível à medida que as dimensões da onda se aproximam das dimensões do obstáculo, sendo que quanto menor esta em relação à primeira, mais acentuada será a difração. Por tal motivo é que é mais difícil percebermos esse fenômeno com a luz, porém, no nosso cotidiano podemos percebê-lo ao olhar para uma fonte de luz distante e tentarmos enxergá-la através de uma pequena fresta

<sup>6</sup> Abertura circular que controla a entrada de luz nos instrumentos ópticos. No nosso olho, a pupila desempenha papel semelhante.

entre nossos dedos. Em algumas fotografias isso também é bastante notável, graças às lâminas que compõem o diafragma de uma câmera (FIGURA 9). Apesar da aparente complexidade do tema para o ensino básico, explorar situações do dia a dia e adotar uma didática mais conceitual poderá propiciar uma aula menos carregada. Fazer analogias com ondas “clássicas”, como as marítimas, sonoras ou de rádio, com comprimentos de onda semelhantes aos objetos macroscópicos do nosso mundo, também tornam a transposição do conhecimento mais tênue.

Figura 9 –Diafragma e exemplos de difração.



Fonte: CAMERANEON, 2012.

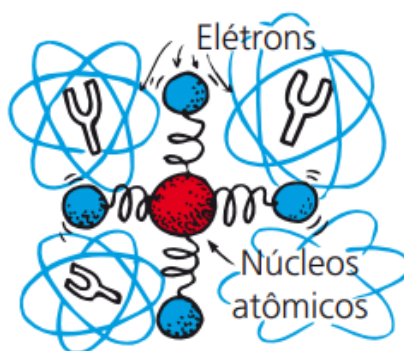
#### ***4.1.4 Interação com a matéria***

Pelo ponto de vista geométrico, pouca ou nenhuma justificativa é dada nos livros didáticos quando há a explicação sobre os processos de interação entre a luz e os corpos, como na reflexão, refração e absorção. O conteúdo é limitado a estabelecer leis que restringem a aspectos visuais, como notar que essa luz retorna, atravessa ou nenhum dos dois casos, ao entrar em contato com um objeto material. No entanto, mesmo que os obstáculos no ensino delimitem a Óptica apenas ao seu espectro geométrico, não há nenhum problema em fornecer alguns incentivos que levem o alunado a buscar outras informações que ampliem seu intelecto, ainda mais em tempos que o acesso à cultura é facilitado pelos meios digitais.

Partindo do princípio que toda a matéria é formada por moléculas, e estas por átomos em constante vibração, estender a interpretação dos fenômenos ao nível microscópico é, no mínimo, coerente com a ideia de letramento científico. Os modelos atômicos, vistos com mais propriedade na Química, ajudam a compreender as ligações possíveis e, assim, a matéria em si. Na Física, utilizamos essa noção em alguns campos, como Termologia e Eletricidade,

porém em outros é pouco lembrada. Um modelo conceitual apropriado para a Óptica, é aquele no qual substituímos os orbitais por molas, típicas da Mecânica, que amparam as oscilações dos elétrons mais externos, decorridas ao redor do núcleo (FIGURA 10).

Figura 10 – Modelo conceitual para os átomos.



Fonte: HEWITT, 2015

Dessa forma, semelhante ao que acontece na acústica, os elétrons funcionariam como diapasões que se deixam oscilar por frequências emitidas por uma fonte de onda, similares à antena ressonante descrita no famoso experimento de Hertz. Cada material detém uma frequência própria de oscilação, assim como a luz possui uma vasta faixa de frequências no espectro eletromagnético. Assim, caso a luz atinja um corpo com uma frequência igual à sua característica, a ressonância provoca absorção. Do contrário, em outras faixas de vibração, ocorrerá reemissão por meio da reflexão, sem redução na velocidade, ou da refração, com diminuição na rapidez da luz.

Tal argumento, aqui brevemente apresentado, pode ser ampliado para embasarmos as noções de transparência, opacidade e até de cores. Conforme o tempo e a turma, ao abordar nosso cotidiano e as paisagens que presenciamos, pode-se ainda introduzir os fenômenos de dispersão e espalhamento, a fim de justificar a coloração que observamos nos arco-íris e no céu, respectivamente.

Ainda sobre cores, podemos ressaltar as diferenças entre os padrões conhecidos, primário aditivo (RGB) ou primário subtrativo (CMYK<sup>7</sup>). Sabe-se da infância que para se obter algumas cores é necessário se misturar outras, porém, mais tarde descobrimos que esse padrão de mistura difere do observado com a mescla de luzes distintas. Assim, as regras para a cor que enxergamos na televisão e na fotografia colorida são diferentes. Nesta última, por

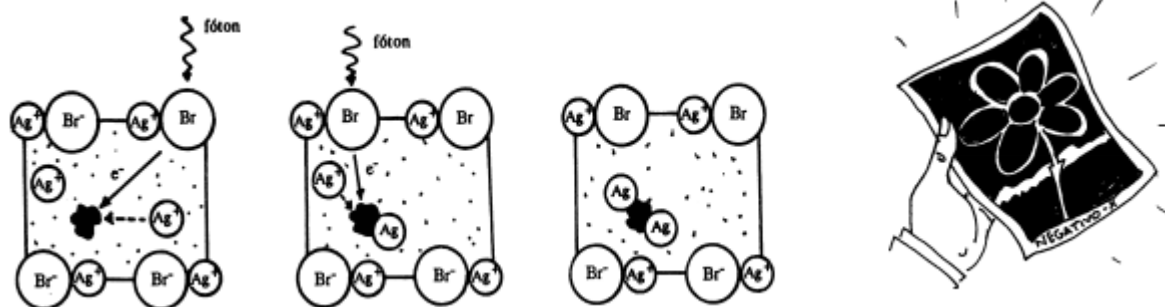
<sup>7</sup> Do inglês, ciano, magenta, amarelo e preto.



exemplo, caso queiramos enxergar o vermelho, é preciso uma substância no papel que absorva o ciano da luz branca, nos devolvendo algo que interpretamos como vermelho.

Trazendo para a fotografia em preto e branco, uma foto alternará tonalidades contidas nessas duas cores. Para a produzirmos em uma superfície essencialmente branca, bastaria uma substância que, proporcionalmente, reagisse à iluminação e mudasse sua composição, para que em outro momento, absorva todas as cores e não reemita nenhuma, parecendo preta. Dessa forma, nos filmes e papéis fotográficos, temos uma emulsão de sais de prata que, ao serem atingidos pela luz, sofrem uma reação que reduz os íons à prata metálica, gerando uma imagem latente até a revelação. Nessa última etapa, a imagem guardada é potencializada, tornando-se tão mais preta quanto tenha sido iluminada durante a exposição à luz (FIGURA 11), obtendo assim um negativo.

Figura 11 – Sensibilização de um filme e obtenção do negativo.



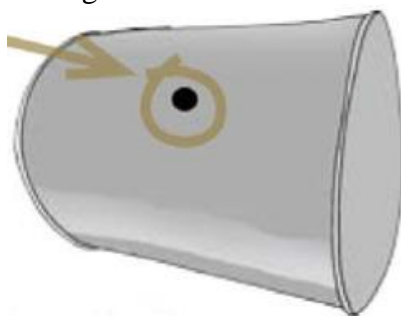
Fonte: GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA, 2008.

#### 4.2 Experimento: Pinhole em latas de leite

Apesar da maioria das embalagens serem hoje fabricadas em plástico, algo que também pode ser objeto de discussão em sala, ainda conseguimos encontrar produtos entregues em invólucros metálicos e vítreos. A lata de leite é um destes artigos, porém ainda conta com a vantagem de ser fácil de achar, principalmente em famílias com filhos pequenos, na faixa etária de poucos meses a alguns anos, onde o fluxo de consumo é elevado. Para ilustrar a montagem, escolhemos os dois tipos mais comuns, cilíndricos, com 400g e 800g.

Em posse da lata, o próximo passo é fazer um furo grande na lateral da lata (FIGURA 12), com pelo menos meio centímetro de diâmetro. Podemos usar um prego grosso para madeira [aqui conhecemos como caibral], uma furadeira, ou uma chave estrela [conhecida também como fenda cruzada ou philips], no entanto, importante ressaltar que esse furo ainda não é o que caracteriza nossa lata.

Figura 12 – Furo na lata.



Fonte: SOUZA; NEVES; MURAMATSU, 2007.

Como a lata tem um metal razoavelmente duro para o nosso propósito, o furo principal, que será bem pequeno, deve ser feito em outra superfície que seja mais maleável. Além disso, esse primeiro furo deve ser grande o suficiente para que a luz, que chega ao orifício menor, chegue diretamente da fonte, sem sofrer difração anterior. Após essa parte, deve-se cortar as rebarbas com um alicate de corte ou amassar para deixar a superfície o mais plana possível. Em seguida, deve-se usar uma lixa própria para metais, a fim de aplainar o máximo possível (FIGURA 13).

Figura 13 – Passo a passo para preparação da lata.



Fonte: autoria própria, 2019.

Como o próprio nome revela, o interior da câmara escura deve ser totalmente isolado da entrada de luz, exceto pelo buraco que dá nome ao nosso equipamento. Como opções para alcançarmos esse objetivo, podemos pintar toda a parte interna de preto, incluindo a tampa, com tinta fosca preta, que pode ser adquirida em depósitos de construção pelo preço médio de vinte reais. A outra opção, mais barata, é revestir o interior com cartolina preta. Nesse tutorial, optamos pela primeira opção (FIGURA 14). Lembramos que esse objetivo evita que a luz sofra múltiplas reflexões internamente, interferindo na imagem final.

Figura 14 – Passo a passo para fazer o pequeno furo



Fonte: autoria própria, 2019.

O último passo é o *Pinhole* em si, porém, primeiramente devemos saber qual o diâmetro do nosso furo. Aplicando a equação de Dobson (1), onde a distância focal  $f$  é de 10 mm na lata menor e 14 mm na maior, ela nos retorna um diâmetro entre 0,4 mm e 0,473 mm. No entanto, se optarmos pela equação de Rayleigh, com um comprimento de onda médio igual a 0,00055 mm, teremos um diâmetro entre 0,45 mm e 0,532 mm. Essa diferença sutil nos leva a esboçar uma média, que transportando para o quadro da Figura 15, indica a escolha por uma agulha de número 12, a qual corresponde aproximadamente a uma agulha fina de costura a mão.

Figura 15 – Tabela de correspondência:  
diâmetro x agulha.

Distância focal	Diâmetro do furo	Agulha nº
4 cm	0,282 mm	Acupuntura
5 cm	0,315 mm	Insulina
8 cm	0,399 mm	Insulina
10 cm	0,466 mm	12
12 cm	0,488 mm	12
15 cm	0,546 mm	12
16 cm	0,564 mm	12
18 cm	0,598 mm	11
20 cm	0,630 mm	11

Fonte: FOTOGRAFIA PINHOLE, c2019.

O pequeno furo deve ser feito em uma folha bem fina, também para minimizar a difração, que pode ser da própria cartolina, de papel alumínio ou de lata de bebidas. Optamos pela última devido a sua maior resistência mecânica e disponibilidade. Com uma tesoura recortamos a lateral de uma lata de refrigerante e, depois, um novo recorte, agora de um retângulo menor. Feito isso basta furar o centro com a agulha e posicionar o retângulo sobre o furo maior, prendendo-o com fita adesiva. Está feito! É recomendável testar se a única entrada de luz está sendo pelo orifício. Podemos fazê-lo apertando a “boca” da lata, sem tampa, sobre o nosso olho e depois mirar para algo luminoso. Caso consigamos ver apenas uma pequena luz passando pelo orifício, nossa câmera *Pinhole* está pronta.

Para obtermos imagens “ao vivo”, poderíamos substituir o fundo da câmera por uma superfície translúcida, como o papel vegetal. Seria necessário também providenciar um invólucro para esse visor, pois com a claridade incidindo diretamente sobre ele, não conseguiríamos enxergar muito bem. Contudo, nosso objetivo é fazer fotos e, para isso, precisamos posicionar um papel fotográfico<sup>8</sup> no fundo da câmera, ortogonalmente com o orifício, para em seguida podermos revelá-lo.

Esta etapa, assim como a revelação propriamente dita, carece de atenção especial quanto ao local (FIGURA 16), que deve ser bastante escuro e iluminado apenas com luz

<sup>8</sup> Preferimos o papel em detrimento do filme, pois este último requer mais cuidado no manuseio, além de mais caro e permitir menos fotos. Também tem um processo de revelação mais trabalhoso.

vermelha. Tal necessidade deve-se ao fato de que o papel é sensível à luz, exceto na faixa de frequência do vermelho<sup>9</sup>. Podemos utilizar a espuma vinílica acetinada (EVA), bem popular, para isolar as janelas e portas. Dentro do recinto, abrimos a lata e prendemos com fita adesiva um recorte de 5 cm x 5 cm do papel fotográfico. Lata fechada e estamos prontos para sair e fotografar, não obstante um último detalhe, o tempo de exposição.

Figura 16 –Montagem do estúdio caseiro.



Fonte: autoria própria, 2019.

Quem conhece um pouco de fotografia e já tentou operar uma câmera valendo-se apenas dos comandos manuais, sabe como pode ser complicado conseguir fotos com boa qualidade. Conhecer o equipamento é fundamental para extrair bons resultados, e com nossa câmera não é diferente. Na fotografia, uma boa exposição revela os detalhes precisos da imagem, tons claros e escuros bem contrastados e claridade suficiente para compreendermos a composição. Para alcançarmos esse objetivo, no entanto, é necessário apresentaremos alguns conceitos comuns à fotografia em geral:

- a) abertura: conhecida como *f/stop*, é a relação entre a distância focal  $f$ , do orifício até a superfície sensível à luz, e o diâmetro do diafragma. Calculamos pela equação  $f\text{-stop} = f / d$ , onde é importante lembrar de usar as mesmas unidades, normalmente em milímetros. Quanto menor a fração, menos luminosidade adentra a câmera. Exemplo: abertura  $f/2.8$  permite que mais luz atravesse do que uma  $f/11$ ;
- b) tempo de exposição: conhecido como velocidade ou *shutter*, em inglês, é o tempo no qual o orifício ficará aberto, permitindo a entrada de luz. Quanto

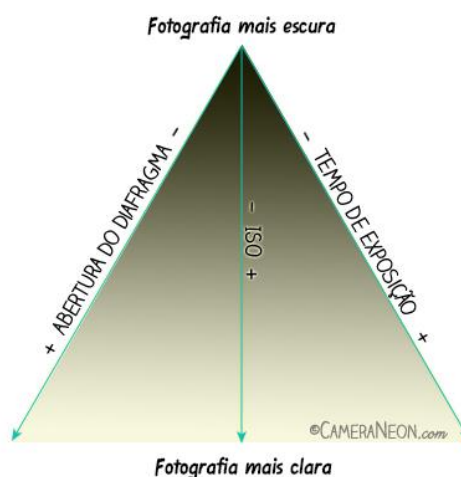
<sup>9</sup> Propriedade a qual atribui-se a denominação de ortocromático.

maior o tempo, expresso em segundos ou frações deste, mais a superfície será sensibilizada;

- c) sensibilidade: conhecida atualmente como *ISO*<sup>10</sup>, corresponde ao grau de sensibilidade da superfície à luz, seja analógica ou digital. Antigamente era conhecida como ASA, nos filmes tradicionais. Quanto maior seu número, mais clara ficará a imagem.

Esses três pilares formam o que é conhecido como triângulo de exposição. Alterar esses parâmetros produz resultados diretos na imagem. Quanto maior o valor de cada um, mais claras as fotos, sendo que o inverso provoca o contrário (FIGURA 17). Mudar esses valores também nos proporciona outras características na imagem, como sensação de congelamento, movimento, profundidade de campo etc.

Figura 17 – Triângulo de exposição.



Fonte: CAMERA NEON, 2017.

Contudo, devido à simplicidade de nossa câmera, após tudo pronto só nos resta a variável do tempo de exposição, visto que abertura e sensibilidade são constantes. Conhecendo o *f-stop* da câmera, calculado de acordo com a equação anterior, e o *ISO* do papel fotográfico, que segundo alguns sites especializados corresponde a um valor entre 5 e 10, dispomos de algumas opções para acertar no tempo:

- a) Disco de exposição: Um medidor elaborado por especialistas, de formato circular, construído artesanalmente em papel cartão ou cartolina. Bem intuitivo,

<sup>10</sup> Do inglês, Organização Internacional de Padronização.

basta girar os discos até encontrar o tempo sugerido. Um modelo e o tutorial para confecção podem ser encontrados no site brasileiro Pinhole.net<sup>11</sup>;

- b) Aplicativo para celular: Existem aplicativos que simulam um fotômetro<sup>12</sup> utilizando os sensores do celular ou a própria câmera. Há versões gratuitas e pagas, porém a única versão gratuita que se encaixou melhor nos nossos propósitos foi o *Light Meter Free*, disponível para sistemas *Android*<sup>13</sup>. Com o software instalado, basta acessar o medidor e apontar para a cena para receber recomendações de tempo;
- c) Calcular manualmente: Além do aplicativo, que fornece a opção de colocar os dados de forma manual e receber um resultado, existem outras técnicas que auxiliam na hora de escolher a velocidade adequada. Como prioritariamente faremos fotos à luz do céu ensolarado, a mais conhecida para esse fim é a regra *Sunny16*, que partindo de uma medida padrão e nossa percepção de luminosidade baseada em uma tabela, permite chegar a um tempo de exposição recomendado para o “clique”. Consideramos esta a mais laboriosa, porém pode servir para fins de comparação. Vários sites ensinam a utilizá-la, geralmente em inglês, porém recomendamos o texto de Luciano de Sampaio Soares<sup>14</sup>.
- d) Tentativa e erro: Muitas fontes recomendam o teste direto, arriscando algumas medidas de tempo até encontrar uma média que satisfaça às condições particulares de tempo e de equipamento.

Devido às facilidades, os métodos escolhidos para escolher um tempo adequado foram os das alternativas b e d, já que dispúnhamos de duas câmeras. Alternamos entre as duas formas para tentar melhores resultados.

### 4.3 *Caffenol* e a revelação de baixo custo

Com a popularização da fotografia digital, acessível até a partir do próprio telefone móvel e com qualidade incrível, capaz de fazer um leigo duvidar que não foi realizada por um profissional, a arte analógica perdeu espaço para a praticidade. São tantos os recursos para escolher, editar e imprimir os melhores registros que restou apenas para amadores e entusiastas o dever de manter viva o processo tradicional. Todavia, até para estes a tarefa não

<sup>11</sup> Disponível em: <https://pinhole.net.br/fotometro-ilford>

<sup>12</sup> Aparelho que mede a intensidade da luz no ambiente.

<sup>13</sup> Não foi possível verificar similares para outros sistemas, visto que não tínhamos aparelhos disponíveis.

<sup>14</sup> Disponível em: [https://www.academia.edu/8707484/Guia\\_Pr%C3%A1tico\\_de\\_Fotografia\\_Pinhole](https://www.academia.edu/8707484/Guia_Pr%C3%A1tico_de_Fotografia_Pinhole)

é das mais fáceis, pois com a priorização pela tecnologia, indústrias e comércios reduziram bastante a circulação de artigos fotográficos direcionados para o público em questão.

Conseguir câmeras, filmes, papéis sensibilizados e químicos é algo dispendioso e restrito a alguns nichos de mercado. Porém, da necessidade é que nascem as oportunidades e, por isso e graças aos mesmos meios digitais, diversas fontes começaram a surgir na internet com o objetivo de fornecer meios para a produção de itens artesanais, vide a própria *Pinhole*.

Apesar dos benefícios citados para o ensino e o desenvolvimento intelectual, replicar o experimento tem seu custo, contudo podemos minimizá-lo através da fabricação de alguns desses produtos, utilizando produtos caseiros ou de fácil aquisição. Nesse contexto, surgiu o *Caffenol*, um agente revelador alternativo e barato. Porém, primeiramente, de acordo com Westphal (2016) podemos resumir a revelação fotográfica em cinco etapas, nesta sequência:

- a) revelação: através de reações de oxirredução, as regiões formadas pela prata metálica depositada na emulsão de sais do papel, durante o processo de exposição, é potencializada e transforma a imagem latente no nosso negativo;
- b) interrupção: neutraliza a etapa anterior, evitando que a prata metálica continue a ser formada, enegrecendo o papel por completo;
- c) fixação: retira os haletos restantes, protegendo o papel de uma decomposição e consequentes manchas, tornando a imagem mais durável;
- d) lavagem: remove os químicos restantes, inclusive os responsáveis pela fixação;
- e) secagem: finaliza o processo e pode ser feita naturalmente, deixando repousar no ambiente.

As etapas a, b e c são realizadas com agentes industrializados, com custo individual aproximado de R\$150,00 por litro<sup>15</sup>. Apesar de renderem bem, o investimento total pode chegar a quase R\$500,00, fora o frete. Além de mais caro, contêm químicos que necessitam de cuidado no descarte, requerem atenção no manuseio e tiram a oportunidade pedagógica que o meio alternativo oferece.

Segundo Garcia (c2016), o termo *Caffenol* surgiu durante as discussões em comunidades especializadas, tendo sido inicialmente desenvolvido em 1995 pelo Dr. Scott A. Williams<sup>16</sup> e sua turma, no Instituto de Tecnologia de Rochester, em Nova Jersey. São muitas as receitas encontradas para o *Caffenol* e outros reveladores caseiros, que podem incluir vinhos, chás e sucos. Também existem soluções para substituir os químicos da interrupção e

---

<sup>15</sup> Preços consultados na internet em 12 jun. 2019.

<sup>16</sup> Seu artigo está disponível em: <https://scholarworks.rit.edu/article/1124/>



fixação. Entretanto, dentre as diversas sugestões disponíveis para esses processos, após algumas pesquisas e testes, elaboramos um receituário compilado para essas situações:

- a) *caffenol*: a que melhor atendeu nossas expectativas é denominada Caffenol-C-M. Deve-se misturar os ingredientes (FIGURA 18) na sequência e deixar repousar por 5 minutos:
  - 250 ml de água, preferencialmente deionizada ou destilada. Pode-se usar também a água condensada eliminada no ar condicionado;
  - 13,5 g de carbonato de sódio (cerca de 3 colheres e meia de chá). Comumente usado para normalização de pH nas piscinas, conhecido como barrilha leve;
  - 4 g de ácido ascórbico (cerca de 1 colher de chá). Popularmente conhecida como vitamina C, encontrada de diversas formas em farmácias e lojas de suplementos. Recomenda-se o uso em pó;
  - 10 g de café solúvel (cerca de 6 colheres e meias de chá). O mais barato e mais forte é sempre mais aconselhado, pelo preço e pela química;
- b) interruptor: solução aquosa de ácido acético;
  - 250 ml da mesma água utilizada para o revelador;
  - meia a uma colher de sopa de vinagre para cozinha;
- c) fixador: solução aquosa de tiosulfato de sódio, antigamente conhecido como hipossulfito de sódio;
  - 250 ml da mesma água anterior;
  - 84 g de tiosulfato de sódio (cerca de 14 colheres de chá). Pode ser adquirido em farmácias de manipulação ou lojas especializadas em produtos químicos;
- d) lavagem: 250 ml da mesma água.
- e) secagem: passar com cuidado folhas de papel toalha, para não deixar resíduos.

Figura 18 – Ingredientes para processo de revelação.



Fonte: autoria própria, 2019.

Foi utilizada uma balança de cozinha, para alcançar uma precisão de 1 g e estabelecer uma correspondência em colheres de chá, mais usual e prático nas receitas. Uma vez todas as soluções preparadas, cada composto é colocado em reservatórios separados, não muito profundos para não dificultar a aplicação (FIGURA 19). Uma pinça para sobrancelhas ou costura servirá para manipularmos o papel fotográfico no interior das bandejas. Recomenda-se utilizar o Caffenol em até meia hora, pois após esse período começa a perder sua eficácia, sendo necessária nova mistura. O tempo do banho em cada recipiente varia entre 30 segundos e 1 minuto, com a fotografia sendo agitada no interior e retirada para conferir sua evolução, especialmente no revelador. Terminada a sessão de revelação, é só balançar cada foto para agilizar a secagem e sair do “laboratório” para conferir os resultados sob iluminação tradicional.

Os negativos podem ser convertidos em positivo usando um aplicativo <sup>17</sup> de celular ou no computador, usando scanner e um software de edição de imagens. Os primeiros resultados

---

<sup>17</sup> Para sistemas Android, experimentamos o *Photo Negative Scanner*, que apesar de gratuito tem o único inconveniente de imprimir uma marca d'água nas fotos.

costumam não agradar, requerendo novas tentativas com alguns ajustes pontuais no tempo de exposição e na receita. A ideia é não desanimar.

Figura 19 –Recipientes e soluções dispostas para iniciar a revelação.

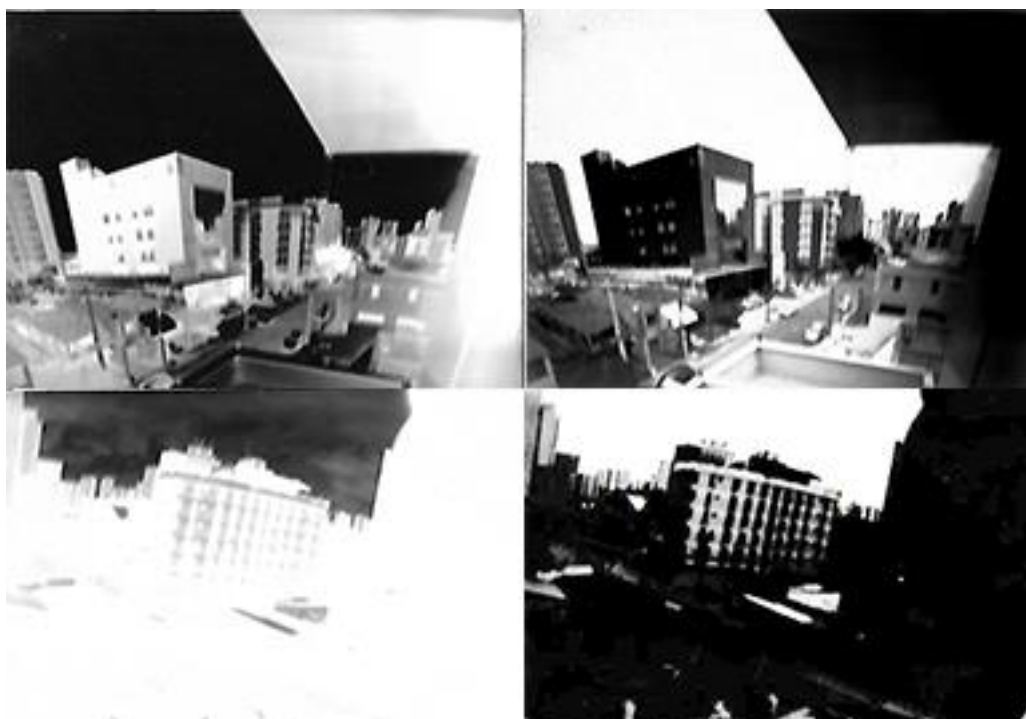


Fonte: autoria própria, 2019.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao participar de uma das oficinas promovida pelo MFF, durante algumas horas pudemos vivenciar a técnica apresentada ao longo deste trabalho. O principal diferencial foi a utilização de químicos próprios, produzidos pelo mesmo fabricante do papel, além de uma câmera com dimensões menores, mas com o mesmo formato cilíndrico. Os resultados foram animadores e tornaram a tarde bem agradável. Foram apenas duas baterias de fotos e, para o primeiro contato, tivemos sucesso em ambas (FIGURA 20).

FIGURA 20 –Negativos (à esquerda) e positivos (à direita).



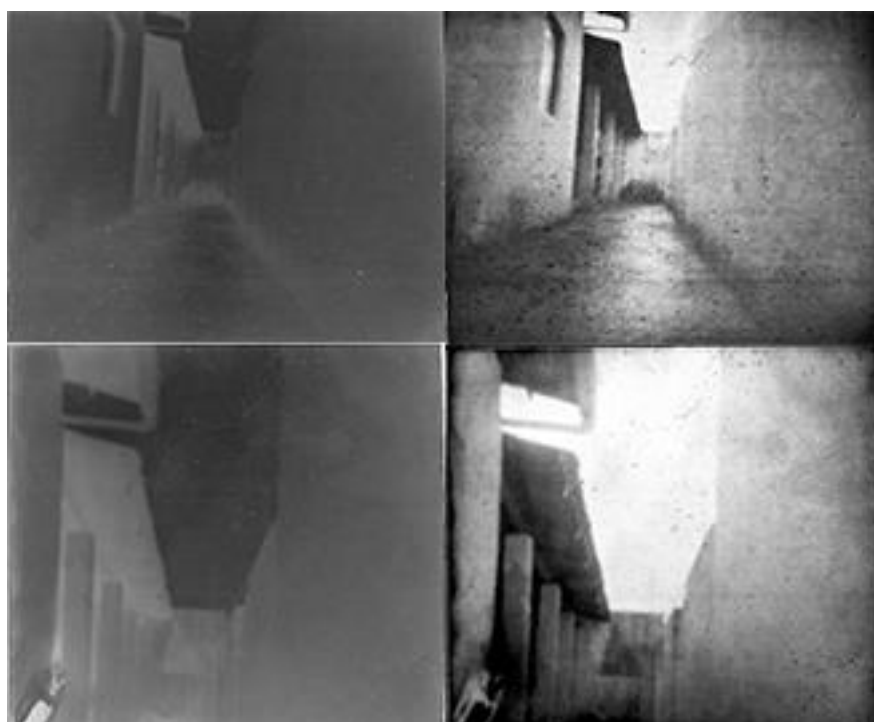
Fonte: autoria própria, 2019.

Para reproduzir fielmente em ambiente doméstico, já discutimos o empecilho do custo elevado. Exceto o papel fotográfico, no valor médio de R\$150,00 para 25 folhas de dimensões 18x24cm, os demais itens foram substituídos por suas alternativas sugeridas. Apesar do seu preço, este rende bastante quando cortado em pedaços de 5x5 cm, possibilitando mais de 400 fotos.

Já com o processo alternativo, os primeiros resultados foram praticamente nulos. Imagens escurecidas ao extremo ou excessivamente claras, ambas sem nenhum contraste.

Quanto ao custo dos produtos, saíram por aproximadamente R\$50,00<sup>18</sup>. Devido à necessidade de luz solar e para efeito de comparação com as paisagens anteriores, escolhemos um cenário externo que servisse como parâmetro para confrontar os resultados em ambas as situações. Após algumas tentativas e ajustes das variáveis, obtivemos um negativo com qualidade razoável e que poderíamos chamar de foto. Realizamos a inversão para positivo e alguns ajustes no editor fotográfico (FIGURA 21). O tempo de exposição foi de 1 minuto e 30 segundos, um pouco abaixo do sugerido pelo aplicativo.

Figura 21 – Negativos e positivos das latas pequena (acima) e grande (abaixo).



Fonte: autoria própria, 2019.

Apesar das paisagens distintas, os arredores do bairro Varjota e o quintal da casa do autor, em Maranguape, o intuito era contrapor resultados previsivelmente bons e testados da primeira circunstância, com uma proposta alternativa e inusitada, ambos conseguidos sob sol forte e câmeras similares.

É indiscutível que as primeiras fotos apresentam maior contraste, linhas mais precisas e uma taxa de acerto superior. As últimas, no entanto, contêm uma granulação visível, possivelmente fruto das partículas de café não dissolvidas, contraste reduzido e taxa de acerto variável. Outra particularidade evidenciada é que, quanto maior o diâmetro da lata, menor o

---

<sup>18</sup> A diferença de preços é relativa. Fazendo alguns cálculos para efeito de comparação, o custo médio por foto é cerca de R\$0,50 para o *Caffenol*, enquanto com produtos profissionais é cerca de 50 a 100% mais caro.

ângulo de captura utilizando o mesmo papel, algo previsto geometricamente. Além disso, seu formato arredondado pouco deformou a impressão, visto que o papel se manteve quase ereto.

Seja como for, é óbvio que não se conseguiria uma equivalência entre *Pinholes* e as câmeras seriadas. Entretanto, não podemos tirar o valor das imagens conseguidas, que aos olhos de um profissional mais atento podem carregar traços artísticos que escapem à percepção de amantes das Exatas. Praticantes mais assíduos dessa arte *vintage* têm conseguido mais espaço, com desempenho acima dos aqui apresentados (FIGURA 22), inclusive culminando em um dia próprio<sup>19</sup> para celebrar seus feitos. Por fim, essa tendência inspirada no passado não pretende, em nenhum momento, equiparar-se às técnicas modernas, pelo contrário, representa uma fuga do imediatismo, tão belo quanto efêmero, que consome uma sociedade frenética.

Figura 22 – Fotos enviadas para o site *Pinhole Day*, entre 2018 e 2019.



Fonte: *PINHOLE DAY*, c2019.

Nota: Começando à esquerda, no sentido horário, autoria de Alexandra Simões, Bárbara Copque e Simone Si.

<sup>19</sup> O *Pinhole Day*, ou Dia Mundial da Fotografia *Pinhole*, é um evento internacional que ocorre anualmente, no último domingo de abril, promovido para difundir essa arte.

## 6 CONCLUSÃO

Ensinar não é um trabalho, quanto mais simples. Ensinar é um empreendimento intelectual, no qual unimos esforços com a finalidade de converter o processo de aprendizado em um caminho mais agradável, quiçá divertido. Não é algo fácil, porém os parâmetros curriculares e as metodologias alternativas apontam para esse rumo, convergindo no mesmo objetivo, que é uma aprendizagem significativa.

A Física figura entre as disciplinas que mais assustam quando o assunto é educação. Seja para lecionar ou aprender, sua fundamentação metodológica ainda insiste em ater-se ao tradicionalismo que prima pela memorização e a exposição de conteúdo. Todavia, o cientificismo que carrega não deve ser sinônimo de rigidez didática. Apropriar-se de novas estratégias, inserindo recursos didáticos que provoquem a curiosidade e viabilizem um ambiente transformador, são passos importantes para instigar e aproximar os alunos no âmbito escolar. Experimentar e dar significado às práticas, com ações inseridas dentro de um contexto social, imprimem mais humanidade nesse campo do conhecimento.

Nesse cenário, a fotografia artesanal mostra-se como uma possibilidade com potencial para desenvolver múltiplas habilidades, conectando aprendizes, conhecimentos e o mundo. Embora aquém dos padrões atuais, o caráter da qualidade é subjetivo, e nem sempre o que é desfocado ou tremido é sinônimo de beleza inferior.

Usar uma *Pinhole* para fotografar é reconhecidamente uma tarefa árdua, mas ao mesmo tempo prazerosa. Revelar com técnicas artesanais e produtos corriqueiros, como fez-se com o *Caffenol*, é possível e transforma a atividade em algo ainda mais desafiador e, na mesma proporção, transfigura-a em agente aglutinador de saberes. Como afirma a frase atribuída a Sebastião Salgado (GARCIA, c2016), “você não fotografa com sua máquina. Você fotografa com toda sua cultura.” e, dessa forma, percebemos que não podemos resumir este recurso incrível apenas ao conceito estético convencional.

Conhecida e usada desde tempos remotos, a câmara escura tem servido para diversos propósitos e chamado a atenção de muitos, artistas ou cientistas. Dentro da Física costuma ser lembrada, contudo vivenciá-la em sintonia com a fotografia artesanal possui um retorno ainda mais benéfico. De toda forma, essa técnica artística merece atenção especial, tanto no aspecto educacional quanto prático, sendo digna de novos estudos, a fim de torná-la mais eficaz e produtiva para as áreas afins.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Cláudia Teresinha Jraige de. Luz e Cores: Uma proposta interdisciplinar no ensino fundamental. 2005. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/6886>>. Acesso em: 05 jun. 2019.
- ANGOTTI, José André Perez; BASTOS, Fábio da Purificação de; MION, Rejane Aurora. Educação em física: discutindo ciência, tecnologia e sociedade. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 7, n. 2, p. 183-197, 2001. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/04.pdf>>. Acesso em 30 mai. 2019.
- ANTUNES JÚNIOR, Estevão Luciano Quevedo. A óptica sob a perspectiva sociocultural e epistemológica: uma experiência didática no ensino de física. 2015. Disponível em <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/132040>>. Acesso em 15 mai. 2019.
- BIAZUS, Paula de Oliveira. " A lata faz foto? Ah, então a lata é mágica!": estudo etnográfico sobre itinerários urbanos e a circulação de imagens e olhares em oficinas de fotografia pinhole, Porto Alegre-RS. 2006. Disponível em <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/14653>>. Acesso em 22 mai. 2019.
- BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José. **Tópicos de Física**: volume 2. 19 ed. São Paulo: Saraiva, 2012.
- BRASIL. Constituição Federal de 1988. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)>. Acesso em 02 mai. 2019.
- BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei número 9394, 20 de dezembro de 1996. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm)>. Acesso em 02 mai. 2019.
- BRITO, J. Q. A.; SÁ, L. P. Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sócio-científicas com alunos do ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** 9, 505-529, 2010. Disponível em <[https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART2\\_Vol9\\_N3.pdf](https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART2_Vol9_N3.pdf)>. Acesso em 09 mai. 2019.
- CALZAVARA, Bruno. Primeira fotografia a cores faz 150 anos. Hypescience, 2011. Disponível em <<https://hypescience.com/primeira-fotografia-a-cores-faz-150-anos/>>. Acesso em 29 mai. 2019.
- CAMERA NEON. Difração na fotografia – Nitidez e resolução. 2012. Disponível em: <<http://cameraneon.com/tecnicas/difracao/>>. Acesso em 06 jun. 2019.
- \_\_\_\_\_. O que é f-stop – Abertura do diafragma na fotografia. 2015. Disponível em: <<http://cameraneon.com/tecnicas/o-que-e-f-stop-abertura-do-diafragma-na-fotografia/>>. Acesso em 06 jun. 2019.



CROCOMO, Fernando; GUIDOTTI, Flávia; GIACOMELLI, Ivan. Floripa Pinhole: A Utilização de Técnicas Primitivas de Registro Fotográfico para o Desenvolvimento de Habilidades com a Fotografia. [201?] Disponível em: <<http://www.fnpj.org.br/soac236/index.php/17enpj/17enpj/paper/download/167/81>>. Acesso em: 14 mai. 2019.

FARIA, Fabiola Cezar; CUNHA, Marcia Borin da. ‘Olha o passarinho!’ A fotografia no Ensino de Ciências. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, v. 38, n. 1, 2016. Disponível em <<https://www.redalyc.org/html/3073/307346069006/>>. Acesso em 12 mai. 2019.

FERREIRA, Vinícius; SPIEKER, Annelore. Fotografia Pinhole–Real e Fascinante<sup>1</sup>. 2009. Disponível em: <<http://www.intercom.org.br/papers/regionais/sul2009/expocom/EX16-0038-1.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello. A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz. 2009. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-24092009-130728/en.php>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

FOTOGRAFIA MAIS. História Completa da Fotografia. 2017. Disponível em: <<https://fotografiamais.com.br/historia-completa-da-fotografia/>>. Acesso em 03 jun. 2019.

FOTOGRAFIA PINHOLE. Os Elementos. c2019. Disponível em: <<https://pinhole.net.br/elementos-da-pinhole>>. Acesso em: 09 jun. 2019.

FOUREZ, Gérard. Crise no ensino de ciências?. **Investigações em ensino de ciências**, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2016. Disponível em <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/542/337>>. Acesso em 12 mai. 2019.

FRANCISCO JR, Wilmo E.; FERREIRA, Luiz Henrique; HARTWIG, Dácio Rodney. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. **Química Nova na Escola**, v. 30, n. 4, p. 34-41, 2008. Disponível em <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc30/07-PEQ-4708.pdf>>. Acesso em 14 mai. 2019.

GARCIA, André Manfrini. Caffenol. c2016. Disponível em: <<https://caffenol.com.br/>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

GERMANO, Marcelo Gomes; FERREIRA, Raquel Luana Cavalcanti. CIÊNCIA E ARTE: DIÁLOGOS INTERDISCIPLINARES, POPULARIZAÇÃO E COMUNICAÇÃO DA CIÊNCIA. [2014?]. Disponível em: <[http://editorarealize.com.br/revistas/cintedi/trabalhos/Modalidade\\_1datahora\\_09\\_11\\_2014\\_19\\_00\\_16\\_idinscrito\\_4296\\_4c01a756807a59b8a48dc9876a1831c1.pdf](http://editorarealize.com.br/revistas/cintedi/trabalhos/Modalidade_1datahora_09_11_2014_19_00_16_idinscrito_4296_4c01a756807a59b8a48dc9876a1831c1.pdf)> Acesso em 02 jun. 2019.

GLEISER, Marcelo. Marcelo Gleiser conta a história da Luz. *Galileu*, 2015. Disponível em <<https://revistagalileu.globo.com/Revista/noticia/2015/06/marcelo-gleiser-counta-historia-da-luz.html>>. Acesso em 26 mai. 2019.

GREPSTAD, John. Pinhole Photography – History, Images, Cameras, Formulas. 2018. Disponível em: <<https://jongrepstad.com/pinhole-photography/pinhole-photography-history-images-cameras-formulas/#formulas>>. Acesso em 09 jun. 2019.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Imagem quântica no filme e na TV**. São Paulo: Instituto de Física, Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/GREF/optica16-2.pdf>>. Acesso em: 09 jun. 2019.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual** [recurso eletrônico]. Tradução de Trieste Freire Ricci. 12 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

LUZZI, Felipe de Oliveira. Óptica da fotografia: abordagem CTS sob a perspectiva da Aprendizagem Significativa. 2017. 184f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017. Disponível em <<https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/8185>>. Acesso em 08 mai. 2019.

MAYA, Eduardo Ewald. Nos passos da história: o surgimento da fotografia na civilização da imagem. **Discursos fotográficos**, v. 4, n. 5, p. 103-129, 2008. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/discursosfotograficos/article/view/1928>. Acesso em: 02 jun. 2019.

MEC. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM). **Ministério da Educação**, 1999. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/par/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211>>. Acesso em: 02 mai. de 2019.

MEC. PCN+ Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. **Ministério da Educação**, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2019.

MEDEIROS, Alexandre; MONTEIRO JR, Francisco Nairon. reconstrução de experimentos históricos como uma ferramenta heurística no ensino de Física. **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS**, v. 3, 2001. Disponível em: <<http://abrapecnet.org.br/enpec/iii-enpec/o12.htm>>. Acesso em: 09 mai. 2019.

MUZARDO, Fabiane. Fotografia: Arte ou Ciência?. **Domínios da Imagem**, v. 4, n. 7, p. 63-76, 2010. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/dominiosdaimagem/article/view/23654>>. Acesso em: 30 mai. 2019.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de Física Básica, vol. 4. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

*PINHOLE DAY*. Dia mundial da fotografia *Pinhole*. c2019. Disponível em: <<https://pinholeday.org/>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

RIBEIRO, Ana Rita *et al.* Luz: História, Natureza e Aplicações. **Gazeta de Física**, Lisboa, v. 39, n.1 / 2, p. 6-12, jun. 2016. Disponível em: <<https://www.spf.pt/magazines/GFIS/119/pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

RIBEIRO, Jair Lúcio Prados; VERDEAUX, Maria de Fátima da Silva. Atividades experimentais no ensino de óptica: uma revisão. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 1-10, Dec. 2012. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172012000400021&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172012000400021&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 15 mai. 2019.

SALLES, Filipe. Breve história da fotografia. São Paulo, 2004. Disponível em: <[http://www.miniweb.com.br/Artes/artigos/Hist%C3%B3ria\\_fotografia.pdf](http://www.miniweb.com.br/Artes/artigos/Hist%C3%B3ria_fotografia.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2019.

SANTOS, Ovídia Kaliandra Costa; BELMINO, JFB. Recursos didáticos: uma melhoria na qualidade da aprendizagem. 2016. Disponível em: <[http://www.editorarealize.com.br/revistas/fiped/trabalhos/Trabalho\\_Comunicacao\\_oral\\_idins\\_crito\\_\\_fde094c18ce8ce27adf61aedf31dd2d6.pdf](http://www.editorarealize.com.br/revistas/fiped/trabalhos/Trabalho_Comunicacao_oral_idins_crito__fde094c18ce8ce27adf61aedf31dd2d6.pdf)>. Acesso em: 02 mai. 2019.

SÉRÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, Antônio Dias. O papel da experimentação no ensino da física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/6560/6046>>. Acesso em 05 mai. 2019.

SILVA, Leandro Londero da; GAZOLA, Carine Divaneia; TERRAZZAN, Eduardo. O USO DE ANALOGIAS NO ENSINO DE ÓPTICA: UMA EXPERIÊNCIA EM ANDAMENTO♦. 2003. Disponível em <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Painel/PNL195.pdf>>. Acesso em 10 mai. 2019.

SOUZA, Carlos Eduardo Rossatti de; NEVES, João Ricardo; MURAMATSU, Mikiya. Fotografando com câmara escura de orifício: a óptica e o processo fotográfico na sala de aula. **A Física na escola**, v. 8, n. 2, 2007. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a05.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

SOUZA, Rafaelle da Silva. A Física no dia a dia: materialização da interdisciplinaridade no ensino médio. **Revista Digital Compartilhando Saberes**. João Pessoa, n.4, p. 76-91, dez.-jul., 2016. Disponível em<<http://www.sec.pb.gov.br/revista/index.php/compartilhandosaberes/article/view/65/76>>. Acesso em 05 mai. 2019.

UNESCO. 2015 – Ano Internacional da Luz. c2017. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/abou-this-office/prizes-and-celebrations/2015-international-year-of-light/>>. Acesso em 01 jun. 2019.

VIEIRA, Patrese Coelho. Perspectivas sobre a evolução histórica do conceito de luz e sua integração com a fotografia para o ensino da óptica. 2014. Disponível em <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/103875>>. Acesso em 30 mai. 2019.

WESTPHAL, Cristian Reis. Como funciona a revelação fotográfica. Sustentabilidade, 2016. Disponível em: <<http://sustentabilidade.com/como-funciona-a-revelacao-fotografica/>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **FISICA IV –Ótica e Física Moderna**. 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.