

Fotografia como eixo integrador de Arte, Química e Física: desenvolvimento e contribuições do projeto “Ciência da Fotografia” na construção do protagonismo e conhecimento científico em estudantes do ensino médio

Majorie Mara Malacarne, Barbara Queiroz Guimarães, Luma Barbosa Magnago e Itamar Ferreira da Costa

Devido à importância da interdisciplinaridade, experimentação e protagonismo discente na melhoria do processo de aprendizagem, anualmente, é promovido um evento escolar no qual os alunos são protagonistas na elaboração dos trabalhos. O tema central de 2022 foi: *Tecendo novas manhãs - A vida devia ser bem melhor e será!* Diferentes componentes curriculares propuseram trabalhos relacionados à fotografia, dentre eles Arte, Química e Física com o trabalho “Ciência da Fotografia”. O objetivo deste artigo é apresentar os resultados obtidos a partir deste projeto e discutir a sua contribuição na construção do conhecimento científico dos alunos. Nesta atividade, os estudantes construíram uma máquina fotográfica pinhole, fabricaram papel fotográfico e revelaram as fotos captadas, obtendo imagens nítidas e detalhadas. O engajamento dos alunos e suas percepções ao final do trabalho mostram a importância de estimular o protagonismo científico e instigar o docente a desenvolver metodologias diferenciadas de ensino.

► fotografia, protagonismo, interdisciplinaridade ◀

Recebido em 08/02/2024; aceito em 28/06/2024

Introdução

O ensino de Química tem se mostrado desafiador devido, principalmente, à dificuldade dos alunos em apropriar conhecimentos sobre os conteúdos abordados. A complexidade dos conceitos químicos, a desconexão entre teoria e prática e a utilização de métodos de ensino tradicionais são fatores que podem desencadear essa dificuldade. Para auxiliá-los na construção do conhecimento químico e científico, os professores utilizam estratégias de ensino que proporcionam uma visão da química que vai além dos conceitos estudados em sala de aula, como a experimentação.

A experimentação é uma estratégia de ensino que estimula os questionamentos e a investigação de um fenômeno, que permite ao aluno aprimorar suas concepções sobre tal, potencializando a aprendizagem, contribuindo com a superação de obstáculos cognitivos, ao tratar de conceitos científicos os quais podem ser abstratos quando abordados em teoria (Guimarães, 2009; Santos *et al.*, 2018; Silva e Moura, 2018).

Espera-se que nas aulas experimentais os alunos possam desenvolver “habilidades cognitivas importantes para o processo de aprendizagem” (Lima *et al.*, 2021, p. 800), como a criatividade, a capacidade de resolver problemas, raciocínio

lógico e rápido, senso crítico, expor suas ideias, criar teorias e argumentar quanto aos resultados obtidos, além de proporcionar autonomia, permitindo que o aluno construa seu conhecimento de forma ativa (Stuart e Marcondes, 2008; Souza *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2018; Lima *et al.*, 2021). Nesse sentido, não basta apenas realizar o experimento, a atividade deve promover a investigação, por meio de discussões, análises de dados e interpretação de resultados (Stuart e Marcondes, 2008).

Essa estratégia de ensino pode, além de aumentar a motivação dos alunos, fazer com que o próprio docente reflita sobre o processo de ensino em relação às habilidades e competências que poderiam ser desenvolvidas (Lima *et al.*, 2021). O professor desempenha aqui um papel de mediador e busca planejar, orientar e incentivar os alunos a participarem e compreenderem os conceitos científicos, ao fornecer informações necessárias e apresentar questionamentos que auxiliam o aluno no caminho para avaliação do fenômeno (Stuart e Marcondes, 2008; Souza *et al.*, 2013).

A experimentação desenvolve um forte interesse nos alunos (Silva e Moura, 2018), principalmente por meio de desafios e descobertas, significando ainda mais o processo de aprendizagem (Cardoso e João, 2019). A experimentação



unida à interdisciplinaridade, uma forma de integrar as disciplinas sem que existam fronteiras entre elas, proporciona o trabalho colaborativo entre professores de diferentes áreas e dá oportunidade aos alunos de vivenciarem aulas diferenciadas (Cardoso e João, 2019). Em resumo, trocam-se as disciplinas abordadas de maneira fragmentada e criam-se interconexões, proporcionando um saber mais abrangente ao aluno (Monteiro *et al.*, 2013).

Devido à importância da interdisciplinaridade, da experimentação e do protagonismo discente para a melhoria do processo de aprendizagem, anualmente os integrantes do Núcleo de Arte e Cultura (NAC), programa escolar institucionalizado junto a coordenadoria de extensão de uma escola federal do Espírito Santo, coordenam e promovem a Semana de Arte e Cultura (SAC), que é um evento acadêmico interno no qual os alunos são os protagonistas na elaboração dos trabalhos, tendo estes um tema central. No ano de 2022 este tema foi “*Tecendo novas manhãs – A vida devia ser bem melhor e será!*”. Entre os trabalhos propostos pelos organizadores do evento, para as turmas do ensino médio integrado ao técnico, estavam: “Evolução da fotografia”, “Grandes fotógrafos locais, nacionais e internacionais”, “Exposições fotográficas e de telas”, entre outros, trabalhos estes que são orientados por alguns docentes que lecionam nas turmas. Com isso, visando promover a interdisciplinaridade entre a Arte, a Química e a Física, foi proposto a três turmas de segundo ano do ensino médio, o desenvolvimento de um trabalho sobre a ciência da fotografia, que visava explicar os conceitos teóricos de Química e Física envolvidos nos processos de: captação de imagens por câmeras fotográficas do tipo pinhole, funcionamento dos papéis fotográficos e revelação das fotos, além de executar na prática estes processos.

O desenvolvimento deste trabalho científico foi inovador, visto que não há publicações envolvendo o protagonismo estudantil de alunos do ensino médio na construção do conhecimento interdisciplinar (Química, Física e Arte) por meio da fotografia, e que desenvolvessem experimentalmente, em ambiente escolar, as três etapas descritas: captação das fotografias utilizando câmera pinhole, fabricação de papel fotossensível e revelação utilizando *caffenol*. Apesar de Neves *et al.* (2017) proporem a junção dos três processos apresentados neste trabalho, o objetivo deles foi verificar a viabilidade da união dessas técnicas para obtenção de fotografias analógicas para aplicação em oficinas, não havendo no trabalho publicado registros das fotos captadas por eles e um indicativo que estas oficinas foram desenvolvidas junto a estudantes. Além disso, os autores substituíram o papel caseiro fabricado por eles por chapas de raio X virgens por não terem obtido resultados satisfatórios no processo de fabricação do papel. Os autores Myczkowski *et al.* (2022)

[...] anualmente os integrantes do Núcleo de Arte e Cultura (NAC), programa escolar institucionalizado junto a coordenadoria de extensão de uma escola federal do Espírito Santo, coordenam e promovem a Semana de Arte e Cultura (SAC), que é um evento acadêmico interno no qual os alunos são os protagonistas na elaboração dos trabalhos, tendo estes um tema central.

também propuseram a experimentação fotográfica como vértice do estudo de Química, Física e Arte, mas, assim como Neves *et al.* (2017), não fabricaram o papel e utilizaram chapas de raio X virgens. Os demais autores, cujos trabalhos foram encontrados nos levantamentos bibliográficos, propuseram abordagens mais teóricas envolvendo a “Química da Fotografia” enquanto tema gerador para o ensino (Marques, 2012; Santos, 2016) ou substituíram apenas parte do processo (captação, revelação ou papel fotográfico) por um meio alternativo (Domingues *et al.*, 2016; Garcia, 2016; Giorgi, 2010).

A ciência da fotografia

A invenção da fotografia teve início com a descoberta da câmara escura, que era constituída por um quarto fechado, com paredes brancas, apresentando uma única abertura em uma das paredes que possibilitava a entrada de raios solares e, com isso, havia a projeção da imagem de um objeto externo à câmara na parede interna da mesma. A imagem projetada aparecia de forma invertida na parede oposta à parede que continha a abertura (Marques, 2012). Esta inversão pode ser explicada por um dos princípios fundamentais da óptica geométrica: “todo o raio de luz percorre trajetórias retilíneas quando em meios transparentes e homogêneos”. Os princípios da óptica geométrica são apresentados aos discentes pelos professores de Física no segundo ano do ensino médio.

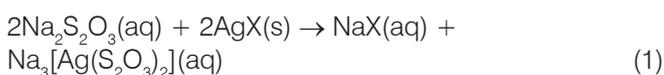
A câmara escura pode ser utilizada como máquina fotográfica ao substituir seu anteparo translúcido por uma substância fotossensível adequada, como filmes ou papéis fotográficos. Estas câmeras, conhecidas como pinhole (buraco de agulha), não possuem lentes, apresentando apenas um pequeno orifício que funciona como lente e diafragma fixo no lugar do sistema óptico a que estamos habituados nas câmeras convencionais e que correntemente designamos de objetiva (Boschi *et al.*, 2004). Essas câmeras podem ser facilmente fabricadas com materiais alternativos encontrados em nosso cotidiano como: caixas de sapato, latas de refrigerante e de leite em pó, entre outros materiais (Manual do mundo, 2023).

Para obtenção da fotografia é necessária a utilização de um papel fotográfico que é inserido na câmera pinhole na parede oposta ao orifício. O papel fotográfico consiste em uma emulsão gelatinosa de algum haleto de prata, na qual os íons prata irão sofrer redução devido a sua exposição à luz que é direcionada ao papel através do orifício (Peruzzo e Canto, 2006; Neves *et al.*, 2017). Os haletos de prata sofrem uma alteração mínima não perceptível a olho nu (visível somente no microscópio eletrônico), a qual é chamada de imagem latente (Schisler, 1995). À medida que a intensidade de luz recebida em uma região aumenta, mais escura essa área ficará após a revelação, pois um maior número de íons

prata terá sido sensibilizado naquela região do papel. Desse modo, a imagem formada no filme será “negativa”, isto é, com os padrões de claro e escuro invertidos (Neves *et al.*, 2017). Isso ocorre porque, quando a luz incide sobre uma superfície, parte da sua energia é absorvida pelo material e parte é refletida. É essa parcela da luz refletida que irá adentrar a câmera pinhole e sensibilizar o papel fotográfico. A partir do estudo da reflexão da luz, no componente curricular de Física, sabe-se que quando um corpo de cor branca recebe luz branca ele reflete todas as sete cores que compõem essa luz. Por outro lado, um corpo negro absorve todas as cores e não reflete nenhuma delas. Logo, o corpo negro por não refletir os raios luminosos, não causará a redução dos íons prata no papel fotográfico e esta região aparecerá como branca após a revelação. O inverso ocorre com a luz refletida pelo corpo branco.

Após a etapa de sensibilização do papel fotográfico durante o registro da foto, é realizado o processo de revelação, que consiste na transformação da imagem latente registrada no filme fotográfico em imagem visível por meio de um processo químico (Schisler, 1995). O procedimento envolve, na ausência de luz, mergulhar o papel fotográfico em uma solução aquosa de um agente redutor apropriado, normalmente a base de hidroquinona. A função do revelador é concluir a transformação dos haletos de prata contidos no papel fotográfico em prata metálica, através do processo de oxirredução. Durante esse processo, o agente revelador se oxida, “doando” seu elétron aos íons prata, o que os transforma em prata metálica negra (Peruzzo e Canto, 2006).

As regiões mais claras do objeto refletem mais luz, e o papel, ao entrar em contato com o revelador, reduz a prata, formando-se assim prata metálica, que é negra. As regiões mais escuras sensibilizam pouco ou não sensibilizam o papel, formando assim tons de cinza ou branco, quando a superfície é muito escura. Após a revelação, o papel apresenta áreas claras que contêm haletos de prata que não reagiram, pois não foram expostos à luz. Eles devem ser removidos para que o negativo final não fique fotossensível (Rossati *et al.*, 2009), sendo essa a função do fixador. A base das soluções fixadoras é o tiosulfato de sódio, pois esse composto reage com os cristais de prata formando complexos solúveis em água, provocando desta forma, a dissolução dos haletos de prata não expostos e a preservação da imagem, conforme a reação (1) (Domingues *et al.*, 2016).



Por ser responsável pela preservação da imagem, deve-se estar atento a este processo, pois a permanência de resíduos

desta reação, ao longo do tempo, provocam manchas na fotografia (Schisler, 1995). Para a eliminação destes resíduos, é realizada a etapa da lavagem do papel com água ou soluções à base de sulfito de sódio, que permite que apenas a prata metálica permaneça sobre o papel, garantindo a integridade do negativo da fotografia. Posteriormente, a secagem natural é realizada.

Após a obtenção do negativo, a positivação é feita por contato. O negativo é colocado sobre um papel fotográfico idêntico que não foi utilizado e ambos são colocados entre duas placas de vidro. Em seguida, incide-se, rapidamente, luz neste conjunto, sensibilizando o papel fotográfico. As áreas claras no negativo permitem a passagem da luz e causam uma maior sensibilização no papel fotográfico, deixando essas áreas mais escuras. Já áreas claras no negativo geram áreas escuras no positivo e vice-versa. As etapas seguintes (revelação e fixação) são as mesmas do negativo. Ressalta-se que a manipulação do papel fotográfico deve ser realizada em ambiente escuro com a utilização da lâmpada de segurança, que é vermelha e de baixa intensidade (Rossati *et al.*, 2009).

Observa-se que o processo de fabricação do papel fotográfico, a captação das fotos e o processo de revelação envolvem reações de oxirredução, conteúdo trabalhado no segundo ano do ensino médio no componente curricular de Química. Logo, verifica-se a viabilidade da execução da proposta de atividade interdisciplinar entre as áreas de Química, Física e Arte com os alunos desta série. Com isso, os objetivos deste trabalho são: detalhar as etapas de execução do trabalho científico interdisciplinar intitulado “Ciência da fotografia” desenvolvido por alunos do segundo ano do ensino médio de uma escola federal do Espírito Santo; apresentar os resultados obtidos por estes nas diversas atividades realizadas neste projeto, que envolveram desde a fabricação de máquinas fotográficas antigas, do tipo pinhole, a captação de imagens, a fabricação do papel fotográfico, até a revelação das fotos; e discutir a contribuição deste trabalho na construção do conhecimento científico dos alunos envolvidos. Além disso, visa-se fornecer material instrucional para docentes do componente curricular Química para o desenvolvimento de uma metodologia diferenciada de ensino.

Planejamento das atividades

Após a definição do tema da SAC, três turmas do segundo ano do ensino médio (média de 35 alunos) foram designadas a desenvolver o trabalho “Ciência da fotografia”. O tema geral foi desmembrado em três subtemas e cada turma ficou responsável pela execução de um deles sob orientação e supervisão das professoras.

Observa-se que o processo de fabricação do papel fotográfico, a captação das fotos e o processo de revelação envolvem reações de oxirredução, conteúdo trabalhado no segundo ano do ensino médio no componente curricular de Química. Logo, verifica-se a viabilidade da execução da proposta de atividade interdisciplinar entre as áreas de Química, Física e Arte com os alunos desta série.



Figura 1: Ambientação dos espaços para exibição do tema.

A primeira turma recebeu como proposta de atividade “a construção de uma câmera pinhole para captação de imagens no contexto escolar”, sendo responsável pela fabricação da câmera, captação das fotos e explicação dos fenômenos óticos envolvidos nesse processo. A segunda turma ficou responsável pela fabricação do papel fotográfico e por explicar, de forma simples, as reações químicas envolvidas nos registros fotográficos. A terceira turma ficou responsável por pesquisar, explicar e realizar o processo de revelação fotográfica. As três turmas trabalharam de forma conjunta no desenvolvimento e na apresentação do trabalho nas salas temáticas, visto que o trabalho de cada uma dependia das demais.

4

Resultados e discussão

Ambientação e processo de captação das fotos

A SAC é um evento anual no qual são apresentados os trabalhos desenvolvidos pelos alunos do ensino médio integrado ao ensino técnico de uma escola federal. Este evento é marcado pela interdisciplinaridade dos trabalhos e pelo protagonismo estudantil, visto que os alunos são os responsáveis pelo desenvolvimento, montagem e apresentação dos trabalhos, com a orientação e supervisão dos docentes. Na Figura 1 é possível observar alguns recursos utilizados para ornamentação da sala temática “Ciência da fotografia”.

Inicialmente, os grupos de visitantes que adentravam a sala temática eram apresentados à evolução das máquinas fotográficas no decorrer dos tempos. Posteriormente, os discentes mostravam o passo a passo que eles usaram para fabricação da câmera do tipo pinhole e ensinavam como



Figura 2: Câmera pinhole construída pelos alunos.

utilizá-la para captação de fotografias. Para a fabricação da câmera do tipo pinhole, os alunos utilizaram como referência o vídeo do Manual do Mundo denominado “Câmera na Lata” (Manual do Mundo, 2023). O resultado da câmera produzida pelos alunos e apresentada aos espectadores pode ser observado na Figura 2.

Para realizar a captação das fotos, os alunos levaram a câmera pinhole para um ambiente escuro (almoxarifado) iluminado por uma lâmpada de LED vermelha, de baixa intensidade, e inseriram o papel fotográfico fabricado na lateral oposta ao orifício da câmera. Para garantir que este ficaria fixo, utilizou-se fita crepe na parte posterior desse papel. O orifício foi fechado com uma fita isolante e a câmera foi levada para a parte externa do prédio de laboratórios, onde o registro que resultou na primeira imagem visível, foi realizado (Figura 3a). Para tal, posicionou-se a câmera sobre um banco alto a uma distância de aproximadamente 30 metros do prédio e descobriu-se o orifício. Como o dia estava



Figura 3: (a) Negativo da fotografia; (b) Positivo deste registro (feito por FOTO EFEITOS); (c) Fotografia digital no mesmo local.

nublado, manteve-se o orifício aberto por 10 minutos para sensibilização do papel fotográfico. Em seguida, o mesmo foi fechado e a câmera foi levada para um ambiente escuro, local em que o papel pôde ser levado para o processo de revelação. Este processo de registro fotográfico foi repetido diversas vezes, em diferentes localidades da escola. Antes de fixar o tempo de exposição em 10 minutos, foram realizados testes com diferentes intervalos. No entanto, em nenhum desses experimentos foram obtidas imagens visíveis após o processo de revelação.

No primeiro registro visível obtido com a câmera pinhole, é possível observar os diferentes formatos dos telhados que compõem o prédio. Observa-se também que o céu ficou com a coloração mais escura, devido à maior incidência de raios luminosos na região, gerando uma maior sensibilização dos íons prata. Além disso, as paredes dos prédios ficaram mais claras. Apesar desta fotografia não ter registrado os diferentes detalhes da fachada do prédio, os alunos e as professoras ficaram entusiasmados com este registro, pois representou a primeira imagem visível obtida por eles. Além disso, este registro demonstrou que os processos de construção da máquina fotográfica pinhole, de fabricação do papel e do processo de revelação com o uso de materiais alternativos estavam sendo realizados de forma correta.

Para explicar aos espectadores do evento sobre o funcionamento deste tipo de câmera para captação de imagens e sobre os princípios físicos que norteiam sua utilização, os alunos convidavam os visitantes para adentrarem na câmara escura construída por eles e que estava posicionada no pátio da escola. Dentro desta, os últimos conseguiam visualizar a imagem de um dos alunos, presente no pátio, projetada de forma invertida, conforme exemplificado na Figura 4, e, por meio desta visualização, com o apoio de cartazes, explicavam o conceito da propagação retilínea da luz e da formação da imagem no interior da câmera.

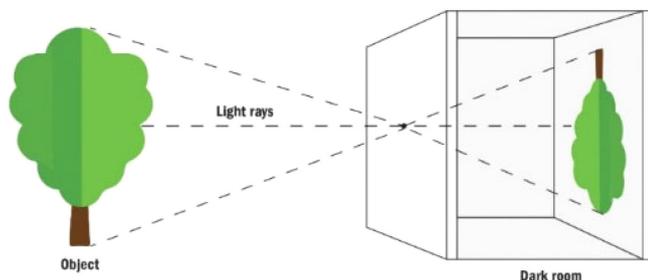


Figura 4: Inversão da imagem devido à propagação retilínea da luz (CÂMERA OBSCURA & WORLD OF ILLUSIONS, 2020).

Importante ressaltar a necessidade de colocar a câmara escura em um ambiente bem iluminado para que ela funcione.

Para construção desta câmara escura, os alunos utilizaram como referência o vídeo do Manual do Mundo denominado “Cinema na Caixa” (Manual do mundo, 2023).

Fabricação e fotossensibilidade do papel fotográfico

Na sequência, os visitantes foram direcionados ao grupo de estudantes da segunda turma para que estes pudessem abordar os aspectos químicos do funcionamento dos papéis fotográficos que devem ser inseridos nestas câmeras. Inicialmente, foi explicado o passo a passo de como o papel fotográfico fotossensível foi fabricado pelos próprios alunos a partir do espalhamento da emulsão de cloreto de prata sobre a superfície de um papel sulfite.

Para a fabricação do papel fotográfico caseiro foi utilizada uma receita publicada em um blog de fotografia cuja publicação foi intitulada: Alternativa fotográfica - Processos fotográficos históricos e alternativos por Fabio Giorgi (Giorgi, 2023). Este procedimento foi realizado pelos estudantes do ensino médio, no laboratório de Química da escola, com o auxílio de um técnico de

laboratório, no período noturno. Posteriormente, o recipiente contendo a emulsão foi envolvido em um saco plástico preto e armazenado em geladeira.

A fabricação do papel fotográfico foi realizada no dia seguinte e consistiu na aplicação, de forma homogênea, da emulsão preparada na superfície do papel sulfite, utilizando uma esponja limpa. Para tal, foi preciso aquecer a emulsão em banho-maria para sua completa liquefação. O papel fotográfico fabricado foi colocado para secar dentro de uma caixa de papelão, com um varal improvisado em seu interior, que foi mantida em um ambiente com baixa iluminação. Após secagem, este papel foi armazenado em um envelope pardo e dentro de uma pasta preta para que não reagisse com a luz.

Para demonstrar a fotossensibilidade do papel, os visitantes eram direcionados para a parte externa da sala temática, onde um pequeno pedaço deste papel foi exposto ao sol. Foi observado o escurecimento do papel, devido à ação da luz que adentraria pelo pequeno orifício, formando uma imagem. Para explicar o porquê deste escurecimento, que envolve um processo de oxirredução, os alunos executaram o experimento denominado “árvore de prata” (Canal do Educador, 2023), que consiste na inserção de um pedaço de fio de cobre em uma solução de nitrato de prata 2% m/v. Neste experimento, pode ser observada a formação de um depósito escuro sobre a superfície do fio de cobre que ocorre devido à redução dos íons prata presentes na solução. Com esse experimento, os alunos explicaram aos visitantes os conceitos de oxirredução e correlacionaram estes processos com a redução que os íons prata sofrem no papel fotográfico a partir da exposição aos raios luminosos. Vale ressaltar que os alunos que estavam

Para demonstrar a fotossensibilidade do papel, os visitantes eram direcionados para a parte externa da sala temática, onde um pequeno pedaço deste papel foi exposto ao sol. Foi observado o escurecimento do papel, devido à ação da luz que adentraria pelo pequeno orifício, formando uma imagem. Para explicar o porquê deste escurecimento, que envolve um processo de oxirredução, os alunos executaram o experimento denominado “árvore de prata” (Canal do Educador, 2023)

executando este experimento usaram equipamentos de proteção individual adequados, como jaleco, luvas e óculos, visto que a solução de nitrato de prata, quando em contato com a pele, provoca manchas escuras de cor marrom.

Em seguida, os alunos explicaram o porquê de as imagens formadas após o processo de revelação, se apresentarem com a coloração invertida (negativo). Para tal, foi apresentado aos visitantes alguns negativos antigos de câmeras fotográficas analógicas e os negativos obtidos com a câmera pinhole com a foto digital original para efeito de comparação (Figura 5). Para visualização das fotos positivas (com a coloração correta), os alunos baixaram um aplicativo para *smartphones* com efeito negativo (*Photo Negative Scanner: View &* oferecido por Frapplabs) e apontavam para as fotografias durante a apresentação.

Revelação fotográfica

A primeira etapa da revelação fotográfica consiste na adição de uma substância capaz de reduzir a prata, formando a prata metálica, que possui cor escura. Geralmente como revelador fotográfico pode ser usado metol ou hidroquinona (Puppi, 2022; Cavalcante, 2023), materiais os quais não estavam disponíveis no laboratório para o uso.

Os alunos foram motivados a buscar procedimentos e materiais alternativos para a revelação de fotos, e para tal, usaram como referência o trabalho de Neves *et. al* (2017), que utiliza o café solúvel e outros compostos como reveladores. Essa técnica em que o café solúvel é utilizado como revelador é conhecida como “Caffenol” e foi desenvolvida por um professor e sua turma de Fotografia Técnica, Scott A. Williams (PhD), em 1995, no Instituto de Tecnologia de Rochester (Garcia, 2016). O café possui o ácido cafeico ($C_9H_8O_4$) que atua como agente redutor da prata, conforme mostrado na reação (2) (Domingues *et al.*, 2016), na qual pode-se observar prata metálica, de coloração escura, como produto.



Para que o processo de revelação ocorra, há a necessidade de adição de uma substância que aumente o pH e contribua com a ação do revelador, para isso, foi adicionado carbonato de sódio (Scott, 1995). A vitamina C, que contém o ácido

ascórbico, atua como um segundo agente revelador (Garcia, 2016). O “Caffenol” foi disposto na primeira bandeja de laboratório e o papel fotográfico foi imerso nesse por 9 minutos, sendo agitado constantemente durante o primeiro minuto e depois 3 vezes a cada minuto.

Utilizou-se uma segunda bandeja contendo água destilada para remoção do caffenol da superfície do papel fotográfico. Já a terceira foi usada para o processo de fixação com a solução de tiosulfato de sódio, na qual o papel foi submerso por 5 minutos, sendo agitado 3 vezes a cada minuto. Após esta etapa, uma nova lavagem do papel, com água destilada, foi realizada para eliminação dos resíduos da etapa de fixação. Por fim, a fotografia foi pendurada, com o auxílio de um pregador, em um barbante dentro de uma caixa escura para secagem. Os tempos e procedimentos utilizados nos processos de revelação e fixação foram otimizados após diversos testes em laboratório.

Para apresentação dos processos de revelação na SAC, a turma utilizou uma sala com baixa luminosidade e barbantes com fotografias expostas, fazendo referência às salas escuras utilizadas para revelação fotográfica. Nessa sala, os alunos dispuseram as bandejas utilizadas no processo de revelação, com as quais explicaram seus passo a passos e as reações químicas envolvidas.

No decorrer dos testes, o detalhamento das fotografias captadas foi melhorando, devido aos ajustes realizados em todas as etapas do processo, como: aplicação mais uniforme da emulsão de prata no papel sulfite, aumento no tempo de exposição durante a captação dos registros com a câmera pinhole, ajustes nos tempos de revelação e fixação das fotos e ambientação correta da sala de revelação. Esta melhoria torna-se notória ao compararmos a primeira foto captada (Figura 3), na qual registraram-se apenas os diferentes formatos dos telhados do prédio, com os últimos registros nos quais é possível observar o detalhamento da fachada do ginásio (Figura 6) e as árvores, os coqueiros e até o reflexo na represa (Figura 7).

Além destes, outros registros foram obtidos e apresentados pelos alunos, conforme pôde ser observado nas Figuras 1 e 5. As diferenças que podem ser observadas entre as fotos captadas pela câmera pinhole e pela digital devem-se ao fato de que os registros foram realizados em datas bem distintas.

Contribuições da atividade para o ensino de Química

Foi possível observar que houve grande engajamento

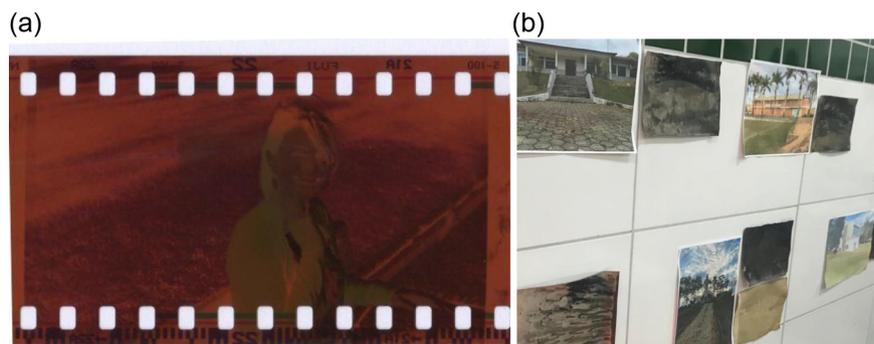


Figura 5: (a) Negativos de câmeras fotográficas analógicas (BLOG É DA SUA ÉPOCA); (b) Negativos obtidos com câmera pinhole.



Figura 6: (a) Positivo; (b) Foto digital - retiradas do ginásio poliesportivo.



Figura 7: (a) Negativo; (b) Positivo; (c) Foto digital - retiradas na represa da escola.

por parte dos alunos para execução da atividade proposta. As professoras atuaram como mediadoras e orientadoras do processo, fornecendo informações e materiais necessários para o desenvolvimento da atividade, ao passo que os alunos foram os protagonistas, buscaram resolver os problemas que surgiram, pesquisaram, elaboraram, analisaram e aprimoraram os procedimentos. Assim, como resultado, observou-se uma considerável melhoria na qualidade das fotos captadas.

A atividade envolveu a participação ativa do estudante, uma característica de atividade experimental investigativa que, aliada ao aprender a fazer ciência, (Souza *et al.*, 2013; Lima *et al.*, 2021) pode trazer grandes contribuições no processo de ensino-aprendizagem e na construção de saberes científicos. Além disso, a atividade permitiu o uso de algumas habilidades como o planejamento e pensamento crítico, a argumentação científica, relatar os resultados baseados em evidências científicas e comunicar à comunidade escolar sobre seu projeto, o que mostra a construção de conhecimento voltado para o campo científico (Souza *et al.*, 2013; Lima *et al.*, 2021). Essa ação permitiu que os alunos construíssem conhecimentos sobre a propagação da luz, sobre reações de oxirredução e percebessem a Química como uma ciência prática e aplicável no seu cotidiano. Geralmente os alunos têm dificuldade ao serem apresentados a esse conteúdo, por isso, essa atividade pôde auxiliá-los e motivá-los a tornarem-se mais receptivos para compreender e explicar os conceitos científicos apresentados (Lima *et al.*, 2021). Esta melhor compreensão se refletiu também em uma excelente avaliação quantitativa realizada pela banca avaliadora do evento. As declarações dos alunos, conforme apresentadas no Quadro 1, mostram como foi importante estimular o protagonismo

científico e como eles apreciaram o processo de colocar a mão na massa e refletir sobre a ciência por eles estudada.

Quadro 1: Declarações dos alunos sobre o protagonismo científico desenvolvido durante a atividade.

Aluno A: “[...] foi o contato mais intenso e profundo que tive com a prática da ciência. [...] o processo de realização do trabalho permitiu a aplicabilidade do conteúdo, em algo prático e tangível. Além disso, tal metodologia permitiu o protagonismo dos alunos no processo de aprendizagem, já que fomos os responsáveis por buscar fontes, realizar tentativas, adaptações, encarar as frustrações, comemorar as conquistas e explicar os processos [...]. Por ter sido algo desafiador, saímos completamente de nossas zonas de conforto.”

Aluno B: “[...] foi algo super produtivo para o aprendizado de todos os alunos envolvidos, principalmente a fabricação do papel fotográfico. Você poder presenciar a reação química no papel é algo surreal para um aluno que está vendo a matéria no ensino médio.”

Aluno C: “[...] foi muito difícil pensar por onde começar e ao longo do trabalho vimos que a Química surpreende e nos pega muito de surpresa nos seus resultados. [...] o mais legal era saber explicar e ver as pessoas admiradas com todo aquele processo. [...]”

Aluno D: “[...] No início foi difícil de compreender e acreditar como funcionaria, todavia, com os materiais disponibilizados, dúvidas sanadas, laboratório supervisionado e alunos curiosos, foi possível tornar algo inacreditável em acreditável. Foi *necessária muita criatividade* para inibir a luz do ambiente e expor o papel ao ar para secar. Muitas tentativas foram fracassadas [...]. O projeto foi de suma importância para minha formação acadêmica, pois explorou a persistência e ensinou sobre experiências fáceis e verídicas, mostrando que a química é uma realidade acessível a todos!

Considerações finais

A atividade foi bem desenvolvida pelos estudantes, que se dedicaram para resolver os problemas que surgiram durante o processo, estimulando o fazer científico e o seu protagonismo, por proporcionar momentos de análise de resultados, criação de hipóteses, resolução de problemas e trabalho em equipe. Os diversos testes realizados permitiram diferentes ajustes nas etapas de captação das fotos, preparo do papel e revelação fotográfica, o que levou a uma melhoria notória na qualidade e resolução das fotos captadas.

O processo foi desafiador para os professores e alunos, visto que demandou recurso, tempo e participação ativa dos estudantes. Por ter utilizado reagentes de uso comum em laboratório e outros materiais de fácil acesso, este projeto possibilita sua replicação em outros espaços e localidades.

O engajamento dos alunos durante o desenvolvimento do

trabalho e as suas declarações ao final mostram a importância de o docente realizar atividades diferenciadas de ensino, visando facilitar o processo educacional e estimular o protagonismo científico do aluno. Geralmente os discentes possuem dificuldades em visualizar o funcionamento dos processos envolvidos nas ciências exatas e, ao possibilitar a estes a participação ativa na execução das reações, observando de perto elas acontecendo, o processo torna-se mais palpável e aproxima o aluno da Química e das Ciências em geral.

Majorie Mara Malacarne (majorie.malacarne@ifes.edu.br) possui Licenciatura e Bacharelado em Química pela UFES. É Mestre em Química pela UFES. Atualmente é professora do IFES - Campus Itapina. **Barbara Queiroz Guimarães** (bqguimaraes@gmail.com) é Licenciada em Química pela UFES e Mestre em Química pela UFES. **Luma Barbosa Magnago** (luma.magnago@ifes.edu.br) é Doutora em Química pela UFES. Atualmente é técnica de laboratório do IFES - Campus Itapina. **Itamar Ferreira da Costa** (itamar.fcosta@ifes@gmail.com) é Técnico em Agropecuária pelo IFES - Campus Itapina.

Referências

Blog é da sua época. Disponível em: <https://edasuaepoca.blogspot.com/2012/11/1980-negativo-de-filme.html>, acesso em dez. 2023.

BOSCHI, A. S.; ALVES, B.; MENDES, T. e BARJA, P. R. *Pin-Hole: uma forma alternativa de fotografar*. In: VIII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E IV ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 2004. Disponível em: < https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2004/trabalhos/inic/pdf/IC3-46.pdf>, acesso em fev. 2024.

Câmera obscura & world of illusions. *What is a camera obscura?* Disponível em: <https://www.camera-obscura.co.uk/article/what-is-a-camera-obscura>, acesso em dez. 2023.

Canal do educador. *Árvore de prata*. Disponível em: <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/Arvore-prata.htm#:~:text=Procedimento%20experimental%3A%20Antes%20de%20tudo%20coloque%20as%20luvas,uma%20estrela%2C%20uma%20lua%2C%20uma%20flor%2C%20alguma%20palavra>, acesso em dez. 2023.

CARDOSO, J. M. e JOÃO, J. J. Contextualização e experimentação: Uma abordagem interdisciplinar de química e física utilizando experimentos de simulação de um motor a vapor. *Revista Virtual de Química*, v. 11, n. 1, p. 339-352, 2019.

CAVALCANTE, M. V. V. *Fotografia analógica e digital voltada ao ensino de química. Química, luz, câmera, ação! Oxidando e reduzindo memórias*. Trabalho de Conclusão de Curso de Química Licenciatura – Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2023.

DOMINGUES, C. A. P.; IZIDORO, G.; IZIDORO, N.; LARA, N.; LEE, L. e NISHIMURA, A. *Café solúvel como revelador de fotos analógicas*. In: 56º CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 2016. Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/2016/trabalhos/14/8834-21688.html>, acesso em fev. 2024.

Fotoefeitos. Disponível em: <https://www.fotoefeitos.com/>, acesso em dez. 2023.

GARCIA, A. M. *Caffenol*. 2016. Disponível em: www.caffenol.com.br, acesso em dez. 2023.

GIORGI, F. *Alternativas Fotográficas: Papel Fotográfico Caseiro*. 2010. Disponível em: <https://alternativafotografica.wordpress.com/2010/08/28/papel-fotografico-caseiro/>, acesso em dez. 2023.

wordpress.com/2010/08/28/papel-fotografico-caseiro/, acesso dez. 2023.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.

LIMA, F. R. G.; MAZZE, F. M. e PONTES, A. C. F. B. Utilização de experimentos investigativos para a identificação de competências e habilidades em alunos de uma escola de ensino médio do Estado do Ceará. *Revista Virtual de Química*, v. 13, n. 3, p. 799-811, 2021.

MANUAL DO MUNDO. *Câmera fotográfica pinhole de lata (experiência de Física) - How to make pinhole câmera*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Xt3Cdq0qOns>, acesso em dez. 2023.

MANUAL DO MUNDO. *Como fazer cinema na caixa | câmara escura – (experiência de Física)*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9JBS4T-sd6E>, acesso em dez. 2023.

MARQUES, F. N. *Química da fotografia na perspectiva CTS de ensino*. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MYCZKOWSKI, R. S.; DE LIMA, I.; CARVALHO, C. W.; OLIVEIRA, W. C. e GELLER, A. M. A experimentação fotográfica como vértice do estudo de química, física e arte. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 8, n. 3, p. 82-96, 2022.

MONTEIRO, M. A. A.; SAMPAIO, M. M. e CODARO, E. N. Determinação de sacarose no xarope artificial de groselha por medidas de viscosidade: uma abordagem interdisciplinar. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 30, n. 3, p. 566-578, 2013.

NEVES, T. A.; SANTOS, E. K. L.; NASCIMENTO, D.; ASSAI, N. D. S. e MACIEL, J. M. *Verificação da união de técnicas diferentes para obtenção de fotografias analógicas de maneira alternativa visando aplicação em oficinas*. In: PRÁTICAS DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA NA REGIÃO SUL ENFOQUES, AVALIAÇÃO E PERSPECTIVAS, 2017. Disponível em: <http://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/7974/7487-10106-1-DR.pdf?sequence=1>, acesso em fev. 2024.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. *QUÍMICA na abordagem do cotidiano*, vol. 2. 4ª ed. São Paulo: Moderna, 2006.

PUPPI, J. A. *Química na Revelação Fotográfica*. 2022. Disponível em: <https://www.jovenscientistasbrasil.com.br/post/a-qu%C3%ADmica-na-revela%C3%A7%C3%A3o-fotogr%C3%A1fica>, acesso dez. 2023.

ROSSATI, C.; MANTOVANI, M. S. M. e MURAMATSU, M. Oficina de fotografias com câmara escura: uma atividade multidisciplinar. *Revista De Cultura E Extensão USP*, v. 2, p. 33-39, 2009.

SANTOS, A. R. *A química da fotografia e a fotografia da química*. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SANTOS, T. N. P.; BATISTA, C. H.; OLIVEIRA, A. P. C. e CRUZ, M. C. P. Aprendizagem ativo-colaborativo-interativa: inter-relações e experimentação investigativa no ensino de eletroquímica. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 4, p. 258-266, 2018.

SCHISLER, M. W. L. *Revelação em preto-e-branco: a imagem com qualidade*. São Paulo: SENAC, 1995.

SCOTT, W. A. *Use for that Last Cup of Coffee: Film and Paper Development*. 1995. Disponível em: <https://people.rit.edu/andpph/text-coffee.html>, acesso em dez. 2023.

SILVA, A. L. S. e MOURA, P. R. G. *Ensino Experimental de Ciências - uma proposta: Atividade Experimental Problematizada (AEP)*. São Paulo: Livraria da Física, 2018.

SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H., MARCONDES, M. E. R. e CARMO, M. P. *Atividades experimentais investigativas no ensino de química*. São Paulo: CETEC Capacitações, 2013.

STUART, R. C. e MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 8, n. 2, 2008.

Abstract: *Photography as an integrating axis of Art, Chemistry and Physics: development and contributions of “Photography Science” project in the protagonism and scientific knowledge construction of high school students.* Due to the importance of interdisciplinarity, experimentation and student leadership in improving the learning process, there is a school event, promoted annually, in which students are protagonists in the preparation of work. The central theme of 2022 was: Weaving new mornings -Life should be much better and it will be! Different curricular components proposed work related to photography, including art, chemistry and physics, with the Science of Photography work. This article aims to present the results and discuss the project’s contribution to students’ scientific knowledge. In this activity, students built a pinhole camera, made photographic paper and revealed the photos captured, obtaining clear and detailed images. The students’ engagement and their perceptions at the end of the work show the importance of stimulating scientific protagonism and encourage teachers to develop different teaching methodologies.

Keywords: photography, protagonism, interdisciplinarity