

**O ensino por investigação como abordagem para o estudo do efeito fotoelétrico com estudantes do ensino médio de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia<sup>+,\*</sup>**

---

*João Mauro da Silva Júnior<sup>1</sup>*

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo  
Colatina – ES

*Geide Rosa Coelho<sup>1</sup>*

Universidade Federal do Espírito Santo  
Vitória – ES

**Resumo**

*Neste trabalho apresentamos uma análise de uma aula na qual o efeito fotoelétrico foi o tema da Física, desenvolvido com estudantes do ensino médio no contexto da educação profissional e tecnológica. Utilizando um relê fotoelétrico, muito comum em sistemas de iluminação pública, realizamos uma demonstração investigativa, gravada em áudio e vídeo, com uma turma da segunda série de um curso técnico integrado ao ensino médio em um Instituto Federal de Educação. Nossa análise foi pautada na interpretação das interações discursivas ocorridas durante a aula, tendo como base epistemológica autores da educação em ciências ancorados na matriz sociocultural. Os resultados nos mostram e orientam como a perspectiva investigativa de ensino pode potencializar não somente a dimensão conceitual da aprendizagem, mas também as dimensões procedimental e atitudinal. Em nossa análise, a atitude mais evidente foi o trabalho de forma colaborativa. Já em relação aos procedimentos, foram observados um destaque quanto à elaboração e teste de hipóteses, assim como a realização de inferências. Quanto ao conceito, nas delimitações de cada episódio apresentado, entendemos que conseguimos estabelecer a relação entre o efeito fotoelétrico, material alvo, comprimento de onda e a energia da radiação.*

---

<sup>+</sup> Investigative teaching as an approach to study the photoelectric effect with high school students from a Federal Institute of Education, Science and Technology

<sup>\*</sup> *Recebido: junho de 2019.*

*Aceito: janeiro de 2020.*

<sup>1</sup> E-mails: professorjmauro@gmail.com; geidecoelho@gmail.com

**Palavras-chave:** *Ensino por Investigação; Efeito Fotoelétrico; Aprendizagem Conceitual, Atitudinal e Procedimental.*

### **Abstract**

*This study presents an analysis of a Physics class in which the photoelectric effect was the theme developed with high school students in the context of professional and technological education. Using a photoelectric relay, very common in public lighting systems, we conducted an investigative demonstration, recorded in audio and video, with a second-grade class of a technical course integrated to high school in a Federal Institute of Education. Our analysis was based on the interpretation of the discursive interactions that occurred during the lesson, having as epistemological basis authors of science education anchored in the sociocultural matrix. The results show us how the research perspective of teaching can enhance not only the conceptual dimension of learning, but also the procedural and attitudinal dimensions. In our analysis, the most obvious attitude was the collaborative work. In relation to the procedures, a prominence was observed regarding the elaboration and testing of hypotheses, as well as the realization of inferences. As for the concept, in the delimitations of each episode presented, we understand that we were able to establish the relationship between photoelectric effect, target material, wavelength and radiation energy.*

**Keywords:** *Investigative Teaching; Photoelectric Effect; Conceptual, Attitudinal and Procedural Learning.*

## **I. Introdução**

Nas aulas de ciências em nossas escolas ainda persiste, em grande parte, a tradicional relação unidirecional de ensino. Ou seja, o professor procura, a seu modo, transmitir os conteúdos aos alunos que devem ouvir atentos as explicações cheias de teorias, fórmulas e leis, na intenção de que eles se apropriem, de modo quase instantâneo e mágico, do conhecimento compartilhado (STROUPE, 2014). Essas marcas podem ser percebidas em estratégias e materiais instrucionais usados em sala de aula, nos quais o aluno tem a oportunidade de resolver muitos exercícios, acreditando que a aprendizagem de certos conteúdos acontecerá após a repetição dos à exaustão.

Uma das consequências desse ensino diretivo e descontextualizado é que, no ensino de Física, os alunos ainda carregam a visão de que ela se resume a um conjunto de leis e fór-

mulas acabadas, apresentadas pelo professor e que devem ser decoradas para a resolução de exercícios. Entendemos que isso dificulta a compressão da ciência como construção humana e histórica, distanciando o conteúdo científico escolar de elementos e práticas típicas da cultura científica (SASSERON, 2015; STROUPE, 2014). Ou seja, a escola parece ensinar fatos e realidades científicas totalmente desconexos da vida do aluno, sem utilidade ou aplicabilidade, limitando seu interesse ou relevância aos alunos (POZO; GÓMEZ-CRESPO, 2009).

O que temos defendido em nossos trabalhos, incluindo esse artigo, é que a Física escolar deva proporcionar ao aluno muito mais do que conhecer e decorar fórmulas ou leis para resolução de exercícios, mas sim oportunizar que os alunos se apropriem dos conhecimentos científicos e dos seus modos de produção e validação, permitindo que eles compreendam, como destaca Sasseron (2015), que sociedade e ciências são transformadas e transformadoras entre si. Além disso, defendemos que o ensino de Física oportunize aos alunos experiências genuínas de produção de conhecimento, aproximando-os de práticas sociais típicas da cultura científica (DRIVER *et al.*, 1999; MUNFORD; LIMA, 2007; SASSERON, 2018).

Fruto dessa transformação e evolução dinâmica entre sociedade e ciências, a Física sofreu grandes avanços a partir do século XX, surgindo, desde então, o que costumamos denominar de Física Moderna e Contemporânea<sup>2</sup>, que tem influenciado e transformado em muitos aspectos a história e construção da sociedade presente. Fica evidente e necessária a atualização de práticas escolares que englobem a FMC, pois, como destacam Monteiro, Nardi e Filho (2013, p.2) a “introdução da Física Moderna e Contemporânea (FMC) na educação básica já se constitui uma linha de pesquisa estabelecida e existe uma multiplicidade de defesas em torno desta”. Os argumentos em defesa da inserção da FMC na educação básica perpassam: (i) a possibilidade de conectar “os estudantes com a sua história, preservando-os dos obscurantismos pós-modernos, propiciando-lhes um entendimento mais amplo acerca de algumas tecnologias” (MONTEIRO; NARDI; BASTOS FILHO, 2013, p.2); (ii) a possibilidade de estabelecer uma contextualização tecnológica compreendendo que diversos equipamentos/dispositivos e sistemas têm como princípio básico para o seu desenvolvimento e uso os conhecimentos produzidos pela FMC (SOUZA; ARAÚJO, 2010; REZENDE JÚNIOR; CRUZ, 2009).

Diante de todo esse contexto e entendendo a necessidade de incluir e discutir a FMC para darmos aos alunos uma maior autonomia intelectual e para que eles possam ser inseridos em processos genuínos de construção de conhecimento científico na sala de aula é que relatamos nesse artigo a análise de uma aula organizada sob a forma de demonstração investigativa (CARVALHO, 2013), para abordagem do tema efeito fotoelétrico.

De forma mais ampla procuramos analisar, por meio das interações discursivas na sala de aula, o processo de construção de conceitos científicos e o desenvolvimento de atitudes e

---

<sup>2</sup> Ao longo desse trabalho utilizaremos, por vezes, a sigla FMC ao nos referirmos à Física Moderna e Contemporânea.

procedimentos típicos da cultura científica escolar, em uma aula de física fundamentada nos pressupostos do ensino por investigação.

## II. Discussões teóricas

### II.1 O Ensino de Ciências por Investigação

Mesmo não havendo consenso sobre o momento histórico do surgimento da abordagem investigativa de ensino, Rodrigues e Borges (2008) sinalizam que o ensino como uma investigação (*inquiry*) é tido como surgido no século XIX, sendo que nos Estados Unidos essa perspectiva foi fundamentada nas ideias do filósofo John Dewey.

No Brasil tem sido crescente o interesse de pesquisadores na perspectiva do ensino por investigação, buscando estabelecer maiores compreensões do ponto de vista epistemológico e histórico (BORGES, 2002; MUNFORD; LIMA, 2007; RODRIGUES; BORGES, 2008; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; SASSERON, 2015, 2018; CARVALHO, 2018), até a tentativa de elencar as principais características dessa abordagem para o desenvolvimento de atividades em sala de aula (AZEVEDO, 2004; SÁ *et al*, 2007; PENHA; CARVALHO; VI-ANNA, 2009; CARVALHO, 2013; SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017).

O termo ensino por investigação, apesar de ser polissêmico (SÁ *et al*, 2007), apresenta características que são comuns e presentes nas visões de vários autores (BARCELLOS; COELHO, 2019; COELHO; AMBRÓZIO, 2019; SASSERON, 2018; CARVALHO, 2018, ZÔMPERO; LABURÚ, 2011): a apresentação de uma situação-problema autêntica que permita o engajamento dos alunos na realização das atividades, emissão de hipóteses, a busca por informações (seja de modo experimental ou bibliograficamente) e a comunicação de ideias, processos e feitos para todos na da sala.

Ensinar numa perspectiva investigativa é não ter uma estrutura definida e fechada como uma metodologia específica, mas trabalhar sob diversas formas e conteúdos e em diferentes formatos de aulas (SÁ; LIMA; AGUIAR JR., 2011; SASSERON, 2015), podendo as atividades investigativas assumirem configurações e tipos diversos tais como práticas, teóricas, simulação de computador, demonstração, pesquisa, dentre outros (SÁ *et al*, 2007), até mesmo atividades corriqueiras de sala de aula podem se transformar em atividades investigativas dependendo da abordagem que se dará a ela (SASSERON; MACHADO, 2017).

Entretanto, seja ela de qual tipo ou forma, devemos nos preocupar com a liberdade intelectual do estudante, levando-os a trabalhar como um verdadeiro investigador. Ou seja, trabalhar na perspectiva investigativa é levar o aluno a “[...] uma reflexão indócil e participativa na forma de pensar o problema, na elaboração de hipóteses, na construção de justificativas e na argumentação como capacidade de expressão.” (SASSERON; MACHADO, 2017, p. 28).

Entretanto, sendo a sala de aula um ambiente dinâmico no que se refere às interações entre alunos e seus pares: alunos e professores e alunos, professores e os objetos de aprendi-

zagem (SOUZA; SASSERON, 2012), entendemos que as atribuições do professor e aluno assumem novas dimensões no processo de ensino e aprendizagem.

Na abordagem investigativa, o aluno deixa de ser um observador de aulas e é levado a uma posição de questionador, argumentador e organizador de suas ideias, na medida em que passa a ser ativo durante as aulas. Como um verdadeiro investigador, a ele cabe lançar hipóteses, registrar e analisar os dados, e, tirando suas conclusões, comunicar e socializar essas com os demais alunos da turma e professor, com objetivo da solução da situação problematizadora inicial (AZEVEDO, 2004).

Já ao professor, segundo Munford e Lima (2007), considerando o contexto do ensino-aprendizagem que envolve fatores, tais como, tempo disponível, os conceitos que serão trabalhados, características da turma, relações interpessoais e a experiência do docente, cabe a coordenação do contexto de realização das atividades investigativas e o nível de direcionamento dado a elas. Ao professor, cabe também a função de planejar a atividade investigativa para que, em cada situação-problema, as interações ocorridas durante a aula sejam direcionadas para a resolução da questão proposta.

Quanto ao papel desempenhado pelo professor, Sasseron (2015, p. 58), destaca ainda

*Como abordagem didática, o ensino por investigação demanda que o professor coloque em prática habilidades que ajudem os estudantes a resolver problemas a eles apresentados, devendo interagir com seus colegas, com os materiais à disposição, com os conhecimentos já sistematizados e existentes. Ao mesmo tempo, o ensino por investigação exige que o professor valorize pequenas ações do trabalho e compreenda a importância de colocá-las em destaque como, por exemplo, os pequenos erros e/ou imprecisões manifestados pelos estudantes, as hipóteses originadas em conhecimentos anteriores e na experiência de sua turma, as relações em desenvolvimento...*

Percebe-se claramente que professores e alunos desempenham papéis ativos e importantes a seu modo: o primeiro atuando como um orientador do caminho traçado pelo aluno e mediador das tensões que porventura existam durante essa caminhada; o aluno, por sua vez, deverá atuar como verdadeiro investigador construindo as relações necessárias para desenvolver seu trabalho de investigação.

## **II.2 A aprendizagem em ciências como processo de enculturação científica**

Na escola, em geral, o trabalho envolve diferentes atores (incluindo os diversos alunos nas salas de aula), diferentes meios mediacionais e abordagens evidenciando que os processos de aprendizagem no plano social da sala de aula são importantes. Nesse sentido, tornam-se importantes as contribuições de Vigotski e os desdobramentos de suas ideias no campo da educação científica (CARVALHO, 2013), podendo-se inferir que nesse ambiente, à medida que o conhecimento é produzido, a aprendizagem se desenvolve conforme os indivíduos vão se engajando nas interações sociais.

A tarefa de conferir significado ocorre em processo dialógico no qual os indivíduos, além de serem introduzidos em uma cultura, vão se apropriando das ferramentas culturais quando se envolvem nas atividades dessa cultura. Portanto, a aprendizagem pode ser entendida como um processo de enculturação em que o aluno, quando é introduzido na cultura científico-escolar, confere e negocia significados durante interações com seus pares, com o professor e com os objetos de aprendizagem. Assim, Driver *et al.* (1999, p. 34) destacam que, “[...] o conhecimento e o entendimento, inclusive o entendimento científico, são construídos quando os indivíduos se engajam socialmente em conversações e atividades sobre problemas e tarefas comuns[...]”.

Esse engajamento social é uma das características do ensino por investigação, pois, por meio da ação colaborativa na resolução de um problema comum, há o intercâmbio de significados entre os alunos e destes com o professor na busca da construção da significação científica no plano social da sala de aula.

*As interações sociais são uma característica marcante de qualquer atividade investigativa, pois ela deve propiciar aos estudantes momentos para argumentar em favor de uma ideia, identificar pontos positivos e negativos de uma afirmação, avaliar a validade de argumentos utilizados. Tais procedimentos são essenciais para avançar, com o auxílio do professor e dos demais colegas, na busca de uma explicação com base na ciência para a resolução do problema proposto (MÁXIMO; ABIB, 2012, p. 3-4).*

Essa interação, que gera pensamento crítico, ação e modificação pessoal na relação com os outros e o mundo tem uma ferramenta fundamental, o conceito. Assim, compreende-se que a formação de conceitos em sala de aula é um processo dinâmico que envolve os alunos em apropriação de novos modos de falar e pensar o mundo. Compreender a palavra alheia consiste em confrontação e interpretação, resultando em novo signo na consciência, o que nos dá a entender que a formação de conceitos é um trabalho social e semiótico (LIMA; AGUIAR JR.; DE CARO, 2011).

A construção de um conceito científico não se esgota no momento que o aprendiz tem seu primeiro contato com ele, na verdade esse é só o começo dessa formação (MÁXIMO; ABIB, 2012). Para iniciar o processo de formação de conceito um problema deve surgir e somente pode ser resolvido com a formação de novos conceitos. Nesse contexto, consideramos que os conceitos espontâneos (que os alunos trazem consigo de seu ambiente social) e os científicos (estudados no ambiente escolar) têm profunda interdependência entre si. Enquanto os científicos se desenvolvem do conceito para o objeto, os conceitos espontâneos seguem o caminho inverso: vão do objeto para o conceito. Por isso, é essencial uma base de conceitos espontâneos para o início da formação dos conceitos científicos (BOSS *et al.*, 2012).

Nesse sentido, é importante ressaltar que as atividades planejadas para serem desenvolvidas na sala de aula devem dar aos alunos a oportunidade de ajuda mútua, internalização de símbolos e significados, troca de experiências, estabelecimento de analogias, concordância,

oposição e outras experiências que oportunizem as vivências de diferenças e não a simples soma de experiências (CARVALHO, 2013). Apoiados em Mortimer e Scott (2002, p. 284), entendemos o processo de significação e internalização de significados pelos sujeitos como correspondente ao processo de conceitualização, o que significa dizer que:

*o processo de aprendizagem não é visto como a substituição das velhas concepções, que o indivíduo já possui antes do processo de ensino, pelos novos conceitos científicos, mas como a negociação de novos significados num espaço comunicativo no qual há o encontro entre diferentes perspectivas culturais, num processo de crescimento mútuo. As interações discursivas são consideradas como constituintes do processo de construção de significados.*

Para que esse processo de negociação entre os diferentes significados ocorra na sala de aula é importante que ocorra uma distribuição da autoridade cognitiva e epistêmica para que a sala de aula se constitua como espaço público e democrático e não individual e privado. Esse é o sentido que perpassa a compreensão da sala de aula como empreendimento público negociado entre os diferentes sujeitos (professores e estudantes) constituído como uma comunidade de práticas (STROUPE, 2014).

Assumindo essa perspectiva, um olhar mais cuidadoso para a abordagem comunicativa é central no desenvolvimento das interações discursivas que ocorrem ao longo da aula. No ensino por investigação a abordagem interativa/dialógica, na qual alunos e professores exploram ideias, formulam perguntas autênticas, consideram e trabalham diferentes pontos de vista (MORTIMER; SCOTT, 2002) deve ser evidenciada em maior parte da aula. Entretanto, é importante entender que as classes de abordagens (interativo dialógico, não-interativo dialógico, interativo de autoridade e não-interativo de autoridade) podem ocorrer tanto no discurso do professor quanto no dos estudantes e que cada uma delas tem seus próprios momentos ao longo da aula. Isso significa que é comum ocorrer transições entre as abordagens, portanto todas elas fazem parte do desenvolvimento de uma aula e trazem suas próprias contribuições para o desenvolvimento da narrativa científica que se almeja construir na sala de aula.

O conhecimento científico, da forma que continua sendo trabalhado em sala de aula é, sobretudo, um conhecimento conceitual (POZO; GÓMEZ-CRESPO, 2009). Entretanto, ao assumirmos o ensino sob a perspectiva investigativa ampliamos essa concepção de aprendizagem em ciências, uma vez que partimos do pressuposto que os conceitos devem ser desenvolvidos na sala de aula por meio da aproximação dos estudantes aos modos de pensar e fazer científicos. Isso significa dizer que o processo de aprendizagem como enculturação envolve a apropriação de conceitos e o desenvolvimento de atitudes e procedimentos por meio das interações sociais na sala de aula. Então, entramos em concordância com Sasseron (2019, p. 565) quando afirma que no ensino por investigação “além da dimensão conceitual, as dimensões social e epistêmica dos conhecimentos são trazidas para o centro do processo didático na tentativa de que aspectos de domínio geral das ciências estejam presentes em aula”.

Destacamos que os procedimentos expressam um “*saber fazer*” (POZO; GÓMEZ-CRESPO, 2009) que contemplam parte das dimensões epistêmicas da atividade científica. Ou melhor, os conteúdos procedimentais envolvem tomada de decisões e uma série de ações ordenadas com uma finalidade (CLEMENT; TERRAZZAN, 2011). Ou, de outra forma, os conteúdos procedimentais estão relacionados com as técnicas e estratégias que os estudantes adotam na resolução de um determinado problema que podem culminar na construção de conhecimento na sala de aula (POZO; GÓMEZ-CRESPO, 2009).

Já as atitudes, como destacam Pozo e Gómez-Crespo (2009), são mais difíceis de serem ensinadas e trabalhadas em aulas de ciências, pois englobam um “*saber ser*” que se relaciona à postura do aluno perante as ciências e, de modo mais amplo, perante a sociedade. No contexto da educação científica, mediada pelo ensino por investigação, esse *saber ser* está relacionando ao fato dos estudantes assumirem uma postura mais crítica, investigativa e participativa na sala de aula por compartilharem com o professor os processos de construção de conhecimentos na sala de aula (SÁ *et al.*, 2007; COELHO; AMBRÓZIO, 2019). Nesse sentido, é imprescindível que uma maior interação dialógica seja estabelecida na sala de aula para a construção dessa responsabilidade partilhada, ou seja, para a constituição de uma igualdade moderada ou da distribuição dessa autoridade cognitiva (NASCIMENTO; SASSERON, 2019). Isso não significa que:

*o professor deixa de ser responsável pelas ações didático-pedagógicas, mas sim que as ações para a aprendizagem deixam de ser trabalhadas como empreendimentos privados e, por isso, unitários e individuais, e passam a ser concebidas e realizadas como empreendimento público* (SASSERON, 2019, p. 565).

Por fim, chamamos a atenção para o fato de que, os conceitos, atitudes e procedimentos não são trabalhados isoladamente. O que ocorre é que, conforme a atividade proposta, um destes conteúdos pode ficar mais evidente, contudo, os outros também serão potencializados de alguma forma já que as atividades de aprendizagem são substancialmente diferentes, conforme a natureza dos conteúdos (SOUZA JR., 2014). Dessa forma, destaca-se então um aspecto fundamental na abordagem investigativa de ensino: a educação deve ter como objetivo, em todos os âmbitos, o desenvolvimento da autonomia dos estudantes e “[...] de sua capacidade de tomar decisões, avaliar e resolver problemas, ao se apropriar de conceitos e teorias das ciências da natureza” (SÁ; LIMA; AGUIAR JR., 2011, p. 99).

### **III. Discussões metodológicas**

#### **III.1 Sujeitos da pesquisa e contexto**

A intervenção aqui apresentada foi realizada em uma turma da 2ª série do ensino médio. Esta turma, de um curso técnico de edificações integrado ao ensino médio, do turno matutino de um Instituto Federal do estado do Espírito Santo, contava com vinte e nove alu-

nos, com idades entre dezesseis e dezoito anos. Os alunos que concordaram em participar na realização da pesquisa (que foi a totalidade da turma) assinaram (ou seus representantes legais) um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Assumimos o compromisso com os estudantes e seus responsáveis de preservar as identidades dos participantes e aos relatarmos as análises e resultados optamos por utilizar nomes fictícios. Asseguramos também que as informações fornecidas seriam usadas única e exclusivamente para a realização do estudo proposto.

A escolha de uma turma de 2ª série do Ensino Médio se deu pela ementa e projeto político pedagógico do curso (PPC). Na 2ª série do Ensino Médio deste curso, o planejamento anual seguia o que normalmente se encontra delineado nos livros e materiais didáticos, ou seja, a 2ª série terminava o ano estudando o conteúdo ondulatória. Compreendemos que seria oportuno discutir a dualidade onda-partícula e estabelecer a relação entre energia e frequência no efeito fotoelétrico.

### **III.2 Delineamento metodológico**

Diante de todo esse contexto apresentado, sujeitos envolvidos e considerando que a pesquisa realizada está atrelada à abordagem investigativa de ensino, que tem o professor compartilhando a autoridade epistêmica com os estudantes para as discussões e desenvolvimento de conceitos, atitudes e procedimentos (SASSERON, 2015), assumimos nossa que nossa pesquisa é do tipo intervenção pedagógica.

Nesse tipo de pesquisa, Damiani *et al.* (2013, p. 59) apontam que [...] “a intenção é descrever detalhadamente os procedimentos realizados, avaliando-os e produzindo explicações plausíveis, sobre seus efeitos, fundamentadas nos dados e em teorias pertinentes” [...]. Os autores apontam ainda que enquanto a pesquisa quantitativa é baseada na experimentação, a do tipo intervenção pedagógica é fundamentada no aspecto qualitativo.

Damiani *et al.* (2013) destacam as semelhanças entre a pesquisa do tipo intervenção pedagógica e a pesquisa-ação, delineamento este que já tem sido bem consagrado nas pesquisas da área de Educação, que seriam: (a) o intuito de produzir mudanças, (b) a tentativa de resolução de um problema, (c) o caráter aplicado, (d) a necessidade de diálogo com um referencial teórico e (e) a possibilidade de produzir conhecimento. Entretanto, os mesmos autores chamam a atenção para as diferenças entre os tipos de pesquisa, pois, enquanto na pesquisa-ação o planejamento e implementação envolve todos os participantes, na pesquisa interventiva o planejamento e decisão de execução é função, basicamente, do pesquisador como é o caso desse estudo.

### **III.3 A Sequência de Ensino Investigativa**

Para analisarmos como a aprendizagem dos conteúdos em suas dimensões conceitual, procedimental e atitudinal podem ser desenvolvidas e potencializadas em aulas investigativas, foi planejada uma Sequência de Ensino Investigativa (CARVALHO, 2013).

[...] Em breves palavras, uma sequência de ensino investigativa é o encadeamento de atividades e aulas em que um tema é colocado em investigação e as relações entre esse tema, conceitos, práticas e relações com outras esferas sociais e de conhecimento possam ser trabalhados [...] (SASSERON, 2015, p. 59).

A Sequência de Ensino Investigativa (SEI<sup>3</sup>), mostrada na tabela abaixo, foi construída partindo de uma visão ondulatória do comportamento da luz, passando pelo “problema” da dualidade onda-partícula e tem seu ápice no efeito fotoelétrico.

Quadro 1 – Quadro-resumo das atividades realizadas na SEI.

	Formato (Tipo)	Questão de Investigação	Meio Mediacional	Objetivo de Aprendizagem	Duração (50 min por aula)
<b>ATIVIDADE 1</b>	Questão aberta	Como podemos explicar o acendimento automático das lâmpadas nos postes de iluminação pública? E a porta automática de lojas?	Texto impresso e projeção estática	Identificar relações entre a radiação e o acionamento automático de equipamentos tecnológicos	1 aula
<b>ATIVIDADE 2</b>	Questão aberta	O que é a luz afinal?	Texto impresso	Compreender aspectos referentes a natureza da luz.	1 aula
<b>ATIVIDADE 3</b>	Texto	Quais seriam as consequências das proposições de Einstein para explicar o efeito da radiação sobre a superfície metálica?	Texto impresso	Compreender o espectro eletromagnético e introduzir a discussão do efeito fotoelétrico.	1 aula
<b>ATIVIDADE 4</b>	Simulação computacional	Como podemos ejetar maior quantidade de elétrons possíveis da plataforma metálica?	Applet simulador	Determinar os fatores responsáveis pela ocorrência do efeito fotoelétrico	2 aulas
<b>ATIVIDADE 5</b>	Demonstração investigativa	Como é possível acender ou apagar a lâmpada sem tirar o experimento da tomada?	Aparato experimental	Discutir e determinar a relação entre a luz incidente e a ocorrência do efeito fotoelétrico	1 aula

<sup>3</sup> Ao longo deste artigo, utilizaremos a sigla SEI ao nos referirmos à Sequência de Ensino Investigativa.

ATIVIDADE 6	Texto	Quais tipos de células fotoelétricas e suas aplicações tecnológicas?	Texto impresso	Reconhecer as aplicações do efeito fotoelétrico	1 aula
-------------	-------	--	----------------	---	--------

Por que a SEI foi estruturada dessa forma? Geralmente, o efeito fotoelétrico só é trabalhado como conteúdo de ensino ao final da 3ª série do ensino médio, após serem tratados a eletricidade e o magnetismo (SILVEIRA; GIRARDI, 2017). Concordando com os autores supracitados e na nossa experiência enquanto docentes da educação básica (principalmente do primeiro autor desse trabalho), quando há tempo suficiente no final do ano letivo escolar, trabalha-se a FMC e a ideia da dualidade onda-partícula procurando fazer uma ponte entre as teorias ondulatória e corpuscular da luz.

Surgem aí, a nosso ver, dois problemas: o primeiro, como a FMC é trabalhada, em geral, só ao fim do ano letivo, ela muitas vezes é suprimida por falta de tempo ou, se trabalhada, é feito de modo bem rápido e superficial (SILVEIRA; GIRARDI, 2017), não havendo tempo para uma discussão e análise mais profunda do tema, caindo na rotineira relação *professor transmissor versus aluno receptor* do conhecimento (AZEVEDO, 2004; CARVALHO, 2004), sem haver uma construção coletiva e dialógica do tema; em segundo lugar, como os alunos estudam o tema ondulatória na 2ª série do ensino médio, os conteúdos efeito fotoelétrico e ondulatória parecem, *a priori*, não guardar correlação entre si, dando a entender que o conhecimento científico construído ao longo da história é compartimentado como em caixas separadas que não têm nenhuma relação entre si. Então, a SEI foi construída em uma proposta que oportunizasse uma melhor articulação entre temas curriculares que apresentam uma relação significativa no contexto histórico de produção de conhecimento na Física, dando a fluidez necessária à construção do conhecimento.

### III.4 Procedimentos de coleta e análise de dados

No presente texto, a atividade da SEI que é trazida para análise é a demonstração investigativa (AZEVEDO, 2004) realizada durante uma aula de 50 minutos, gravada em áudio vídeo, em que foi utilizado um relê fotoelétrico (dispositivo empregado largamente nas redes de iluminação pública para que haja o acendimento ou desligamento automático das lâmpadas, de acordo com a iluminação do dia). Essa aula foi dividida em pequenos episódios, que consideramos ser os momentos nos quais, nas interações discursivas, foram estabelecidas determinadas relações sejam conceituais, procedimentais ou atitudinais.

Apesar de no *campus* do Instituto Federal em que a intervenção foi realizada ter um laboratório com *kits* experimentais de Física, nenhum deles era relacionado à FMC ou contemplava a proposta, portanto, tornou-se uma necessidade a construção de um aparato experimental com o relê fotoelétrico.

Mas isso não foi problemático devido ao baixo custo financeiro para aquisição de todo o material utilizado e, de certa forma, ser facilmente encontrado em loja de material elétrico ou de construção.

O aparato experimental construído consistia dos seguintes materiais: (a) uma lâmpada incandescente de 60 W; (b) um relê fotoelétrico de iluminação pública; (c) bocal para a lâmpada, (d) 2 metros de fio duplo e encapado, (e) conector, (f) base de MDF e (g) parafusos e pregos. Com os materiais em mãos o aparato mostrado nas figuras abaixo foi construído.



*Fig. 1 – Aparato experimental utilizado na demonstração investigativa – visão frontal.*



*Fig. 2 – Aparato experimental utilizado na demonstração investigativa – visão lateral.*

Na aula prevista, o professor levou o aparato experimental do relê fotoelétrico para a sala de aula e ao chegar à turma ele foi colocado sobre uma mesa e ligado na rede elétrica, enquanto os alunos apenas observavam para, a partir daí, começar a demonstração investigativa.

### **III.5 A análise do processo de construção do conhecimento científico na sala de aula**

Para análise dos conteúdos conceituais construídos durante a demonstração investigativa é importante dizer que a proposta de ensino e pesquisa está ancorada em uma visão sociocultural, na qual as interações discursivas produzidas em sala de aula entre os alunos, entre o professor e eles e, também, com os objetos de aprendizagem é crucial para compreendermos de forma mais efetiva como os significados podem ser construídos por meio das relações de ensino. Entendemos, portanto, que os autores citados a seguir podem nos nortear em nossa análise.

Considerando que o discurso do aluno não é propriamente dele, mas produzido socialmente e que a linguagem é extremamente pessoal e, ao mesmo tempo, social (TRAZZI, 2015), dialogamos com os conhecimentos produzidos por alguns autores (MORTIMER; SCOTT, 2002; SASSERON; DUSCHL, 2016; CREPALDE; AGUIAR JR, 2013; PEREIRA; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2009) que, fundamentados principalmente nos estudos de Vigotski, têm se ocupado de analisar e defender que a abordagem de ensino centrada na aprendizagem individual do aluno é limitada, sendo insuficiente para desenvolver as complexidades das relações que estão envolvidas se considerarmos o processo de aprendizagem realizado em sala de aula.

Nesse sentido, a palavra é o signo fundamental para a formação dos conceitos e, portanto, fundamental em nossa busca de entendimento sobre como se desenvolveu a aprendizagem conceitual nas interações discursivas ocorridas na atividade proposta, principalmente as interações e os discursos ocorridos entre os alunos e entre eles e o professor. Além disso, para a análise do processo de construção do conhecimento científico o estudo das abordagens comunicativas estabelecidas em sala de aula (MORTIMER; SCOTT, 2002) é de extrema relevância para entendermos o contexto em que os discursos se desenvolvem.

Trabalhando com atividades investigativas a aprendizagem de procedimentos e atitudes torna-se evidente e importante, pois estão relacionadas às práticas científicas e epistêmicas e posturas fundamentais dos estudantes no processo de construção de conhecimento na sala de aula. Assim, para fundamentarmos nossa análise do desenvolvimento de procedimentos e atitudes utilizaremos o quadro produzido por Souza Jr. (2014), baseado e adaptado de Pozo e Gómez-Crespo (2009), para entendermos como as interações ocorridas em sala de aula durante a atividade proposta puderam contribuir para a aprendizagem destes conteúdos.

Quadro2 – Procedimentos e atitudes, produzido por Souza (2014) e adaptado a partir de Pozo, Gómez-Crespo (2009).

Tipos de Aprendizagens	Categorias de Aprendizagem	Subcategorias de aprendizagem
Atitudinal	Atitudes com respeito à ciência	A1: Ter um posicionamento crítico e investigativo perante situação-problema
	Atitudes com respeito à aprendizagem de ciências	A2: Trabalhar em grupo de forma colaborativa A3: Buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças
Procedimental	1. Aquisição da informação	P1: Estruturar ideias por meio de desenho, linguagem escrita ou linguagem oral
	2. Interpretação da informação	P2: Interpretar ideias estruturadas e executar procedimentos
	3. Análise da informação e realização e inferências	P3: Elaborar Hipóteses P4: Desenvolver/Aplicar modelos explicativos P5: Testar hipóteses
	4. Compreensão e organização conceitual da informação	P6: Realizar inferências

		P7: Construir sínteses
		P8: Fazer Generalizações para outros contextos
	5. Comunicação da Informação	P9: Realizar exposição oral
		P10: Elaborar relatório

Portanto, entendemos que o processo de aprendizagem em uma perspectiva sociocultural demanda um processo de aprendizagem nas dimensões conceitual, procedimental e atitudinal de modo unificado, ou seja, devem ocorrer simultaneamente, sendo cada um potencializado a seu modo.

#### IV. Resultados e discussões

Apresentamos agora a demonstração investigativa do efeito fotoelétrico, com sua respectiva análise, que está relatada em episódios selecionados, construídos e apresentados na ordem cronológica em que aconteceram na aula, levando-se em consideração os diferentes momentos no desenvolvimento de uma aula investigativa. Assim, em cada episódio apresentado foram feitas as análises e discussões de quais conteúdos, seja conceitual, procedimental ou atitudinal, foram potencializados e de que forma aconteceu nos diferentes momentos da aula investigativa. Os enunciados analisados foram extraídos das interações discursivas da aula. Os códigos (**A1**, **A2**, **P1**, **P2**...) referentes a cada uma das subcategorias do sistema construído por Souza Jr (2014) serão utilizados, a fim de identificar os momentos nos quais elas aparecem nas interações discursivas.

A demonstração investigativa teve início quando o professor levou para a sala de aula o aparato experimental montado previamente e os alunos foram organizados em semicírculo, para melhor visualização e maior participação nas discussões.

##### EPISÓDIO I – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL E AS PRIMEIRAS HIPÓTESES

*Professor – “Pessoal, vocês perceberam o que eu trouxe aqui para vocês?...Eu trouxe um pequeno experimento. – Alguém tem noção do que é isso? – Nosso objetivo é acender ou apagar a lâmpada sem tirar da tomada. Como a gente poderia fazer?”*

A intenção do professor nesse momento foi de iniciar na sala de aula uma abordagem comunicativa interativa-dialógica, esperando que os alunos comesçassem a lançar suas hipóteses para resolução do problema. Esse é o momento no qual o professor inicia o convite aos estudantes para apresentarem seus pontos de vista, na tentativa de desencadear um processo dialógico na sala de aula (MORTIMER; SCOTT, 2002). Fica implícito no discurso provocativo do professor uma característica das atividades investigativas em relação aos alunos: a possibilidade de engajá-los de forma disciplinar produtiva para buscar a solução do problema (SASSERON; DUSCHL, 2016).

Após esse momento inicial, os alunos lançaram suas hipóteses (**P3**) para resolverem o problema.

*João – “Apaga a luz!!”*

*Professor – “Apaga a luz?”*

*Alex – “É, apaga a luz.”*

Neste instante, vou até interruptor e desligo as lâmpadas da sala de aula.

*Professor – “Não deu certo ainda...”*

O aluno João indica sua primeira hipótese (**P3**) para resolver o problema e outro aluno, Alex, procura colaborar (**A2**) com o discurso que João propõe e reforça a hipótese inicial lançada por João. Com a hipótese, os alunos pareciam indicar que sabiam do que se tratava o experimento, pois achavam que simplesmente interrompendo a iluminação da sala a lâmpada se acenderia automaticamente, talvez como no caso da iluminação do dia pelo Sol.

Nessas hipóteses, a fala tem tanta importância quanto à ação manipulativa na execução de uma tarefa (VIGOTSKI, 1994), sendo que a hipótese lançada pelos estudantes foi testada (**P5**), e não ocorreu o resultado esperado por eles.

#### **EPISÓDIO II – O CONCEITO COTIDIANO PRESENTE NA SALA DE AULA**

*Sílvio – “Num tem o sensor? Parece um motor.”*

*João – “Pode ir aí? (neste momento os alunos Sílvio e Marcelo também se levantam e chegam perto do experimento: os três alunos juntos)*

Enquanto os alunos Sílvio, Marcos e Marcelo ficam observando e tentando entender o que é o relê, o aluno João sai em busca de algo (chega instantes depois com uma jaqueta).

Depois de analisar o relê fotoelétrico, o aluno *Marcos diz: “-Ah, você tem que jogar luz aqui para acender aquela dali?”*

*Professor – Jogar luz?*

*Marcos – É... num sei...*

Quando Sílvio pega o celular para ligar usar a lanterna, João se aproxima com uma jaqueta e os outros alunos se afastam para ver o que ele iria fazer. Ele joga a jaqueta sobre o relê e ocorre o imediato acendimento da lâmpada incandescente (os alunos se afastam e batem palmas).

Essa compreensão do sensor como motor apresentada por Sílvio tem sua base na experiência direta e concreta do indivíduo, pois ele é “[...] fruto de uma construção cultural, vindo de atividades práticas internalizadas pelo indivíduo ao longo de seu processo de desenvolvimento [...]” (TRAZZI, 2015, p. 35). O sensor pode captar ou interagir com a luz. Nesse sentido, Pereira, Ostermann e Cavalcanti (2009) destacam que a polissemia da palavra não se apresenta como um item do dicionário, pois ela é determinada por seu contexto e existem tantas significações quantos contextos possíveis. Conforme observam Crepalde e Aguiar Jr. (2013, p. 304):

*[...] A palavra não é somente meio de compreender os outros, é também meio de compreender a si mesmo (VIGOTSKI, 1996). O signo do conceito, ou seja, a palavra, para além de sua função comunicativa possui seu papel de reguladora da atividade psíquica. Dessa forma, podemos afirmar que a palavra possui dois componentes: 1) sua atribuição a um objeto e seu significado (este último como o sistema de relações visuais, situacionais ou abstratas, categoriais, estabelecido em determinada etapa de desenvolvimento, que desempenham a função da generalização e com ele possibilitam a comunicação das pessoas entre si); 2) o sentido da palavra, ou de outra maneira, o significado interior que tem a palavra para o falante e constitui o subtexto da expressão [...]*

Após Sílvio realizar uma inferência (P6), João, demonstrando um posicionamento investigativo(A1), se aproxima e Sílvio e Marcelo o acompanham e trabalham de forma colaborativa (A2) na busca da solução do problema.

Enquanto isso, Marcos lança uma hipótese (P3) que seria testada (P5) por Sílvio. Nesse momento, João se afasta e busca algo. Ao retornar instantes depois com uma jaqueta, ele a joga por cima do relê, o que ocasiona o imediato acendimento da lâmpada. Os outros alunos consideram que o problema foi resolvido, afastam-se e a turma bate palmas, cumprimentando o aluno João. Interessante perceber que, mentalmente ele elabora uma hipótese que é testada (P5) quando ele retorna.

A partir desse instante, que a questão inicial tinha sido respondida, o professor continua a demonstração investigativa e busca construir com os alunos o conhecimento sobre quais as condições para a ocorrência do efeito fotoelétrico.

### **EPISÓDIO III – A INTENSIDADE LUMINOSA E A OCORRÊNCIA DO EFEITO FOTOELÉTRICO**

*Professor* “– Lembra Alex que você tinha falado comigo que se jogar um laser aqui apaga a luz?”

*Alunos(alguns)* “– Ah é...”

*Professor* “– Eu tentei, mas não tinha o laser.”

*Sílvio* “– Mas é só usar uma lanterna forte também dá.”

*Professor* “– Uma lanterna?”

*Sílvio* “– É... (sic) num tem aquelas lanternas de pescar.”

*Luciana* “– Pega do celular!” (outros alunos também dão e seguem a mesma sugestão)

*Professor* “– Vamos tentar usar a lanterna do celular então?”

*Marcos* “– Mas tá claro!”

*Sílvio* “– Mas não sei se funciona do celular, porque a que a gente pegava tinha um tamanho grande (gesticulando com as mãos e dando a entender que a lâmpada e o espelho da lanterna tinham uma dimensão bem maior que uma lanterna de celular)”

*João* “– Pega a jaqueta e coloca ela duas vezes por cima.”

*Professor* Interrompe o aluno Sílvio e pergunta a ele: “– Seu celular tem lanterna?”

*Sílvio* “– O meu não.”

Outros alunos respondem que têm.

*Professor* “– Pega um aí para a gente tentar aqui.”

*Marcos* “– Junta uns 3 aí...”

*Luciana* “– É muito fraca essa lanterna!!”

*Sílvio* “– Mas aí ia ter que tá escuro.”

*Professor* “– Vamos tentar direcionar.”

*João e Sílvio* “– A luz tinha que tá acesa prá (sic) ela apagar.”

*Professor* “– Ah...entendi.”

*César* “– Bota a bolsinha do Murilo que é de paninho leve...que é mais fina.”

Neste momento, os alunos João e Alex se levantam novamente e pegam a bolsa do Murilo para testar a hipótese apresentada. João tampa o relê com a bolsa (o que faz acender a lâmpada) e Alex pega um celular com lanterna acesa para testar.

Luciana “– É muito fraca essa lanterna.”

João e Alex testam a hipótese inicial e percebem que ela dá certo. Ou seja: ao taparem o relê com a bolsa a lâmpada acende e quando jogam a luz na entrada do relê a lâmpada apaga.

Sílvio “– Você tá jogando através do pano?”

Alex – Não, tô jogando por baixo.” Professor “– E se jogar através do pano?”

Alex testa a minha hipótese e percebe que a luz não acende.

Alex “– Não dá não.” João “– Esse aqui é preto (referindo-se a cor da bolsa) e ele absorve.”

Neste episódio os alunos lançam hipóteses (**P3**) sobre como a luz atua em um relê fotoelétrico. Partindo da ideia de usar um *laser*, desses bem simples, de imediato a hipótese foi descartada, pois a sala estava iluminada. Então, surgiu a hipótese de que a lanterna de um celular poderia ser utilizada e, talvez, tivéssemos o mesmo efeito. Nesse ponto, percebe-se uma negociação coletiva entre alunos (PEREIRA; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2009) para definirem qual hipótese estaria correta e como deveria ser testada. Destacamos que o trabalho em grupo de forma colaborativa(**A2**) e a busca do diálogo entre eles (**A3**) são atitudes bem presentes. Sílvio considera (**P3**) que tem que usar uma lanterna “forte”, relacionando, provavelmente, a potência da lanterna com a intensidade da luz sobre o relê para que o efeito fotoelétrico ocorra.

Essa relação entre a intensidade da radiação e sua relação com a ocorrência do efeito fotoelétrico era uma das questões-chave para entendimento deste fenômeno que não era bem compreendido e explicado por completo pelas relações existentes na Física Clássica. Essa questão foi respondida por Albert Einstein em 1905, ao compreender que o efeito fotoelétrico é um evento quântico e não clássico. É interessante notar como essa questão, também encontrada e relatada por Cardoso e Dickman (2012), surge na aula e os alunos associam diretamente a intensidade da luz com a ocorrência direta do fenômeno, como se a quantidade de luz incidente fosse a variável principal para ocorrência do efeito fotoelétrico.

Dando continuidade à análise, Marcos corrobora a hipótese de Sílvio quando relaciona a ocorrência do efeito fotoelétrico no relê com a intensidade da luz emitida pela lanterna diz: “- Junta uns 3 aí.”; hipótese que recebe uma crítica (**A1**) de Luciana quando ela fala: “– É muito fraca essa lanterna”. Fato é que, quando os alunos colocam a bolsa sobre o relê, tampando-o completamente, a lâmpada se acende, mas quando Alex utiliza apenas uma lanterna para testar a hipótese (**P5**), verifica que não era necessário utilizar mais lanternas para a lâmpada acender, bastando somente uma para o efeito ocorrer.

Até testarem as hipóteses discutidas no parágrafo anterior, os alunos consideravam que a potência da lanterna e a intensidade luminosa seriam a causadora do efeito fotoelétrico, mesmo que em nossa SEI a atividade anterior a essa demonstração tivesse sido uma simulação computacional do efeito fotoelétrico na qual eles tiveram a oportunidade de discutir, testar e concluir, com o suporte do professor, que a condição de ocorrência do efeito se relacionava com a frequência/comprimento de onda da radiação.

Como já discutido em episódio anterior, é interessante perceber mais uma vez que os conceitos cotidianos, mesmo após a realização de uma atividade no contexto escolar/científico, continuam fortemente enraizados e os alunos trazem essas concepções para o ambiente escolar, sem necessariamente ocorrer a substituição dos conceitos cotidianos pelos aceitos cientificamente.

Por fim, neste momento de construção de hipóteses, o professor pede para iluminar com a lanterna por cima do pano da bolsa que encobre o relê para ver se conseguiriam o efeito desejado (acender a lâmpada), fato que não ocorreu e, então, João traz (**P3**) uma ideia nova: ele afirma que a bolsa, por ser de cor preta, absorve a luz e por isso não conseguiriam acender a lâmpada.

Os alunos Alex e João, mostrando um trabalho colaborativo (**A2**), se levantam para testar a hipótese (**P3**) apresentada por César, mas antes Luciana faz uma colocação sobre a lanterna utilizada: ela é fraca. Porém, quando Alex e João testam a hipótese (**P5**) com uma lanterna só, que foi considerada fraca, eles conseguem acender a lâmpada.

#### **EPISÓDIO IV – A ENERGIA DA RADIAÇÃO E O EFEITO FOTOELÉTRICO**

*Professor* “– Bom pessoal, como a gente poderia entender esse efeito desse objeto relê fotoelétrico com o que a gente está estudando?”

*João* “– Como assim professor?”

*Professor* “– Qual a última atividade que a gente fez? Vocês lembram?”

*Murilo* “– Foi das luzeszinhas.”

*Luciana* “– Foi da simulação.”

*Marcos* “– Ai tem uma bateria.”

*Professor* “– Mas se tivesse uma bateria, concorda comigo, não precisava ter luz.”

*Luciana* “– No simulador tinha uma bateria lá também, na hora que você jogava a luz refletia e ia (sic) “pro” outro lado e se você mexia na polarização da bateria voltava.”

*Professor* “– Mas, se você no simulador deixasse a bateria constante?”

*Silvio* “– Professor, mas quando a incidência dos raios ultravioletas “você” aumentava ela, a energia, aumentava....

*João interrompe e diz: aumentava. (ele pensa um pouco mais e diz: Vamos pensar! Vamos pensar!)*

*Marcos*: “–Professor, a incidência da onda de luz transmite assim, tipo uma energia assim, aí quando tinha muito dela não ativava, mas quando tinha pouca incidência das ondas de luz os elétrons se agitavam.”

*Professor* – “Lá no simulador?”

*Marcos* – “Não, aí.”

*Professor* – “A ideia aqui é semelhante

A partir desse instante o professor retoma a discussão, chamando a atenção de toda classe, e explica o que tem no relê (um LDR, que explica aos alunos que é um elemento que varia sua resistência).

No episódio acima, o professor aproveita o momento para, mais uma vez, retomar a ideia do efeito fotoelétrico realizando uma abordagem comunicativa de autoridade, porém interativa (MORTIMER; SCOTT, 2002), procurando dar um direcionamento para sistematizar o que foi significado em atividades anteriores. Inicialmente, o professor retoma a atividade realizada anteriormente na SEI, que foi uma simulação computacional do efeito fotoelétrico, para que os alunos buscassem as relações entre as atividades para construir suas hipóteses sustentadas no conhecimento construído na aula anterior. O professor pergunta aos alunos sobre a relação ou entendimento deles sobre o que estudaram nas aulas anteriores e o efeito ocorrido no relê, pois já tinham realizado atividades com o foco na interação da radiação com a matéria. Destacamos que suporte oferecido pelo professor durante o desenvolvimento da atividade investigativa é fundamental para que os alunos possam efetivamente propor, analisar e construir ideias na sala de aula (BARCELLOS *et al*, 2019).

Alguns alunos tentaram estruturar as hipóteses apresentadas na atividade de simulação. Primeiro, Luciana relembra o que acontecia no simulador, que continha uma bateria (acreditamos que a ideia de que no relê tem uma bateria vem exatamente dessa relação com o simulador), na sequência, Sílvio, realizando uma exposição oral de suas conclusões (P9), desenvolve seu modelo explicativo (P4) que há uma relação diretamente proporcional entre a quantidade de raios ultravioletas emitidos no simulador e a energia gerada, fato que é reforçado por João. Marcos traz uma explicação do funcionamento do simulador também por uma exposição oral (P9).

O aluno Marcos faz a relação do simulador com o relê ao lembrar que se naquele dispositivo tinha uma bateria neste também deveria ter. Luciana reforça a ideia da necessidade da bateria para ocorrer o efeito, pois ao inverter a polarização da bateria a luz refletida voltava, entretanto, ela não conseguiu relacionar a interação da luz incidente na placa com os fotoelétrons arrancados. Quando questionados pelo professor sobre o que acontecia se deixássemos a bateria constante, Sílvio faz uma relação diretamente proporcional com a quantidade de raios ultravioletas incidentes e a energia gerada, fato que João, inicialmente aceita, mas depois fala que deveriam pensar. Marcos, na sequência, consegue relacionar a simulação realizada com o efeito ocorrido no relê e faz uma relação da luz como uma onda que transmite energia.

**EPISÓDIO V – A RELAÇÃO ENTRE O COMPRIMENTO DE ONDA DA RADIAÇÃO E O EFEITO FOTOELÉTRICO**

*Professor – Vamos pensar aqui: quando está um dia ou em um ambiente iluminado essa resistência é alta ou baixa?”*

Alguns alunos respondem, sussurrando, que é baixa. Com essa resposta, o professor vai ao quadro da sala para retornar à atividade anterior, mostrando um esquema básico do simulador e diz que a incidência da luz na placa liberava elétrons.

Quando o professor pergunta para classe e prossegue:

*Professor “– Sempre liberava elétrons?”*

*Alguns alunos respondem “– Não.”*

*Professor “– Dependia do quê?”*

*Alex “– Do comprimento de onda e do material”*

*Professor “– Então, a cada momento que você mudava esse elemento aqui (o material da placa que recebe a incidência luminosa) você emitia mais ou menos elétrons. Não sei se vocês perceberam que tinha um número que indicava a corrente elétrica. Ela varia dependendo do quê?”*

*João “– Quantos elétrons passavam.”*

*Professor “– Então, vamos pensar nisso aqui (chega e encosta no relê) como podemos explicar esse efeito (o fotoelétrico, que foi redesenhado o esquema do simulador no quadro branco) com isso? Vamos pensar um pouquinho...”*

*João “– Professor, se você aumentasse a quantidade de raios ultravioleta.”*

*Professor “– Ultravioleta?”*

*João “– É ... não... a quantidade de luz.”*

No início desse episódio o professor procura fazer uma relação da energia luminosa incidente no relê com a variação da resistência do LDR<sup>4</sup> presente nele e consequente passagem de corrente elétrica.

O aluno Alex rapidamente faz uma inferência (**P2**) da informação recebida e explica que o efeito depende do comprimento de onda da radiação e do material que recebia essa radiação. João também faz uma inferência (**P2**) ao relacionar a corrente elétrica com a quantidade de elétrons que eram liberados e atingiam a outra placa no simulador e também tenta relacionar a quantidade de raios ultravioletas (quando o professor retorna a pergunta, ele não tem certeza se era ultravioleta, responde quantidade de luz).

No momento descrito acima, buscou-se estabelecer com os alunos uma relação entre iluminação e funcionamento do relê, então, o professor problematiza com o grupo questões relacionadas à resistência do material. Na fala de Alex percebemos que ele consegue construir a relação de dependência existente, para ocorrência do efeito fotoelétrico, do comprimento de onda e material utilizado (**P6**). Enquanto João lembra o conceito de corrente elétrica, que para ele já estava estabelecido, ao responder que ela dependia de quantos elétrons passavam.

Antes desse episódio, algumas hipóteses tinham sido lançadas e a questão proposta para a turma tinha sido resolvida: *a Jaqueta foi lançada sobre o relê o que fez a luz se acender, respondendo à questão inicial de como acender ou apagar a lâmpada*. Porém, nesse momento o professor procura dar início a uma sistematização do conhecimento científico es-

---

<sup>4</sup> LDR é a sigla para “Light Dependent Resistor”, ele é um resistor, muito usado em iluminação pública, pois varia de resistência elétrica dependendo da luminosidade e da luz incidente sobre ele.

tudado, utilizando-se mais uma vez o discurso de autoridade (MORTIMER; SCOTT, 2002), o que se constitui num passo coerente no processo de finalização da atividade.

Na sequência da aula (descrita no episódio VI), após começar com uma pequena exposição sobre o que seria o relê fotoelétrico e seu princípio básico de funcionamento, o professor pergunta sobre a necessidade da abertura no relê e os alunos respondem quase em coro que era para entrar a luz, João faz uma inferência (P6) ao relacionar a entrada da luz com a lâmpada apagada e Luciana também faz uma inferência (P6) na sequência.

#### **EPISÓDIO VI – A INCIDÊNCIA DE LUZ, O MATERIAL ALVO E O FUNCIONAMENTO DO RELÊ**

*Professor “– Para que serve essa abertura do relê?”*

*Alunos (em geral) – para entrar a luz*

*João “– Porque a luz tá entrando ele mantém a luz apagada.”*

*Luciana “– É prá ver se precisa ou não de luz.”*

*Professor “– Onde podemos encontrar esse aparelho?”*

*Alunos (alguns em coro) “– No poste!”*

*Professor “– Esta montagem tem o mesmo princípio do relê do poste. Mas, vocês lembram daquela primeira atividade que fizeram? O que a maioria respondeu, vocês lembram?”*

*Alex “– Sim. Um sensor.”*

*Professor “– Sim, um sensor. Mas vamos tentar entender melhor essa situação experimental que foi montada aqui.”*

*João “– Aquele pedacinho ali absorve a luz (apontando para aberturado relê). É, esse pedacinho vai absorver as ondas da luz, aí quando ele tá absorvendo as ondas ele mantém a luz apagada. Ele interrompe a corrente.”*

*Professor “– Então, Alex, não é qualquer material. Só por curiosidade, porque não vamos trabalhar esse assunto, o material desse relê é um Sulfeto de Cádmio. É um semicondutor, se não me engano.”*

*Alex “– É como que se naquela parte lá em cima (apontando que no simulador desenhado no quadro) os raios devem ser de menor comprimento de onda aí bateu no material e refletiu os elétrons.”*

*Professor “– Refletiu não, o correto seria retirar elétrons. O que vai acontecer então com a corrente?”*

*Alex “– Vai aumentar.”*

E quando o professor pergunta se os alunos conhecem alguma aplicação do relê, alguns conseguem generalizar a situação-problema da demonstração para outro contexto (P8). Após esse fato, João realiza uma exposição oral (P9) de sua solução para o problema, relacionando a absorção da luz com a interrupção da corrente elétrica.

Encaminhando para o fim da aula, Alex relembra da atividade de simulação do efeito fotoelétrico, que foi realizada anteriormente à demonstração investigativa, que utilizava o simulador de uso livre e disponível na internet mostrado na Fig. 3.

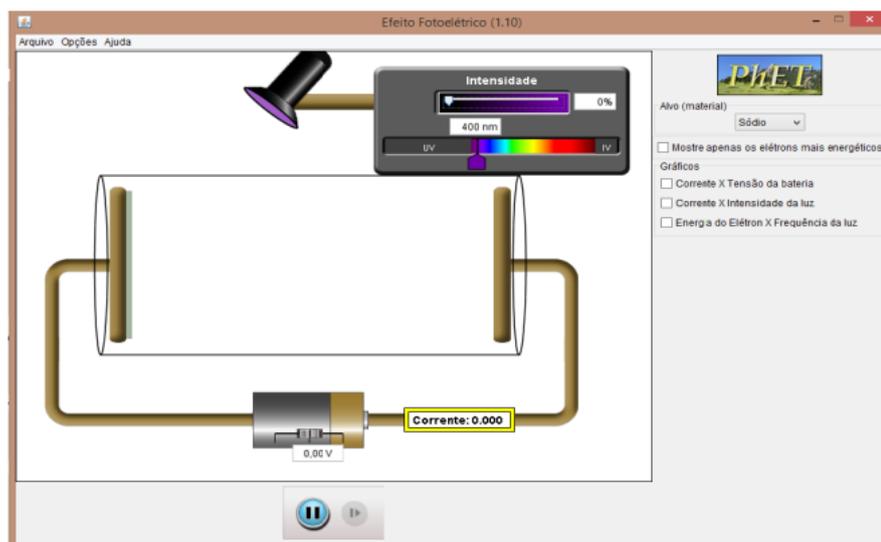


Fig. 3 – Applet simulador do efeito fotoelétrico utilizado na SEI e disponível no endereço eletrônico <<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric>>.

O aluno Alex, ao relembrar a atividade de simulação do efeito fotoelétrico, destaca que o efeito fotoelétrico dependia, também, da resistência (tipo) do material que recebia a radiação, realizando uma inferência (P6) e elabora sua hipótese (P3) para a solução do problema: conforme a radiação incidia na placa os elétrons eram refletidos.

## V. Considerações finais

Desenvolver atitudes ou realizar procedimentos nas aulas não é comum para os alunos, que estão acostumados com aulas expositivas e menos participativas. Também não é comum que no planejamento dos professores conste como objetivos o desenvolvimento e consequente trabalho em sala de aula de tais tipologias de conteúdo, pois o mais comum é dar total atenção aos conteúdos conceituais. Mas nos parece ser possível que o desenvolvimento de procedimentos, atitudes e conceitos sejam realizadas nas aulas, como relatamos neste artigo.

Na atividade de demonstração investigativa analisada, é perceptível que o desenvolvimento de certas atitudes e procedimentos foi mais potencializando em relação a outros. Entendemos que isso pode estar relacionada a vários aspectos importantes da aula: (i) tipo de atividade proposta: pois entendemos que as atividades investigativas podem assumir diversos formatos, e cada um destes pode potencializar melhor o desenvolvimento de determinadas atitudes e procedimentos em detrimento de outros; (ii) planejamento da aula: é neste momento que o professor pode e deve refletir sobre quais conteúdos ele pretender desenvolver ou alcançar no decorrer da aula e, também, (iii) a mediação do professor que, articulado ao seu

planejamento e a uma abordagem mais interativa e dialógica, deve dar o encaminhamento necessário à aula para alcançar os objetivos de ensino e aprendizagem propostos.

Quanto atitudes categorizadas por Souza Jr. (2014) aquela que se mostrou mais evidente foi a de trabalho em grupo de forma colaborativa (**A2**), que se destacou em quase todos os episódios descritos. Ora, ao assumirmos a sala de aula como espaço sociocultural e a investigação como abordagem didática, a colaboração é um elemento central, por entendemos que a construção do conhecimento científico é uma atividade coletiva e exige colaboração entre os participantes do processo.

Com relação à dimensão procedimental, consideramos que três categorias foram sinalizadas em maior intensidade na atividade: **P3** (elaborar hipóteses), **P5** (testar hipóteses) e **P6** (realizar inferências). Destacamos aqui a necessária postura mediadora do professor no encaminhamento da atividade investigativa, pois é ele que deverá desenvolver um ambiente de aprendizagem que promova a argumentação por parte dos alunos. Conseqüentemente, o levantamento e teste de hipóteses, bem como a realização de inferências por parte dos alunos, que são práticas típicas da cultura científica escolar, devem acontecer durante a aula na perspectiva investigativa.

Então, quando o professor encaminha a atividade investigativa, de maneira a proporcionar ao aluno participação ativa no desenvolvimento da atividade, este começa a produzir o conhecimento através da interação pensar, sentir e fazer. Ou seja, nesse processo, além de fatos e conceitos, há aprendizagem também de conteúdos procedimentais e atitudinais (CARVALHO, 2014). Portanto, o planejamento das atividades investigativas pelo professor torna-se tão importante quando o desenvolvimento delas, pois é aí que ele precisa ter claro quais atitudes, procedimentos e conceitos se pretendem potencializar com a atividade que está sendo planejada.

Outro ponto a se destacar é o desenvolvimento dos conceitos científicos e sua relação com os conceitos cotidianos. Relacionam-se no sentido de que o aluno, ao ser inserido na cultura escolar e tendo contato com um novo conceito, o científico, não necessariamente vai abandonar seus conceitos cotidianos, que é criado em suas relações sociais e culturais e que estes, fora do ambiente científico-escolar, podem funcionar e trazer sentido ou explicações para os alunos nas suas mais diversas situações cotidianas.

O que entendemos ocorrer, em alguns episódios nos quais os alunos utilizam o conceito cotidiano “sensor”, é uma hibridização entre o discurso científico e cotidiano (CREPALDE; AGUIAR JR., 2013). Segundo esses autores, essa hibridização é o esforço que os sujeitos empreendem para que os enunciados abstratos da ciência tenham sentido social e pessoal relevantes. Portanto, não se trata da exclusão ou substituição de um conceito por outro, mas, sim, de dar aos alunos fundamentos para o uso e entendimento consciente dos conhecimentos científicos em contextos específicos que envolvam questões científicas ou tecnológicas. Nesse processo de significação e ressignificação que perpassa também os modos de hi-

bridização de discursos, conseguimos estabelecer nessa intervenção, pela fala dos alunos nos episódios finais, a relação entre o efeito fotoelétrico com comprimento de onda da radiação.

## Referências

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. de (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

BARCELLOS, L. S.; COELHO, G. R. Uma análise das interações discursivas em uma aula investigativa de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental sobre medidas protetivas contra a exposição ao Sol. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 1, p. 179-199, 2019.

BARCELLOS, L. S.; GERVÁSIO, S. V.; JONIS SILVA, M. A., COELHO, G. R. A Mediação Pedagógica de uma Licencianda em Ciências Biológicas em uma Aula Investigativa de Ciências Envolvendo Conceitos Físicos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, p. 37-65, 2019.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

BOSS, S. L. B.; MIANUTTI, J.; CALUZI, J. J.; SOUZA FILHO, M. P. Inserção de Conceitos e Experimentos Físicos nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental: Uma Análise à Luz da Teoria de Vigotski. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 3, p. 289-312, dez. 2012.

CARDOSO, S. O. de O.; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 891-934, ago. 2012.

CARVALHO, A. M. P. de. Critérios estruturantes para o Ensino de Ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2004. p. 1-17.

CARVALHO, A. M. P. de. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. de (org.). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1-20.

CARVALHO, A. M. P. de (Org.). **Calor e temperatura: um ensino por investigação**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. 146 p.

CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, set-dez. 2018.

CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Atividades Didáticas de Resolução de Problemas e o Ensino de Conteúdos Procedimentais. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciências**, v. 6, p. 87-101, 2011.

COELHO, G. R.; AMBRÓZIO, R. M. O ensino por investigação na formação inicial de professores de Física: uma experiência da Residência Pedagógica de uma Universidade Pública Federal. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 490-513, ago. 2019.

CREPALDE, R. S.; AGUIAR JR., O. G. A formação de conceitos como ascensão do abstrato ao concreto: da energia pensada à energia vivida. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 2, p. 299-325, 2013.

DAMIANI, M.; ROCHEFORT, R. S.; CASTRO, R. F.; DARIZ, M. R.; PINHEIRO, S. N. S. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação**, v. 45, p. 57-67, mai-ago. 2013.

DRIVER, R.; ASOKO H.; LEACH J.; MORTIMER E. F.; SCOTT P. Construindo o conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**, n. 9, p. 31-40, 1999.

LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JR., O. G.; DE CARO, C. M. Formação de conceitos científicos: reflexões a partir da produção de livros didáticos. **Ciência e Educação**, v. 17, n. 4, p. 855-871, 2011.

MÁXIMO, M. P.; ABIB, M. L. V. S. Ensino por investigação e aprendizagem de conceitos físicos e de habilidades ao longo do tempo. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XIV, 2012, Maresias, São Paulo. **Atas...**

MONTEIRO, M.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J. B. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio e a formação de professores: desencontros com a ação comunicativa e a ação dialógica emancipatória. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciências**, v. 8, n. 1, p. 1-13, jul. 2013.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. de C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, p. 89-111, jun, 2007.

NASCIMENTO, L. de A.; SASSERON, L. H. A Constituição de Normas e Práticas Culturais nas Aulas de Ciências: Proposição e Aplicação de uma Ferramenta de Análise. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 21, 2019.

PENHA, S. P. da; CARVALHO, A. M. P. de; VIANNA, D. M. A utilização de atividades investigativas em uma proposta de enculturação científica: novos indicadores para análise do processo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VII, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009.

PEREIRA, A.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. O ensino de Física Quântica na perspectiva sociocultural: uma análise de um debate entre os futuros professores mediado por um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciências**, v. 8, n. 2, p. 376-398, 2009.

POZO, J. I.; GÓMEZ-CRESPO, M. A. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

REZENDE JUNIOR, M. F.; CRUZ, F. F. de S. Física Moderna e Contemporânea na formação de licenciandos em física: necessidades, conflitos e perspectivas. **Ciência e Educação**, v. 15, n. 2, p. 305-321, 2009.

RODRIGUES, B. A; BORGES, A. T. O ensino de ciências por investigação: uma reconstrução histórica. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 11, 2008, Curitiba. **Atas...**

SÁ, E. F. de; PAULA, H. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR, O. G. de. As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 6, 2007, Florianópolis. **Atas...**

SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C. de C.; AGUIAR JUNIOR, O. G. A construção de sentidos para o termo Ensino por Investigação no contexto de um curso de formação. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 79-102, 2011.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. especial, p. 49-67, nov. 2015.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, set-dez, 2018.

SASSERON, L. H. Sobre ensinar ciências, investigação e nosso papel na sociedade. **Ciência e Educação**, v. 25, n. 3, p. 563-567, 2019.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. Ensino de Ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, 2016.

SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. **Alfabetização científica na prática**: inovando a forma de ensinar Física. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria de Física, 2017.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. e. O Ensino por Investigação e a Argumentação em Aulas de Ciências Naturais. **Tópicos Educacionais**, v. 23, p. 7-27, 2017.

SILVEIRA, S.; GIRARDI, M. Desenvolvimento de um kit experimental com Arduíno para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 4, e4502, 2017.

SOUZA JR., D. R. **O ensino de eletrodinâmica em uma perspectiva investigativa**: analisando os desdobramentos sobre a aprendizagem dos estudantes. 2014. 121f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Estado do Espírito Santo, Vitória.

SOUZA, V. F. M.; SASSERON, L. H. As interações discursivas no Ensino de Física: A promoção da discussão pelo professor e a Alfabetização Científica pelos alunos. **Ciência e Educação**, v. 18, p. 593-611, 2012.

SOUZA, A. J. de; ARAÚJO, M. S. T. de. A produção de raios X contextualizada por meio do enfoque CTS: um caminho para introduzir tópicos de FMC no ensino médio. **Educar em revista**, n. 37, p. 191-209, mai. 2010.

STROUPE, D. Examining classroom science practice communities: How teachers and students negotiate epistemic agency and learn Science as practice. **Science Education**, Wiley Online Library, v. 98, n. 3, p. 487-516, 2014.

TRAZZI, P. S. da S. **Ação mediada em aulas de Biologia**: um enfoque a partir dos conceitos de fotossíntese e respiração celular. 2015. 178f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

ZÔMPERO, A. F.; LÁBURU, C. E. Atividades investigativas no ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 03, p. 67-80, set.-dez. 2011.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)