



## O uso da experimentação remota em apoio à mediação durante aulas de Física

Pedro Paulo Freitas de Souza<sup>1</sup>

Marcio Vinicius Corrallo<sup>2</sup>

### RESUMO

O artigo tem como objetivo relatar um episódio didático apoiado no uso da experimentação remota, como alternativa aos laboratórios didáticos tradicionais para o ensino de física. Narra-se a aplicação de uma sequência didática, para estudantes do terceiro ano do ensino médio de um Colégio da rede privada, situado na cidade de São Paulo. A sequência didática contemplava conceitos associados à difração da luz; aos padrões de interferência construtiva e destrutiva; à natureza da luz, bem como uma abordagem histórico-científica do modelo atômico de Bohr e o nascimento da física moderna. Deu-se especial atenção às aulas dialógicas, como prática pedagógica de desenvolvimento e aprimoramento cognitivo. Isto é, aulas que chamam o aluno à reflexão para o reconhecimento e aplicação dos conceitos aprendidos em sala de aula, articulando com as mais diversas áreas do conhecimento, de maneira interdisciplinar, dando sentido prático ao conteúdo e contribuindo para um aprendizado mais duradouro. Como elemento de apoio à mediação durante as aulas, utilizou-se um aparato confeccionado em impressora 3D, com o emprego de microcontrolador NodeMCU, lasers, leds e controlado remotamente. Como resultado da aplicação da sequência didática, destaca-se um grande engajamento dos estudantes, mostrando, portanto, a viabilidade do uso do laboratório remoto para educação básica, como elemento auxiliar à mediação docente.

**Palavras-chave:** Experimentação remota, Ensino de física, Atividade prática experimental.

### 1. Introdução

É consensual, entre professores de física, o entendimento sobre a importância da experimentação. No entanto, a realidade da sala de aula não condiz com essa perspectiva. De maneira que numa análise mais objetiva, fica a impressão de que se trata meramente de uma ferramenta de pouca relevância, cuja a sua adoção no processo de ensino e aprendizagem não

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação – Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática – Instituto Federal de São Paulo, Câmpus São Paulo. [pedropaulo@ib.usp.br](mailto:pedropaulo@ib.usp.br)

<sup>2</sup> Doutor em Ensino de Física, docente no Instituto Federal de São Paulo, Câmpus São Paulo. [marciocorrallo@gmail.com](mailto:marciocorrallo@gmail.com)

mereça grande atenção. Isso é corroborado pelo fato de que, não raro, escolas mantêm seus laboratórios fechados e/ou com baixa frequência de uso. Seja por: limitação de espaço físico; falta de materiais ou em estado de deterioração; kits experimentais em estado de abandono; alto custo de manutenção; falta de pessoal habilitado e/ou interessado em seu uso; e direcionamento do espaço original para atender a outras demandas, como a criação de novos espaços didáticos (BENETTI; RAMOS; SILVA, 2013).

Entretanto, em havendo um laboratório experimental, com todas as suas funcionalidades disponíveis, outra questão se apresenta: qual a maneira mais eficiente do uso da experimentação no processo de ensino e aprendizagem? A prática tradicional, mesmo em países onde a experimentação está firmemente consolidada, parece levá-los à não adesão do seu uso, uma vez que se constata uma eficácia aquém do esperado no aprendizado (WOOLNOUGH, 1991; WHITE, 1996).

Em uma abordagem tradicional, as atividades práticas são comumente associadas às dinâmicas que buscam uma verificação de leis, ou seja, objetiva-se checar os valores de grandezas amplamente disseminado pela literatura. Por vezes, essas práticas não guardam a devida correlação entre os experimentos e os conceitos pertinentes. Não há uma abordagem e contextualização suficientemente capazes de despertar o interesse dos alunos, já que os roteiros trazem previamente, tanto a problematização quanto a solução, deixando pouca margem à reflexão e possível criação pelo estudante. O curto período de tempo para realização da atividade experimental é outro agravante, sendo que uma parcela significativa do tempo da aula experimental é destinada à montagem do experimento e à coleta de dados, sobrando pouco tempo para ações mais nobres, isto é, as análises e reflexões oriundas dos resultados.

Diante desse cenário, buscou-se a criação de aparato de acesso remoto, como uma alternativa de acessibilidade às práticas didáticas laboratoriais, dentro de um contexto que permitisse ao aluno uma abordagem um pouco mais reflexiva, ou seja, de maneira autônoma, ativa, com maior tempo para reflexão e possibilidade também de verificações conceituais dos fenômenos envolvidos sob diferentes perspectivas. Realizando a experimentação em seu próprio ritmo e num maior número de vezes, características nem sempre possíveis em aulas tradicionais de práticas experimentais. Aliado ao uso de uma sequência didática mediada pelo professor, voltado à investigação sobre a fenomenologia envolvida, tal prática pode contribuir de forma positiva para a construção do conhecimento, por meio do fortalecimento dos conceitos aprendidos em sala de aula, a aquisição de outros novos e a sua conexão com os conceitos de outras áreas correlatas.

## 2. Embasamento Teórico

A eficácia do uso dos laboratórios didáticos, para ensino de física, é objeto de questionamento, como salienta White (1996, p.761, tradução nossa), “[...] pois conflita com teorias e expectativas [...]”. Apesar do autor reconhecer que “[...] os laboratórios funcionam, porque acrescentam cor, a curiosidade de objetos não-usuais e eventos diferentes, e um contraste com a prática comum na sala, na qual os alunos permanecem mais apáticos.” Somam-se a isso outras críticas, como: o alto custo dos equipamentos experimentais; a complexidade de montagem que muitas vezes distancia o aluno dos conceitos a serem explorados e apropriados; inadequação pedagógica e fundamentação epistemológica equivocada, baseada em uma abordagem empírico-indutivista das práticas experimentais, as quais, não raro, tendem a reforçar o caráter de instrumento de descoberta, a partir de um método científico único e irrefutável, conferindo-lhe, muitas vezes, uma falsa capacidade de generalização cientificamente válida, baseada exclusivamente em observações fenomenológicas neutras e objetivas.

Como uma variante dos laboratórios tradicionais, a modalidade de laboratório remoto surge na engenharia, objetivando o controle de automação, sendo disponibilizado por algumas universidades espalhadas pelo mundo, com finalidade pedagógica, mas num estágio ainda embrionário no Brasil. Corrallo (2017, p. 46) destaca algumas vantagens do laboratório remoto como recurso didático para o ensino de física, a saber: os dados e as informações são reais; geralmente não há restrição de tempo para a experimentação; e a possibilidade de feedback de resultados de forma mais rápida. Da mesma forma, o autor aponta alguns aspectos negativos, como: diminuição na interação com outros estudantes; a existência de limite de acesso simultâneo; a necessidade de alta tecnologia (software e hardware); e a necessidade de infraestrutura de rede. Sob pena de tornar-se mais uma adaptação do laboratório tradicional, com acesso remoto, deve-se atentar aos aspectos e detalhes que envolvam os roteiros, os referenciais teóricos e as abordagens pedagógicas pertinentes ao uso desse tipo de recurso.

### 2.1. Descrição do aparato usado na experimentação remota

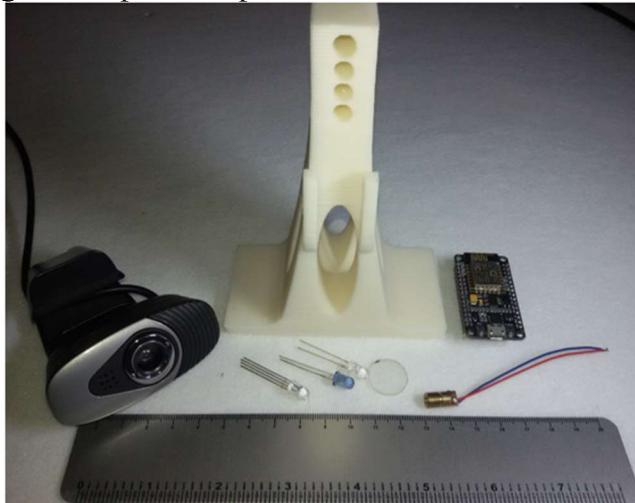
O suporte (*shield*) foi desenhado e projetado num software de modelagem, confeccionado em impressora 3D, com o controle do acender e apagar o laser-diodo, led-RGB e led-infravermelho, controlado por meio de um microcontrolador NodeMCU<sup>3</sup> (veja figura 1).

---

<sup>3</sup> NodeMCU é uma plataforma completa de hardware e software voltada para prototipagem IoT (Internet das Coisas), teve sua criação iniciada em 2014, é composto de um firmware que é executado em um ESP8266 modelo ESP-12E, podendo ser programada na linguagem LUA ou IDE-Arduino (ambiente de desenvolvimento do

Foi aplicado na investigação dos fenômenos de difração da luz; padrões de interferência construtiva e destrutiva; comprimento de onda; e natureza ondulatória, envolvendo os aspectos históricos e a contribuição desse conhecimento no surgimento da física moderna.

Figura 1. Aparato experimental usado em sala de aula.



Fonte: os autores.

No experimento pôde-se observar que a luz produzida pelo emissor sofre difração ao passar por ranhuras presentes em mídias de CD e DVD (cerca de 625 e 1350 sulcos/mm, respectivamente) presas por suporte à lente de uma câmera digital de alta resolução e com acesso Wifi em URL. Cabe mencionar que o aparato foi usado em quatro ocasiões: 1<sup>a</sup>) uma disciplina de estágio supervisionado durante a graduação (licenciatura em Física), do primeiro autor, como uma possibilidade de tornar-se um recurso educacional aberto nos moldes dos REA<sup>4</sup> ou a exemplo do RExLab (disponível em: <http://relle.ufsc.br/labs>); 2<sup>a</sup>) disciplina de prática de ensino durante a graduação (licenciatura em Física) do primeiro autor, relato de experiência do uso do aparato como alternativa e prática laboratorial; 3<sup>a</sup>) em um Colégio da rede privada da cidade de São Paulo/SP que usa material apostilado, voltado aos vestibulares e com pouca ou nenhuma abordagem experimental nas aulas de física do ensino médio; e 4<sup>a</sup>) disciplina de introdução à ciência experimental, durante a graduação do primeiro autor, com discussão e aplicação prática da difração do laser para o cálculo do diâmetro de um fio de cabelo. Cabe mencionar que no Colégio da rede privada, ao longo de 4 aulas (regências em condição de estágio supervisionado), o aparato serviu para a exploração e análise fenomenológica da difração da luz e verificação dos conceitos pertinentes, introdução do

---

Arduino). É composto de uma placa controladora (ESP8266 modelo ESP-12E), porta micro USB para alimentação e programação, 9 portas digitais que operam em nível lógico de 3,3V, uma entrada analógica com resolução de 10 bits limitada a 1,8V e suporte às redes WiFi 802.11 b/g/n e criptografia WPA e WPA2.

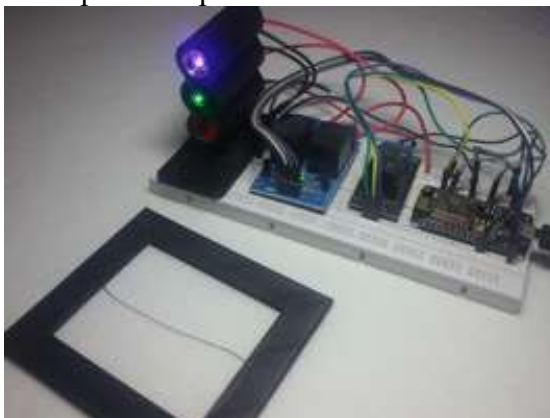
<sup>4</sup> Recursos Educacionais Abertos - materiais de ensino, aprendizado e pesquisa em qualquer suporte ou mídia, que estão sob domínio público ou estão licenciados de maneira aberta, permitindo que sejam utilizados ou adaptados por terceiros.

modelo atômico de Bohr e da física moderna, além de uma pesquisa histórico-científica solicitada aos alunos. Apresentou-se ainda a possibilidade de usar o experimento remoto como instrumento de inclusão para alunos que se encontram em tratamento de câncer em instituição com essa finalidade, cuja impossibilidade de frequentar às aulas presenciais prejudica sua evolução escolar, além do cuidado na interação com experimentações que pode lhe trazer algum tipo de prejuízo à saúde devido à baixa imunidade. Como as tratativas encontram-se em andamento para aplicação, ainda não há registro de atividade.

### 3. Metodologia

Dentre os momentos de aplicação da atividade com uso do aparato remoto, escolhemos um episódio para descrição de forma pormenorizada, ao longo deste artigo. O relato a seguir diz respeito à utilização do aparato no Colégio da rede privada da cidade de São Paulo/SP, numa turma do terceiro ano do ensino médio.

Figura 2. Aparato experimental usado em sala de aula.

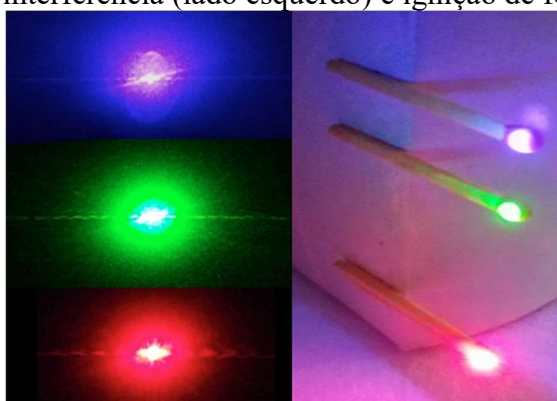


Fonte: os autores.

No primeiro encontro (2 aulas de 50 min), foi apresentado um dispositivo a ser usado localmente, a título de demonstração, montado numa *protoboard* (veja figura 2), com o uso de um microcontrolador NodeMCU, capaz de, remotamente e com um *smartphone*, acender e apagar os diodos-lasers nas cores vermelho, verde e violeta, a ele conectado, semelhante ao dispositivo de experimentação remota. A experimentação consistiu em colocar, à frente dos feixes de lasers, um suporte de *slide* preto com uma fenda transparente muito fina. Onde pôde-se observar que, em uma parede (veja figura 3), formava-se uma imagem onde traços de luz, seguidas de regiões escuras, se alternavam de maneira proporcional, mas em diferentes intensidades e intervalos para cada cor, isto é, a partir de um ponto central e de grande intensidade luminosa. Posto a problemática, passamos a discutir sobre quais propriedades e

fenômenos poderiam levar à formação dessas imagens. Fotos de difração de ondas do mar, representações de ondas eletromagnéticas e sonoras foram mostradas aos alunos, para que percebessem que o padrão que se apresentou foi o mesmo do experimento, e então passamos a considerar que os “[...] desvios da propagação retilínea da luz foram chamados de difração, nome ligado a ‘deflexão’ dos raios luminosos. Nesse sentido genérico, tanto pode aplicar-se à passagem através de uma abertura como ao ‘espalhamento’ por um obstáculo. ” (NUSSENZVEIG, 1998, p. 83)

Figura 3. Padrão de interferência (lado esquerdo) e ignição de fósforos (lado direito).



Fonte: os autores.

Os lasers também foram usados para acender alguns palitos de fósforo (veja figura 3), cujo tempo de ativação diminuía quanto maior a frequência luminosa. Seguiu-se à análise e o reconhecimento dos fenômenos produzidos, a verificação dos conceitos pertinentes, e, por fim, a estruturação em lousa de todas as observações e associações feitas pelos alunos. Essas informações, depois de ordenadas, serviram de base para o direcionamento das demais aulas, cujo objetivo principal era o de se abordar temas de física moderna a partir do caráter ondulatório da luz. Reconhecemos as propriedades da propagação da luz (reversibilidade, propagação retilínea em meios homogêneos, independência dos feixes de luminosos) e sua capacidade de transferir energia, evidenciada ao incidir os feixes sobre fósforos e observando que o tempo de ativação e ignição diminuem com o aumento da frequência.

No encontro seguinte (2 aulas de 50 min) foram solicitados aos cinco grupos de alunos formados, trabalhos de pesquisa baseados nas correlações estabelecidas por eles próprios, com os temas: difração; pesquisa histórica sobre caráter ondulatório da luz; faixas do espectro eletromagnético; modelo atômico de Bohr; e radiação de um corpo negro. No terceiro encontro (2 aulas de 50 min), durante a apresentação dos trabalhos de pesquisa efetuados pelos alunos, foi feita pelo professor a mediação do aprendizado correlacionando o conteúdo trazido com a fenomenologia, explorada no experimento da aula anterior, mas sob um olhar mais

aprofundado, estruturado e com maior atenção à formalização. A partir daí foi liberado o acesso remoto através da URL <http://lablife.spo.ifsp.edu.br:37103> (acessado em: 23/11/2018) (veja figura 4) ao aparato para que os grupos de alunos realizassem a experimentação, levando em consideração diversos aspectos cujos dados e sínteses deveriam ser entregues na aula seguinte. Para a realização da atividade foram apresentadas, portanto, duas equações: a de Franhoufer ( $n\lambda = d \sin \theta$ ) e a de Planck ( $e = hf$ ), cuja modelagem associa qualquer radiação eletromagnética a uma determinada energia.

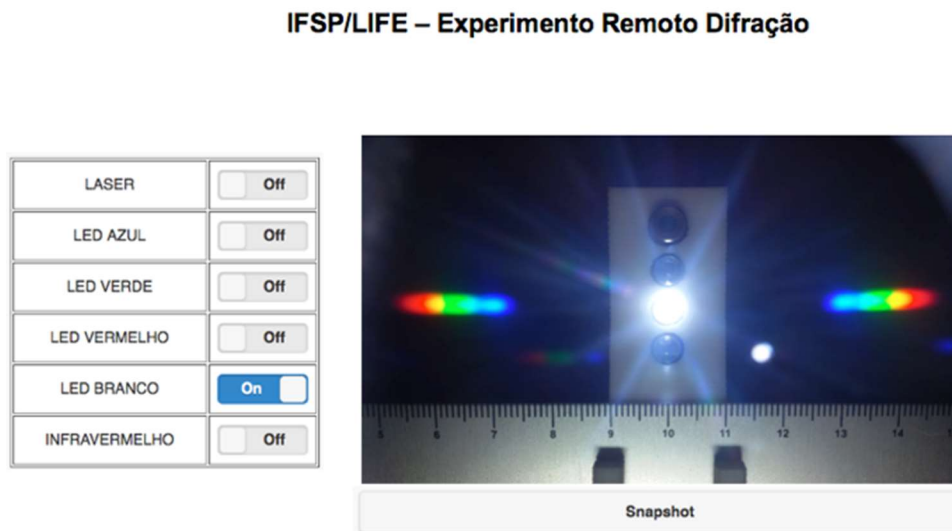
A dinâmica experimental desenvolvida pelos grupos buscava determinar: quais dados, a partir do uso das equações de Franhoufer e Planck, poderiam ser extraídos do experimento remoto? Além disso, questionou-se: quais os valores dos comprimentos de onda das principais cores do espectro visível?; como o sistema de visão humano percebe e interpreta as cores?; como Newton imaginava a propagação luz, ao defender sua natureza corpuscular?; quais evidências refutavam o seu modelo?; qual a relação entre comprimento de onda e a energia emitida por um “corpo negro”?; como se dá o processo de estimativa da energia emitida pelas estrelas?; e como os espectros luminosos foram importantes para a determinação dos *quanta* de energia no modelo atômico de Bohr?

No último encontro (2 aulas de 50 min) foi formalizado o conceito de difração na determinação do diâmetro do fio de cabelo de duas alunas. Essa dinâmica serviu para a reflexão sobre conteúdo aprendido e o uso desse conhecimento como ferramenta tecnológica, inferindo-se a ideia de que a precisão de uma medida está associada à precisão do instrumento utilizado, nesse caso e de forma indireta, o comprimento de onda do espectro da luz verde (mil vezes menor que a dimensão do objeto mensurado). Para além disso, consideramos que essas descobertas tiveram um papel muito importante na construção do mundo como conhecemos hoje. Esses conceitos ajudaram na criação dos semicondutores, e sua evolução permitiu miniaturizar aparelhos e a criação de outros tantos que foram acompanhados de constantes melhoramentos. Com os avanços nas pesquisas, desde então, novos materiais foram descobertos, otimizados e o barateamento de sua produção possibilitou seu uso de forma a tornar a vida cotidiana bastante simples em muitos aspectos. Os semicondutores estão presentes em quase todas as áreas do conhecimento, desde a área da saúde, com os aparelhos hospitalares mais modernos, ao entretenimento com os moderníssimos dispositivos de mídia.

O uso da experimentação remota como elemento auxiliar na mediação permitiu aos alunos o reconhecimento dos itens discutidos durante as aulas teóricas, buscando relacionar os fenômenos observados com os assuntos discutidos em sala de aula, de maneira dialógica e com

bastante tempo para a pesquisa. Procurou-se dar a ideia de continuidade e extensão natural da teoria. Para isso houve a necessidade da estruturação do roteiro de forma planejada, observando os tópicos necessários para se realizar um processo investigativo sobre os conceitos propostos durante as aulas.

Figura 4. Imagem da experimentação remota, difração Led RGB para  $L = 10,0(5)$  cm (fenda-anteparo).



Fonte: os autores.

#### 4. Resultados

As aulas, destacadas na seção anterior e o intuito de análise, foram fruto de atividades desenvolvidas em âmbito de disciplina de prática de ensino, do curso de Licenciatura em Física, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, no qual o primeiro autor era discente. Cabe, ainda, esclarecer que não foram aplicados questionários ou entrevistas aos alunos e professor participantes das aulas. Os dados objetivos ficaram limitados às impressões colhidas no decorrer das atividades de regência e/ou observação durante o estágio supervisionado.

O professor, responsável pelo acompanhamento do estágio, mostrou-se bastante otimista e surpreso com a receptividade demonstrada pelos alunos em relação às intervenções experimentais. Durante as aulas (estágio supervisionado) verbalizou que as turmas costumam ser apáticas no decorrer das aulas, e ele acredita que isso provavelmente ocorra devido ao fato de seus alunos não almejarem o ingresso em universidades concorridas, o que, segundo ele, lhes exigiriam um esforço maior nos estudos. É inegável que a apatia entre estudantes do ensino médio, durante as aulas de física, não seja exclusiva desse professor; todavia, a sua justificativa pelo descaso de seus alunos é um clichê bastante recorrente. Sobre essa problemática,



Bonadinan e Nonenmacher (2007) afirmam que o aluno ingressante do ensino médio, geralmente, apresenta boa relação com a disciplina de física, mas, com o passar do tempo, esse apreço vai se esvaindo, e tornando-se até frustrante e doloroso. A literatura vem apontando diversas razões para esse divórcio. Para esses autores, a dificuldade no aprendizado de física pode ser a razão do afastamento dos estudantes. No entanto, as causas da dificuldade de aprendizagem são multifatoriais, como:

[...] a pouca valorização do profissional do ensino, as precárias condições de trabalho do professor, a qualidade dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula, a ênfase excessiva na Física clássica e o quase total esquecimento da Física moderna, o enfoque demasiado na chamada Física matemática em detrimento de uma Física mais conceitual, o distanciamento entre o formalismo escolar e o cotidiano dos alunos, a falta de contextualização dos conteúdos desenvolvidos com as questões tecnológicas, a fragmentação dos conteúdos e a forma linear como são desenvolvidos em sala de aula, sem a necessária abertura para as questões interdisciplinares, a pouca valorização da atividade experimental e dos saberes do aluno, a própria visão da ciência, e da Física em particular, geralmente entendida e repassada para o aluno como um produto acabado. (BONADINAN; NONENMACHER, 2007, p. 196)

Voltado às observações das aulas, de toda sorte, o professor ficou impressionado com a iniciativa dos alunos pela busca de referências sobre os temas, consultando-o em horários fora do período de aula normal, em busca de referenciais para as apresentações dos trabalhos, bem como o empenho na realização da experimentação remota, buscando de forma reflexiva, estabelecer as relações com os conceitos abordados. Quando chamados a opinar (durante as aulas) sobre os fenômenos apresentados e suas possíveis causas, os alunos foram bastante participativos e não se furtaram em contribuir com o conhecimento que dispunham, sem a preocupação de estarem certos ou errados. Pareceu-lhes algo novo, estimulante, mostrando que raras foram as vezes em que participaram de aulas com essa abordagem, predominantemente, experimental, e esse é, sem dúvida, um dos pontos negativos do uso de material de ensino a que fazem uso, fechado, apostilado, que objetiva quase que somente a resolução de exercícios, supostamente, para um bom desempenho em provas de vestibulares.

Além das atividades mencionadas, lançou-se mão do uso de palavras-cruzadas (confeccionada para uso de forma on-line) para a verificação do nível de apropriação do conteúdo abordado, de maneira a relacionarem com uma única palavra os conceitos definidos nas proposições do experimento remoto apresentado. As dinâmicas se estenderam para além do tempo previsto, sendo necessária mais aula que o previsto inicialmente. Entretanto, uma nova intervenção prejudicaria o cronograma apertado das aulas normais, haja vista que as regências ocorreram em período próximo das provas do Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM. Não foi possível investigar, portanto, se os alunos estabeleceram alguma relação, entre os conceitos

aprendidos de física moderna com as soluções tecnológicas atuais. Estas baseadas em dispositivos eletrônicos evidenciados em aplicações presentes na vida cotidiana.

Mesmo que os alunos não tenham formalizado um depoimento ou respondido questionários, um fato que nos pareceu relevante foi o comentário de que dois alunos haviam identificado duas questões, durante a prova do ENEM, que relacionavam os conceitos tratados durante as aulas relatadas anteriormente. Segundo os alunos, a experimentação havia ajudado a responder, com segurança, as duas questões da prova que envolviam o tema tratado durante os encontros.

Segundo sugestões do professor (responsável pelo acompanhamento do estágio), essa dinâmica deveria ser estendida para outras turmas com um tempo didático maior e, se possível, com um maior aprofundamento das questões levantadas pelos alunos, pois, apesar da dificuldade teórica do assunto abordado, a dinâmica em si teve um caráter inovador para aquela realidade, evidenciando a importância da atividade prática como potencializador do aprendizado, além da importância do uso das tecnologias em sua execução.

## **5. Conclusões**

A experimentação remota apresenta-se como alternativa interessante ao modelo tradicional (presencial) de laboratório didático para ensino de física, bem como uma possibilidade de extensão das aulas teóricas. Contudo, há que se levar em consideração diversos fatores, sob pena de não se incorrer no equívoco de transformá-lo em laboratório didático tradicional remoto. É inegável que a experimentação remota traz características intrínsecas que podem ser consideradas positivas, sob o ponto de vista pedagógico, como: maior tempo para realização do experimento; ambiente mais tranquilo que a sala de aula; possibilidade de repetição do experimento; possibilidade de pesquisas e leituras simultâneas de conteúdos que guardam relação com os conceitos explorados; e oportunizar acesso ao experimento e/ou a aplicação, muitas vezes ausentes na escola básica. Entretanto, para estar em consonância com uma ação que leve aos estudantes a refletirem mais profundamente sobre o que estão praticando, e, sobretudo, estabelecerem relações com as demais disciplinas, faz-se necessário um planejamento rigoroso da atividade, tendo bem claro as etapas necessárias para o alcance dos objetivos almejados, além de oportunizar o reconhecimento nas mais diversas situações do cotidiano. Da mesma forma, é importante ter em mente a escolha correta das interfaces a serem usadas no experimento, sua intuitividade, a preocupação com a mediação e o devido cuidado

com a transparência da tecnologia empregada, de modo a não concorrer com o objeto fim do aprendizado.

## 6. Referências

BENETTI, B.; RAMOS, E. M. de F.; SILVA, A. L. da. Escolas e seus laboratórios didáticos: estudo sobre espaços e possibilidades experimentais do ensino de Física no nível médio. **Enseñanza de las Ciencias**, v. extra, p. 1348–1351, 2013.

BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, 194-223, ago. 2007.

CORRALLO, M. V. **Atividades práticas experimentais para o ensino de Física**: uma investigação utilizando a Teoria do Núcleo Centra. 2017. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica – vol. 4 – Ótica Relatividade Física Quântica**. São Paulo: Blucher – 1998.

WHITE, R. F. The link between the laboratory and learning. **International Journal of Science Education**, v.18, n. 7, p.761-774, 1996.

WOOLNOUGH, B. E. Setting the scene. In WOOLNOUGH, B. E. (ed.) **Practical Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1991.

**Recebido - Julho2019**

**Aprovado - Agosto2019**