

PERCEPÇÕES DE DOCENTES SOBRE AS POSSIBILIDADES DO USO DE EXPERIMENTOS DIDÁTICOS CONTROLADOS REMOTAMENTE PARA AULAS PRÁTICAS NO ENSINO SUPERIOR

ISABELA DUTRA DE OLIVEIRA

Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências, Instituto de Física e Química, Universidade Federal de
Itajubá, Brasil
isabeladutradeoliveira@unifei.edu.br | <https://orcid.org/0009-0001-5900-7851>

THIAGO COSTA CAETANO

Instituto de Física e Química, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
tccaetano@unifei.edu.br | <https://orcid.org/0000-0002-2304-487X>

RESUMO

À luz das discussões sobre os desafios associados à realização de atividades experimentais, este estudo analisa as percepções de docentes acerca das possibilidades oferecidas por experimentos didáticos controlados remotamente para aulas práticas no ensino superior. Os dados foram coletados por meio de entrevistas semiestruturadas com oito docentes de uma universidade pública do estado de Minas Gerais, Brasil, e analisados qualitativamente a partir de quatro categorias emergentes: i) modalidades de atividades práticas; ii) limitações do laboratório tradicional; iii) experimentos didáticos controlados remotamente; e iv) possibilidades e direcionamentos para aulas práticas. Os principais resultados indicam que os docentes consideram que os experimentos didáticos controlados remotamente podem aproximar os estudantes de sistemas reais e de situações do cotidiano, aumentar o interesse pelas aulas, ampliar o acesso às práticas experimentais e reduzir erros em processos de medição.

PALAVRAS-CHAVE

laboratórios didáticos; ensino superior; experimentos didáticos controlados remotamente.



SISYPHUS

JOURNAL OF EDUCATION

VOLUME 14, ISSUE 03,

2026, PP 143-165

DOI: <https://doi.org/10.25749/sis.45324>

CC BY-NC 4.0

PROFESSORS' PERCEPTIONS OF THE POTENTIAL USE OF REMOTELY CONTROLLED DIDACTIC EXPERIMENTS IN PRACTICAL CLASSES IN HIGHER EDUCATION

ISABELA DUTRA DE OLIVEIRA

Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências, Instituto de Física e Química, Universidade Federal de Itajubá, Brazil
isabeladutradeoliveira@unifei.edu.br | <https://orcid.org/0009-0001-5900-7851>

THIAGO COSTA CAETANO

Instituto de Física e Química, Universidade Federal de Itajubá, Brazil
tccaetano@unifei.edu.br | <https://orcid.org/0000-0002-2304-487X>

ABSTRACT

In light of the discussions on the challenges associated with the implementation of experimental activities, this study analyses professors' perceptions on the possibilities offered by remotely controlled didactic experiments for laboratorial classes in higher education. We collected data using interviews with eight professors at a Brazilian public university, and we have analysed the data qualitatively based on four categories: (i) modalities of practical activities; (ii) limitations of classical laboratories; (iii) remotely controlled didactic experiments; and (iv) possibilities and guidelines for practical classes. The main results indicate that professors consider remotely controlled didactic experiments to be capable of bringing students closer to real systems and everyday situations, increasing interest in classes, expanding access to experimental practices, and reducing errors in measurement processes.

KEY WORDS

didactic laboratories; higher education; remotely controlled didactic experiments.



SISYPHUS

JOURNAL OF EDUCATION

VOLUME 14, ISSUE 03,

2026, PP 143-165

DOI: <https://doi.org/10.25749/sis.45324>

CC BY-NC 4.0

**PERCEPCIONES DE LOS DOCENTES SOBRE LAS POSIBILIDADES DEL USO
DE EXPERIMENTOS DIDÁCTICOS CONTROLADOS REMOTAMENTE PARA
LAS CLASES PRÁCTICAS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR**

ISABELA DUTRA DE OLIVEIRA

Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências, Instituto de Física e Química, Universidade Federal de
Itajubá, Brasil
isabeladutradeoliveira@unifei.edu.br | <https://orcid.org/0009-0001-5900-7851>

THIAGO COSTA CAETANO

Instituto de Física e Química, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
tccaetano@unifei.edu.br | <https://orcid.org/0000-0002-2304-487X>

RESUMEN

A la luz de las discusiones sobre los desafíos asociados a la realización de actividades experimentales, este estudio analiza las percepciones de docentes acerca de las posibilidades que ofrecen los experimentos didácticos controlados remotamente para las clases prácticas en la educación superior. Los datos fueron recolectados mediante entrevistas semiestructuradas con ocho docentes de una universidad pública del estado de Minas Gerais, Brasil, y analizados cualitativamente a partir de cuatro categorías emergentes: (i) modalidades de actividades prácticas; (ii) limitaciones del laboratorio tradicional; (iii) experimentos didácticos controlados remotamente; y (iv) posibilidades y lineamientos para las clases prácticas. Los principales resultados indican que los docentes consideran que los experimentos didácticos controlados remotamente pueden acercar a los estudiantes a sistemas reales y a situaciones cotidianas, aumentar el interés por las clases, ampliar el acceso a las prácticas experimentales y reducir errores en los procesos de medición.

PALABRAS CLAVE

laboratorios didácticos; educación superior; experimentos didácticos controlados remotamente.



SISYPHUS

JOURNAL OF EDUCATION

VOLUME 14, ISSUE 03,

2026, PP 143-165

DOI: <https://doi.org/10.25749/sis.45324>

CC BY-NC 4.0

Percepções de Docentes sobre as Possibilidades do Uso de Experimentos Didáticos Controlados Remotamente para Aulas Práticas no Ensino Superior

Isabela Dutra de Oliveira¹, Thiago Costa Caetano

INTRODUÇÃO

As aulas de laboratório no ensino superior são normalmente conhecidas por apresentarem roteiros engessados e prescritivos, além de terem como objetivo principal a verificação de leis e teorias e utilizarem relatórios como única ferramenta de avaliação. Dessa maneira, as práticas conduzidas nesses ambientes apresentam pouco espaço para discussões e investigações mais aprofundadas e, conseqüentemente, as causas dos erros experimentais normalmente são pouco discutidas, aspecto esse que poderia contribuir significativamente para a compreensão dos processos e dos métodos das ciências (Borges, 2002; Chunhao et al., 2025; Parreira & Dickman, 2020). Diversos são os fatores que levaram à consolidação desse modelo, como o número elevado de estudantes por turma, os cronogramas inflexíveis, a carga horária reduzida e, principalmente, a falta de um planejamento adequado e contextualizado (Borges, 2002).

Buscando contornar esse cenário de adversidades, a utilização de recursos mediados pelas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) em aulas experimentais tem sido ampliada, bem como as pesquisas que investigam as suas potencialidades didático-pedagógicas. Entre eles, os Experimentos Didáticos Controlados Remotamente (EDCR) destacam-se como uma alternativa, uma vez que pesquisas recentes apontam contribuições da utilização desse recurso para o desenvolvimento dos estudantes em atividades práticas, especialmente no contexto do ensino superior (Caetano, Moreira, et al., 2024; Caetano, Rezende Junior, et al., 2022). Do ponto de vista conceitual, os EDCR são experimentos reais, com uma montagem semelhante à dos experimentos tradicionais de bancada, que passaram por um processo de automação e podem ser acedidos e controlados através da internet. Esse recurso apresenta a clara vantagem de permitir que os utilizadores tenham contato direto com o fenômeno que está sendo investigado, possuindo aplicações didáticas bem definidas; em contraste com outros recursos, como as simulações computacionais, que consistem em modelos elaborados a partir do conhecimento teórico do fenômeno.

A utilização dos EDCR no ensino de ciências é relativamente recente e, embora o número de trabalhos dedicados a essas questões tenha aumentado na última década (Kurtz et al., 2025; Tulha et al., 2019; Vanegas-Guillén et al., 2023), as discussões apresentadas têm caráter ainda incipiente e muitas perguntas não foram respondidas definitivamente. De forma geral, as perguntas em aberto distribuem-se em dois grandes agrupamentos: o primeiro relacionado aos aspectos didáticos da construção do objeto como, por exemplo, a investigação de quais são os elementos pedagógicos que devem ser observados no processo e, o segundo, referente aos aspectos pedagógicos de sua

¹ Av. BPS 1303, Bairro Pinheirinho, Itajubá – MG, Brasil, CEP 37500-903.

utilização, como a investigação das formas de avaliar um estudante que realiza um experimento em um ambiente sem a presença de um professor.

Este trabalho refere-se a um estudo associado ao segundo agrupamento, voltado para a utilização dos EDCR no ensino, e foi desenvolvido no contexto de uma pesquisa de mestrado em um programa de pós-graduação em Educação em Ciências de uma universidade pública brasileira. O estudo aqui apresentado faz parte de uma série de investigações que compõem um grande projeto de pesquisa, no qual buscamos determinar as contribuições que os EDCR trazem para a prática docente, nomeadamente, para o planejamento de atividades práticas envolvendo experimentos didáticos de laboratório. Nesse ponto, deve-se reconhecer que existe certo grau de ambiguidade na questão norteadora da pesquisa, ao menos na forma como foi apresentada, sendo adequado, portanto, defini-la melhor.

Ao se pensar nas contribuições dos EDCR para o planejamento de atividades práticas, é possível fazê-lo sob uma perspectiva predominantemente utilitarista, segundo a qual poder-se-ia esperar que as contribuições estivessem relacionadas ao fato de os estudantes poderem utilizar o computador para realizarem as atividades, de que as novas tecnologias podem constituir um fator motivante para os estudantes, ou mesmo à conveniência e comodidade trazidas pela mediação da internet. No entanto, quando nos referimos às contribuições para o planejamento, desejamos saber precisamente o que se altera na perspectiva docente quando ele tem à sua disposição um recurso como os EDCR. A duração das atividades permanece a mesma? As investigações ainda devem ser realizadas em grupo ou seria melhor que fossem feitas individualmente? No caso de um grupo, os indivíduos têm papéis mais bem definidos que no caso da prática tradicional? Enfim, existem muitas questões que podem ser exploradas.

Nesse estudo, de modo particular, buscou-se pormenorizar as percepções de docentes do ensino superior relativamente à utilização dos EDCR em suas práticas, por meio de um estudo qualitativo onde foram empregues entrevistas semiestruturadas para a coleta de dados. A partir disso, foi possível inferir algumas contribuições para o planejamento devidas às características dos EDCR – disponibilidade ubíqua, o fato de ser um experimento real, projeto didático-pedagógico que considera erros experimentais, etc. O estudo revela, portanto, um conjunto de parâmetros orientadores para os docentes durante a elaboração do planejamento de atividades práticas envolvendo os EDCR, os quais serão devidamente discutidos posteriormente no texto. A identificação destes parâmetros representa uma contribuição favorável à superação de limitações existentes no laboratório tradicional e, assim, diminuir distorções históricas que abalroaram o laboratório didático e seu papel no ensino de ciências.

AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO CONTEXTO DO ENSINO SUPERIOR

Diferentemente da Educação Básica, em que as atividades experimentais estão voltadas quase que exclusivamente à aprendizagem de conteúdos de ciências, no Ensino Superior essas atividades passam a desempenhar um papel mais específico, caracterizando-se como ferramentas importantes para a formação científica e profissional dos estudantes. Para além de seu caráter didático, as práticas experimentais no ensino superior também contribuem para o desenvolvimento da autonomia científica e profissional, ao estimular



tomadas de decisões, a resolução de problemas complexos e o pensamento crítico (Candaş & Altun, 2023; Chunhao et al., 2025; Parreira & Dieckman, 2020).

Nesse contexto, o espaço do laboratório caracteriza-se como um local propício não somente para a articulação entre teoria e prática, mas também para o desenvolvimento de habilidades necessárias à formação e à futura atuação profissional. É neste ambiente que os estudantes são estimulados a formular e testar hipóteses, a planejar e a executar procedimentos de laboratório, a operar equipamentos, a fazer testes com materiais, entre outras habilidades. Paralelamente, essas atividades favorecem o desenvolvimento de competências associadas, por exemplo, ao trabalho em equipe, à comunicação científica e à gestão de tempo e recursos.

Apesar das diversas funções e contribuições atribuídas às atividades experimentais, o contexto de sua realização no ensino superior é atravessado por desafios que não estão diretamente relacionados à sua ausência e à infraestrutura insuficiente ou inadequada para sua realização. De modo geral, as universidades normalmente dispõem de laboratórios devidamente equipados e disciplinas específicas destinadas à prática experimental (Parreira & Dickman, 2020). Ainda assim, observam-se problemas na forma como essas atividades são realizadas, os quais, segundo Borges (2002), correspondem a uma distorção do verdadeiro propósito dos laboratórios didáticos. De acordo com o autor, as atividades experimentais têm sido realizadas na forma de um laboratório tradicional e os principais problemas por trás desse modelo são: a) os estudantes reconhecem apenas o propósito de verificar e testar teorias; b) importância exagerada atribuída aos resultados experimentais; c) entendimento equivocado da relação entre teoria e observação; d) as causas do erro não são investigadas; e) é visto como um local para ensinar um método científico infalível; f) roteiros fechados e pouco grau de liberdade para discussões.

As aulas de laboratório no Ensino Superior, embora fundamentadas pedagogicamente e orientadas por objetivos didáticos bem definidos, têm seu papel reduzido ao mero preenchimento de tabelas e construção de gráficos, procedimentos esses que esvaziam o significado e o objetivo da prática experimental. Resultados de uma pesquisa conduzida por Parreira e Dickman (2020) também apontam para uma distorção entre o papel do laboratório didático e aquilo que tem sido realizado na prática. O laboratório didático deveria ser um ambiente pedagógico que estimula a investigação, a resolução de problemas e o trabalho em equipe. Mas, de acordo com os autores, a função atribuída, tanto por estudantes quanto por professores, é a de “visualizar a teoria na prática”, caracterizando as aulas de laboratório como uma extensão das aulas teóricas.

Outro aspecto que merece destaque refere-se ao planejamento das atividades, que normalmente se resume a roteiros prontos que ficam disponíveis no laboratório para o professor e para os estudantes. No contexto de desenvolvimento dessa pesquisa, esses roteiros são utilizados por todas as turmas, sem levar em consideração suas particularidades. Além disso, apresentam uma estrutura fechada com uma sequência fixa de passos predeterminados, deixando pouco ou nenhum espaço para exploração, questionamento, realização de escolhas e discussão dos erros. Essa forma de planejamento impõe um caráter mecânico ao laboratório, passando a funcionar mais como um ambiente de execução de tarefas do que como um espaço de construção do conhecimento e de desenvolvimento de habilidades críticas e reflexivas.

Desse modo, apesar de diversos estudos apontarem as possibilidades e a importância das atividades experimentais para o ensino (Araújo & Abib, 2003; Disney et al., 2026; Ribau, 2025), os professores ainda não as utilizam com a frequência e os objetivos esperados. Embora os desafios associados à sua realização se manifestem de diferentes formas em contextos distintos, o fato de que mais investigações devem ser

conduzidas para propor alternativas a esses desafios e fazer com que seus resultados cheguem até os professores, nas escolas e nas universidades, não pode ser ignorado.

OS EXPERIMENTOS DIDÁTICOS CONTROLADOS REMOTAMENTE COMO UMA ALTERNATIVA

Com o avanço e a popularização das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), novas estratégias têm sido utilizadas como forma de contornar certos problemas de realização de atividades práticas no ensino – falta de estrutura e equipamentos, turmas demasiadamente lotadas, falta de tempo, currículo engessado, etc. Nesse cenário, diferentes recursos mediados por tecnologias, tais como simulações, vídeo-análises, análise de dados (coletados previamente) e laboratórios virtuais (Ali et al., 2022; Jaime & Leonel, 2024; Santos & Prudente, 2022; Silva et al., 2023), surgem como alternativas viáveis para diversificar o formato das práticas experimentais e cotejar certas dificuldades relacionadas ao tempo de realização, infraestrutura, número excessivo de estudantes, grau de investigação, entre outros.

Apesar das possibilidades oferecidas por essas tecnologias, é um equívoco pensar que sua inserção pontual é suficiente para que ocorram transformações no caráter pedagógico das atividades experimentais. O que se observa, em muitos casos, é na verdade a transposição de modelos tradicionais de aulas de laboratório para ambientes virtuais, ainda utilizando os mesmos formatos de roteiros, com pouca liberdade para discussão e investigação dos erros e com o único objetivo de testar teorias. Por essa razão, é necessário que as atividades mediadas por essas tecnologias sejam adequadamente planejadas e fundamentadas pedagogicamente para que possam cumprir seu papel na construção do conhecimento.

Entre as possibilidades oferecidas pelas tecnologias destacam-se os experimentos didáticos controlados remotamente (EDCR). Em suma, esses objetos correspondem a experimentos reais, com uma montagem próxima à dos experimentos tradicionais de bancada, que podem ser controlados e monitorados em tempo real e à distância através da internet. O acesso ao experimento é realizado por meio de uma interface web, na qual os utilizadores podem enviar comandos e receber as respostas dos experimentos. Uma das principais vantagens de um experimento didático controlado remotamente é o fato de que os usuários lidam com um sistema real, que está sujeito aos mesmos fatores que estão presentes nos experimentos tradicionais/presenciais, diferentemente das simulações computacionais (Caetano, 2019; Tulha et al., 2019). Ou seja, ao usar os EDCR, é necessário que o utilizador interaja diretamente com o fenômeno, realizando a leitura de instrumentos de medição, planejando os procedimentos de sua investigação, fazendo inferências a partir daquilo que é observado, entre outras ações que permitem o desenvolvimento de habilidades que estão normalmente associadas à utilização de um experimento clássico de bancada.

Além disso, a forma de mediação presente na utilização desses experimentos, como a internet e a interface web, pode contribuir para que outras habilidades sejam melhor desenvolvidas. Conforme apontam Caetano, Moreira e Oliveira (2022), a pessoa que:

realiza experimentos remotamente deve possuir uma compreensão avançada das informações que recebe – como essas informações são obtidas, as características dos instrumentos utilizados e suas limitações, a forma como esses instrumentos podem ser



afetados por fatores ambientais, etc. Deve ser capaz de reconhecer padrões de comportamento nos dados e relacioná-los com modelos teóricos, bem como identificar anomalias nesses padrões e explicá-las. (p. 2)

Embora algumas pesquisas tenham apresentado certas potencialidades relacionadas à utilização desses objetos (Caetano et al., 2024; Tulha et al., 2019; Vanegas-Guillén et al., 2023; Zhang et al., 2025), no âmbito do ensino, esse recurso é relativamente recente e existem aspectos a seu respeito que ainda não foram satisfatoriamente explorados. Nesse cenário, observa-se a ampliação de iniciativas voltadas ao desenvolvimento e à implementação de laboratórios remotos no Brasil. Entre elas, destaca-se o Laboratório Remoto de Ciências² da Universidade Federal de Itajubá (MG), que se dedica ao desenvolvimento de experimentos didáticos controlados remotamente em diferentes áreas das ciências, com o objetivo de democratizar o acesso a esses recursos e oferecer alternativas para enfrentar os desafios associados à realização de atividades experimentais no ensino.

CONTEXTO DE PESQUISA E PERCURSO METODOLÓGICO

Conforme mencionado anteriormente, o contexto desta investigação situa-se no âmbito de uma pesquisa de mestrado que está vinculada às ações do projeto Laboratório Remoto de Ciências ou, simplesmente, Labremoto. Esse projeto é desenvolvido por professores, estudantes de graduação e pós-graduação vinculados ao Instituto de Física e Química da Universidade Federal de Itajubá – Unifei (Brasil). Seu principal objetivo consiste no desenvolvimento de experimentos didáticos controlados remotamente que explorem fenômenos das áreas de física, química, matemática e astronomia.

Os experimentos do Labremoto encontram-se disponíveis de forma gratuita e podem ser acessados através de dispositivos com acesso à internet, em tempo integral (24 horas por dia, 7 dias por semana), de qualquer lugar do mundo. Uma de suas principais características consiste na possibilidade de realização de atividades orientadas por diferentes abordagens didáticas, com destaque para a abordagem investigativa, uma vez que os experimentos do acervo permitem não apenas a visualização de fenômenos, mas também a coleta e a análise de dados reais, possibilitando a interação direta com o fenômeno físico, e não com um modelo matemático.

A partir desse contexto, a presente investigação, de caráter qualitativo, buscou analisar as percepções de docentes relativamente às possibilidades que experimentos didáticos controlados remotamente podem oferecer para as aulas práticas no ensino superior. No que se refere à coleta de dados, foram utilizadas entrevistas semiestruturadas com oito docentes de uma universidade pública do estado de Minas Gerais (Brasil) que lecionam ou já lecionaram disciplinas de laboratório. Conforme aponta Flick (2008), o uso de entrevistas semiestruturadas permite certa flexibilidade para explorar o mundo do entrevistado sem a necessidade de uma ordem de formulação de perguntas, deixando que as mesmas, conforme as respostas dos entrevistados, sejam colocadas no momento mais adequado. A fim de validar o instrumento de coleta de dados, foi realizada uma entrevista piloto com um docente que também se enquadra no perfil dos docentes entrevistados.

² Disponível em: <https://labremoto.unifei.edu.br/>

O roteiro da entrevista apresenta quatro grandes blocos de perguntas. No primeiro bloco, buscamos levantar as concepções dos docentes relativamente às modalidades de atividades práticas existentes, suas características, limitações e potencialidades, além de compreender como suas aulas práticas eram conduzidas. No segundo, foram exploradas as concepções dos entrevistados sobre os problemas presentes na forma como as atividades experimentais são normalmente realizadas no laboratório tradicional e os encaminhamentos propostos por esses docentes. O terceiro bloco de perguntas teve o objetivo de identificar e explorar os conhecimentos e as experiências dos docentes no que se refere à utilização de experimentos remotos, mais especificamente aqueles pertencentes ao acervo do Labremoto, bem como suas potencialidades e limitações. Por fim, o último bloco se dedicava a direcionamentos e possibilidades para a utilização de experimentos didáticos controlados remotamente em aulas práticas.

A metodologia escolhida para a análise dos resultados é de natureza qualitativa e está apoiada na perspectiva de Miles e Huberman (1994), seguindo a organização dos dados em três etapas: redução, exibição e conclusão/verificação. A etapa de redução consiste em um processo de simplificação, na qual os dados são selecionados e simplificados em resumos organizados seguindo, então, para a etapa de exibição, na qual os dados são apresentados para uma análise sistemática das informações. Por fim, na última etapa, apresenta-se as discussões e conclusões relevantes extraídas dos dados analisados.

É importante destacarmos que houve autorização para o uso das respostas dos entrevistados, os quais foram devidamente esclarecidos sobre os aspectos dessa investigação. Além disso, o anonimato dos participantes foi preservado por meio de adequada codificação dos instrumentos de coleta e serão referenciados neste trabalho como “Entrevistados” por meio da letra “E” seguido de um número ‘n’, como por exemplo, “E1”.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados coletados por meio das entrevistas semiestruturadas com os docentes foram organizados para análise em quatro categorias:

1. *modalidades de atividades práticas* – analisar as concepções dos entrevistados no que se refere às modalidades de atividades práticas e identificar a forma como estes realizam suas aulas práticas;
2. *limitações do laboratório tradicional* – analisar as percepções dos entrevistados relativamente aos problemas presentes na forma como o laboratório tradicional é conduzido;
3. *experimentos didáticos controlados remotamente* – explorar as experiências e concepções dos entrevistados relativas à utilização de EDCR em aulas práticas, suas possibilidades e limitações;
4. *possibilidades para aulas práticas* – identificar direcionamentos e possibilidades para a utilização de EDCR em aulas práticas.

Os dados analisados foram organizados na Tabela 1, em que constam os agrupamentos citados anteriormente, nossas considerações e inferências e os dados que as justificam, na forma de excertos.



Tabela 1
Organização dos dados coletados

Agrupamentos	Considerações	Excertos
1. Modalidades de Atividades Práticas	<p>- Os entrevistados alegam que empregam principalmente a modalidade investigativa, exceto para cursos de engenharia;</p> <p>- Obstáculos para a utilização de atividades investigativas: falta de tempo, turmas superlotadas e desinteresse dos alunos e professores, resistência à novas metodologias e abordagens por parte dos estudantes, descompasso geracional no processo de ensino e aprendizagem, despreparo dos professores, etc.</p>	<p>E5: um professor que só está acostumado a verificar, não importa, ele sempre vai fazer um experimento de verificação. Ao passo que se o professor tiver um olhar mais amplo, eu acho que ele vai saber utilizar de diferentes formas [os experimentos], seja remotamente, seja presencialmente.</p> <p>E3: para engenharia não só com a carga horária, mas com a experiência que eu tenho do desinteresse (...) se eu der um problema aberto não vai funcionar (...) ele [aluno] quer ser passivo, não quer ter nenhum tipo de trabalho.</p> <p>E4: eu também sinto resistência dos próprios alunos. Os alunos também meio que entraram na conformidade do sistema, né? Eles chegam lá no horário do laboratório, querem fazer o experimento e pronto, eles não querem pensar sobre</p> <p>E6: a gente está tendo dificuldade de ensinar, do jeito que a gente aprendeu a ensinar (...) porque a velocidade de alteração das coisas é maior do que a velocidade de formação do indivíduo.</p> <p>E6: outro problema que eu vejo é também o nosso lado. A gente também não está preparado para dar uma aula assim</p>
2. Limitações do laboratório tradicional	<p>- Estudantes como meros reprodutores, aulas automatizadas, roteiros fechados, equipamentos caros e complexos, teoria e prática dissociadas, etc.</p> <p>- Estudantes modificam os dados para concordar com a teoria;</p> <p>- Pouco tempo e pouca possibilidade para discussão dos erros e resultados;</p> <p>- Aulas de laboratório são planejadas sem conexão com o cotidiano dos estudantes.</p>	<p>E4: a maioria dos laboratórios são laboratórios demonstrativos, ou seja, ele é construído para funcionar. Isso impede, talvez, uma das coisas mais interessantes do laboratório que é o processo reflexivo.</p> <p>E6: do jeito que são bolados [estruturados] os nossos laboratórios, eu acho que fica difícil fazer coisas muito diferentes (...) no sentido de deixar o aluno trabalhar mais à vontade.</p> <p>E6: eles ficam meio que aéreos na situação, eu acho que se perguntando mentalmente, para que serve isso para mim? Em que isso vai ajudar na minha formação?</p> <p>E7: eles vêm preparados para fazer, dar o resultado e fazer os dados se ajustarem à teoria.</p>

Agrupamentos	Considerações	Excertos
3. Experimentos Didáticos Controlados Remotamente	<p>- Todos os entrevistados conhecem os EDCR, mas apenas três deles já utilizaram em sala de aula;</p> <p>- Possibilidades oferecidas pelos EDCR: facilidade de acesso, flexibilidade de horário, redução de erros de medidas e leituras de instrumentos, sistema real sujeito às mesmas condições que um experimento tradicional de bancada, versatilidade didática, evolução iterativa dos experimentos;</p> <p>- Limitações dos EDCR: limitação do acervo e da montagem experimental, ausência de interação física com o experimento, falta de material de apoio disponível no site para o docente;</p> <p>- Alguns docentes parecem não discernir o erro na utilização de um instrumento de erros no processo de medição, o que são competências distintas;</p> <p>- Um dos entrevistados relatou não saber utilizar uma abordagem diferente da de verificação.</p>	<p>E1: tem essa facilidade de poder acessar e realizar os testes, analisar os resultados novamente</p> <p>E2: Você pode iniciar apresentando, por exemplo, que você usa isso na vida real. Por exemplo, você não vai pegar um astrofísico aqui no Brasil e levar ele para o Chile para observar. Hoje se faz isso com um smartphone, né? Então, já é uma experiência para eles de aplicação de experimentação remota que é bem legal.</p> <p>E3: vai ser mais rápido e mais direto. Como está tudo muito esquematizado, a chance do próprio aluno cometer um erro na coleta é menor.</p> <p>E5: sou fã do laboratório remoto. Primeiro porque ele lida com problemas reais. Não é uma simulação. Então, de fato é um laboratório de física controlado remotamente.</p> <p>E5: você pode usar o experimento remoto como demonstração, você pode usar como investigação. Eu acho que o fato de ser remoto não limita o tipo de aula que eu posso planejar</p> <p>E8: eu não acho que ele [laboratório remoto] substituiria o laboratório [tradicional] por enquanto. Principalmente porque eu acho que a Física já é muito abstrata. Então, acho que o laboratório didático é importante para ele [o aluno] pegar nos equipamentos, mexer nos equipamentos.</p> <p>E4: no laboratório [tradicional] se você põe de qualquer jeito o teu instrumento [de medida], você tem resultados errados. Então, eu acho que o aluno perde um pouco nesse quesito da coisa [experimento remoto] já vir toda pronta</p> <p>E2: eu acho que eu não sei fazer nesse contexto [investigação, roteiros abertos], com o laboratório remoto, algo diferente. Eu não sei utilizar o experimento para as possibilidades que ele fornece, né?.</p>
4. Possibilidades para aulas práticas	<p>- Contextualização com situações relacionadas ao cotidiano dos discentes e às suas futuras profissões;</p> <p>- Atividade em grupo;</p> <p>- Pedir que os alunos compartilhem suas experiências da realização da atividade ao invés de pedir um relatório;</p>	<p>E1: a gente poderia fazer um experimento em um grupo assim, eu acho que todo o grupo discutindo é mais proveitoso para os estudantes.</p> <p>E4: na tentativa de fazer esse processo mais reflexivo, eu proporia para os alunos tentarem fazer uma relação, por exemplo, com esse experimento [ER ondas estacionárias] e um violino, um instrumento que muitas vezes o aluno tem em casa. Então ele</p>



Agrupamentos	Considerações	Excertos
	- Os estudantes deveriam fazer uma autoavaliação de seu desempenho na atividade com o EDCR.	<p>consegue perceber que as cordas têm espessuras diferentes, o que leva a intensidades diferentes</p> <p>E5: o relatório é outra coisa que eu aboli porque é cópia da cópia. E hoje com internet chat GPT os alunos só copiam (...) uma coisa que eu tenho feito, são vídeos curtos (...) eu digo para a equipe: 'agora vocês vão gravar um vídeo de no máximo em 3 minutos, contando como foi a experiência e os resultados que vocês já tiveram.' Eles fazem ali na minha frente e os resultados são muito bons.</p> <p>E5: fazer o experimento remoto, simplesmente entrando lá na interface e fazendo, pode ser muito difícil para o aluno compreender todo potencial do experimento (...) Então, um vídeo permitiria ao professor e aos alunos se familiarizarem com o experimento, antes de fazer.</p>

Segundo o primeiro agrupamento da Tabela 1, parece existir um consenso entre os entrevistados de que atividades investigativas apresentam resultados mais significativos. Apesar disso, fatores como a falta de tempo acabam por limitar as opções que os docentes possuem. Além disso, as aulas de laboratório são desinteressantes para a engenharia, especialmente em turmas superlotadas, de forma que atividades tradicionais parecem ser mais viáveis, conforme pode-se perceber na resposta do entrevistado E3:

para engenharia não só com a carga horária, mas com a experiência que eu tenho do desinteresse (...) se eu der um problema aberto não vai funcionar (...) ele [aluno] quer que você escreva no quadro, ele quer ser passivo, não quer ter nenhum tipo de trabalho. (E3)

Aqui podemos identificar aquela que talvez seja a maior contribuição dos EDCR para o planejamento das atividades, a saber, o fato de poderem ser utilizados fora do horário de aula, a partir de qualquer dispositivo com acesso à internet. Essa característica é mais explícita no terceiro agrupamento, através do excerto da fala de E1, segundo a qual os EDCR apresentam “essa facilidade de poder acessar e realizar os testes, analisar os resultados novamente”, em contraste com as atividades tradicionais, em que os estudantes normalmente podem realizar o experimento apenas durante o horário de aula – o que ocorre normalmente uma única vez para cada experimento.

Mas os excertos apresentados no primeiro agrupamento nos levam a uma reflexão ainda mais profunda, concernente à formação dos professores. No bojo dessa reflexão, surge a seguinte questão: se não existissem as restrições de tempo para o uso de um experimento – algo que o EDCR poderia oferecer, por exemplo –, os professores fariam planejamentos diferentes? Nesse ponto, é preciso considerar o que é apontado por Freitas e Villani (2002), quando afirmam que os professores tendem a reproduzir o modelo tradicional de ensino, no qual as informações são transmitidas pelo docente e recebidas passivamente pelos estudantes. A reprodução do método tradicional está

diretamente relacionada ao fazer pedagógico que o professor já está acostumado a realizar diariamente em suas aulas e que, na maioria das vezes, pode apresentar uma forte relação com aquilo que os docentes vivenciaram no decorrer de sua formação, com as suas memórias, lembranças e conhecimentos construídos através da mediação de seus professores, desde a escola até o ensino superior (Tardif, 2002). Como os próprios entrevistados apontam:

um professor que só está acostumado a verificar, não importa, ele sempre vai fazer um experimento de verificação. Ao passo que se o professor tiver um olhar mais amplo, eu acho que ele vai saber utilizar de diferentes formas [os experimentos], seja remotamente, seja presencialmente. (E5)

É importante destacar ainda que tal dificuldade não se limita à permanência dos docentes em sua zona de conforto, ela também pode estar relacionada à ausência de formação para a realização de atividades práticas com caráter investigativo e, principalmente, que incentive os docentes a refletirem sobre a própria prática. Ao longo das entrevistas, foi possível identificar que alguns docentes reconhecem suas limitações nesse aspecto, demonstrando insegurança quanto à adoção de abordagens que rompam com os moldes tradicionais, como afirma o entrevistado E6: “outro problema que eu vejo é também o nosso lado. A gente também não está preparado para dar uma aula assim”.

Para que esse cenário seja revertido, os professores devem estar abertos a novas práticas e desafios, buscando constantemente atualização e aprimoramento de suas habilidades. Nesse sentido, a formação continuada caracteriza-se como um processo essencial para que o professor tenha contato com novas metodologias, diferentes abordagens de ensino, trocas de experiências e incentivo para refletir sobre a prática pedagógica. As instituições de ensino, por sua vez, podem desempenhar um papel mais direto nesse processo, incentivando os docentes a buscarem formação e oferecendo condições para que elas aconteçam.

Considerando o processo de formação continuada à parte, percebe-se aqui indícios que apontam para uma outra contribuição relevante dos EDCR, o planejamento coletivo de atividades práticas. Idealizamos, por um instante, um acervo virtual de EDCR que também ofereça ferramentas para que a comunidade de utilizadores – estudantes, professores, público não escolar – possa construir coletivamente propostas de experiências para fins didáticos, semelhantemente ao que ocorre, por exemplo, com a Wikipedia. Dessa forma, profissionais com diferentes perfis, educadores que atuam em diferentes níveis de ensino poderiam compartilhar sua experiência. Isso certamente contribuiria para a melhoria do ensino e para mitigar o impacto das deficiências na formação docente, até que haja tempo para que sejam remediadas.

Outro aspecto mencionado pelos entrevistados diz respeito ao interesse e à receptividade dos estudantes quanto à realização de práticas inovadoras, que fogem do modelo tradicional. Ao propor uma atividade investigativa, a mudança ocorre não apenas na condução da atividade pelo professor, mas também na postura do aluno, que deixa de ser um sujeito passivo, sendo estimulado a pensar criticamente, debater, interpretar dados, refletir e tomar decisões, assumindo um papel central no processo de ensino-aprendizagem. Por demandarem maior esforço e envolvimento, é comum que os estudantes demonstrem desinteresse e até mesmo resistência à sua realização. Esse comportamento foi mencionado como uma das justificativas para a não realização de atividades práticas investigativas, como é possível observar na fala do entrevistado E4: “eu também sinto resistência dos próprios alunos. Eles também entraram na



conformidade do sistema. Eles chegam no horário do laboratório, querem fazer o experimento e pronto, eles não querem pensar sobre”.

A fala acima provoca muitas inquietações relativamente à dinâmica do ensino no espaço do laboratório e a forma como as disciplinas práticas se consolidaram ao longo do tempo. Sabemos que essa consolidação se trata de um processo complexo, multifatorial, o que torna difícil explicar o porquê de os estudantes apresentarem tal postura. Entretanto, a fala parece sugerir que a dicotomia entre teoria e prática tornou-se ainda mais fulgente quando surgiram disciplinas específicas dedicadas para cada componente. Na universidade em questão – e nas universidades brasileiras, de uma forma geral – a componente teórica é tratada em uma disciplina, enquanto a parte prática fica restrita a outra. Essa dinâmica contribui para que o conteúdo seja tratado de forma inorgânica, em que teoria e prática são vistas de forma desarticuladas, controvvertendo a própria epistemologia da ciência.

Considerando, portanto, que os EDCR podem ser utilizados a qualquer momento, em qualquer lugar com acesso à internet, infere-se que uma contribuição valiosa desse recurso para o planejamento de atividades prático-experimentais consiste no fato de que o planejamento pode ser construído de forma mais articulada com a teoria. As atividades podem ser parcial ou totalmente, pontual ou fracionadamente realizadas conjuntamente com as aulas teóricas. Inclusive, estas podem ocorrer no espaço do laboratório e vice-versa.

Passemos agora para o segundo agrupamento, “Limitações do laboratório tradicional”. Os dados sugerem que todos os entrevistados têm consciência dos problemas normalmente enfrentados na realização de atividades práticas nos moldes tradicionais. Entre esses problemas destacam-se as aulas automatizadas, com roteiros extensos e cansativos, os estudantes ocupando o papel de meros reprodutores do roteiro, havendo pouca possibilidade de discussão sobre os erros experimentais e sobre a confiabilidade dos resultados obtidos. Podemos perceber que tais limitações apresentadas pelos docentes entrevistados estão de acordo com aquelas que são apontadas por Borges (2002).

Os excertos no segundo agrupamento corroboram problemas extensivamente discutidos na literatura, relacionados ao fato de que os laboratórios tradicionais foram, muitas vezes, estruturados apenas com o objetivo de demonstrar ou verificar teorias, funcionando como espaços pouco reflexivos, conforme aponta a fala de E4: “a maioria dos laboratórios são laboratórios demonstrativos, ou seja, ele é construído para funcionar. Isso impede, talvez, uma das coisas mais interessantes do laboratório, que é o processo reflexivo.”

Como alternativas para contornar esse problema, os docentes entrevistados mencionaram a necessidade de uma revisão curricular e estrutural das disciplinas experimentais. Entre as principais sugestões está o aumento da carga horária das disciplinas práticas, permitindo que os experimentos possam ser realizados com mais profundidade, com tempo suficiente para análise, discussão dos erros e reflexão, dando mais liberdade para o docente conduzir atividades mais abertas e investigativas. Esse é um aspecto particularmente interessante do ponto de vista desta pesquisa, pois indica que um dos fatores pelo qual os docentes prescindem das atividades investigativas refere-se à pouca carga horária. Portanto percebemos aqui mais uma contribuição significativa que os EDCR têm a oferecer para o planejamento – dessa vez uma contribuição indireta –, ao ampliarem o espaço e tempo das salas de aula, contribuem para viabilizar a execução de atividades investigativas, normalmente mais extensas que as atividades demonstrativas ou de verificação.

Isso também fica evidenciado por meio da fala do entrevistado E6: “do jeito que são bolados [estruturados] os nossos laboratórios, eu acho que fica difícil fazer coisas muito

diferentes (...) no sentido de deixar o aluno trabalhar mais à vontade.” Essa limitação faz com que as aulas de laboratório sejam planejadas e conduzidas de forma mecânica e desconectada da realidade e dos interesses dos estudantes, sem que eles compreendam seus propósitos, como pode ser observado na seguinte fala: “eles ficam meio que aéreos na situação, eu acho que se perguntando mentalmente: pra que serve isso pra mim? Em que isso vai ajudar na minha formação?” (E6).

Consideremos a partir de agora a terceira categoria, “Experimentos Didáticos Controlados Remotamente”. Todos os entrevistados já conheciam o recurso. Três deles já haviam utilizado em suas aulas e relataram terem obtido resultados satisfatórios. Nesse sentido, é conveniente esclarecer que, apesar de terem utilizado o recurso, não significa que tenham explorado o seu potencial. O entrevistado E2 declara: “eu acho que eu não sei fazer nesse contexto [investigação, roteiros abertos], com o laboratório remoto, algo diferente. Eu não sei utilizar o experimento para as possibilidades que ele fornece, né?”. Isso reforça aquilo que já foi mencionado: os professores tendem a reproduzir o método com o qual estão acostumados, evidenciando novamente a importância – e as vantagens – de um planejamento coletivo, o qual pode ter efeitos semelhantes aos de processos de formação continuada para os docentes.

É importante destacar que o fato do experimento ser remoto não representa uma imposição do ponto de vista pedagógico. Isso é especialmente verdadeiro para o caso dos EDCR pertencentes ao Labremoto, pois foram desenvolvidos com o objetivo de favorecerem práticas investigativas (Caetano, 2019), mas, no entanto, não eliminam a possibilidade das práticas demonstrativas e de verificação.

No terceiro agrupamento, um aspecto bastante interessante refere-se à possibilidade de trabalhar com situações que aproximam os estudantes de sistemas reais e explorar aspectos de seu cotidiano, sobretudo no contexto das novas tecnologias.

Trabalhos como os de Delizoicov et al. (2002) apontam para a importância de trabalhar com fenômenos que fazem parte da realidade dos estudantes, pois contribuem para uma aprendizagem mais significativa e facilitam a compreensão e aprendizagem de conceitos mais abstratos. Nesse sentido, os EDCR podem ser utilizados, por exemplo, para promover discussões relacionadas ao sensoriamento remoto, envio de sondas para a exploração de outros planetas, entre outros assuntos que podem ser mais atrativos e que aproximam os estudantes de aplicações reais desse recurso no dia a dia, como afirmou o entrevistado E2:

Você pode iniciar apresentando, por exemplo, que você usa isso na vida real. Por exemplo, você não vai pegar um astrofísico aqui no Brasil e levar ele para o Chile para observar. Hoje se faz isso com um smartphone, né? Então, já é uma experiência para eles de aplicação de experimentação remota que é bem legal. (E2)

Neste ponto deparamo-nos com uma descoberta surpreendente com respeito às contribuições dos EDCR para o planejamento de atividades práticas, nomeadamente a mediação enquanto objeto de aprendizagem. De fato, a utilização de experimentos remotos apresenta diversas peculiaridades, muitas delas diretamente associadas a processos que têm se tornado cada vez mais comuns na sociedade atual, sobretudo do ponto de vista profissional. Considere-se o exemplo citado anteriormente, de uma sonda interplanetária. A operação da sonda, os pormenores da sua comunicação, interpretar corretamente os dados enviados por ela, detectar anomalias em um conjunto de dados,



reconhecimento de padrões, um profundo domínio dos instrumentos à bordo da sonda; tudo isso faz parte de um rol de habilidades e competências que podem ser trabalhadas de forma mais acentuada em atividades envolvendo EDCR.

Os entrevistados destacaram ainda que o uso dos EDCR contribui para reduzir a dificuldade associada ao uso de alguns equipamentos e de alguns instrumentos que, frequentemente, é considerado complexo pelos estudantes: “vai ser mais rápido e mais direto. Como está tudo muito esquematizado, a chance do próprio aluno cometer um erro na coleta é menor.” (E3). Em alguns casos, os EDCR utilizam componentes eletrônicos (sensores) que auxiliam na realização de medidas de algumas grandezas físicas, como é o caso da corrente elétrica, do campo magnético, da intensidade sonora, entre outros. Em outros casos, a leitura é direta, feita pelo utilizador, como é o caso das medidas de ângulos no “trilho de ar”, ou de comprimento, em “ondas estacionárias”. Nesse ponto, deve-se clarificar que o emprego de sensores não elimina a necessidade/possibilidade de se trabalhar com os erros no processo de medição, da mesma forma como é feito com instrumentos digitais. Nesse caso, o estudante precisa conhecer as características do sensor – sensibilidade, resolução, classe de erro, etc – exatamente como faria com um instrumento digital.

Nos casos em que as medidas são feitas diretamente pelos estudantes, em instrumentos analógicos, com auxílio das câmeras, as discussões são padrão, empregando conceitos como menor graduação, menor incremento digital e limites de erro estatístico e sistemático. Vê-se, dessa forma, que a manifestação do entrevistado na fala acima refere-se muito mais às questões técnico-procedimentais do que às questões teórico-metodológicas, e a possibilidade de discussão dos erros em processos de medição continua sendo, portanto, uma contribuição dos EDCR para o planejamento de atividades.

Em relação às limitações associadas ao uso dos EDCR no ensino, um dos entrevistados relatou uma de suas experiências na qual os estudantes apresentaram dificuldades para compreender o que é um experimento remoto e os objetivos da atividade proposta, pois pensaram que se tratava de uma simulação e que seria utilizado apenas para observar o fenômeno. Isso nos leva a concluir que, para a realização de uma atividade prática com EDCR, talvez seja necessário incluir no planejamento um momento destinado à explicação e apresentação do recurso aos estudantes. Desta forma, poderão perceber que consiste em um equipamento real, através do qual é possível coletar dados, alterar e explorar parâmetros. Na fala do entrevistado E3 é possível perceber essa reflexão: “vamos admitir que o aluno nunca viu essa plataforma. Então tem que ensinar, mostrar para ele a plataforma, tem que mostrar a coleta. Ele não vai analisar os dados imediatamente”. Da mesma forma, é necessário fornecer ao professor uma explicação sobre o experimento, seja através de um material escrito ou de um vídeo sobre a montagem experimental, as funções do experimento e uma sugestão de aplicação, conforme aponta o entrevistado E2:

esse que eu abri aqui, o termometria, eu vi que tem um fio aqui, né? Eu fiquei pensando o que eu faria. Eu procuraria algum vídeo (...) talvez alguns materiais, talvez um tutorial me explicando [que] aquilo ali é um fio, você está esquentando o fio. Uma coisa básica, sabe?

A solução, evidentemente, consiste na disponibilização de materiais de apoio. Não se trata exatamente de uma limitação inerente aos experimentos e, no caso do projeto do Labremoto, não pode ocorrer devido ao fato de se tratar de um projeto relativamente novo no qual atua uma equipe reduzida.

Os docentes apontam ainda a impossibilidade de manipular fisicamente os equipamentos de medição ou de coleta e o próprio experimento. Embora os EDCR permitam o controle e o monitoramento em tempo real e o usuário tenha que realizar procedimentos de coleta de dados e ajustes de instrumentos, ainda que adaptados a um contexto remoto, a ausência do contato direto com os aparatos pode representar uma dificuldade no processo de ensino-aprendizagem, sobretudo em disciplinas como a Física, que exige um maior grau abstração. Nesse sentido, muitos docentes consideram o laboratório tradicional indispensável, por possibilitar uma experiência sensorial com os equipamentos:

Eu não acho que ele [o laboratório remoto] substituiria o laboratório [tradicional] por enquanto. Principalmente porque eu acho que a Física já é muito abstrata. Então eu acho que o laboratório didático é importante para ele [o aluno] pegar nos equipamentos, mexer nos equipamentos. (E8)

Para ilustrar a importância da interação física com o experimento em certos contextos, podemos considerar, por exemplo, o experimento “Anel de Thomson”. Em sua montagem presencial, é possível observar que o anel de alumínio sofre aquecimento devido à presença de correntes de Foucault. Os estudantes, ao manipularem o anel diretamente, podem perceber esse aquecimento por meio do tato, o que pode facilitar o processo de construção do conhecimento. Esse tipo de percepção sensorial, no entanto, não está presente na versão remota do experimento, como aponta um dos entrevistados:

por exemplo, com o Anel de Thomson na aula presencial você põe a mão e vê que o anel esquentou, mas no remoto é difícil (...) Então, eu acho que existem algumas limitações pelo fato de você usar uma transmissão via internet. Você está vendo uma imagem numa tela dimensional, é diferente de você estar no laboratório e mudar o ângulo, abaixar, olhar, pôr a mão. (E5)

É importante destacar que esse pensamento decorre de um equívoco comum entre os professores: a suposição de que o laboratório remoto tem como objetivo substituir o laboratório tradicional. Segundo os pressupostos educacionais que orientam o desenvolvimento do Labremoto, os EDCR não foram desenvolvidos para substituir o laboratório presencial, mas têm um caráter complementar, especialmente em contextos em que o acesso ao laboratório tradicional é inviável. À guisa de ilustração, podemos considerar situações em que os estudantes precisam interagir com equipamentos perigosos – radioativos ou de alta tensão, por exemplo. Ou ainda, restrições como aquelas impostas durante o auge da pandemia da Covid-19, em que as interações sociais tiveram que ser reduzidas. Cursos na modalidade de Educação a Distância (EaD), especialmente, podem beneficiar-se de experimentos com acesso e controle remoto. Esses são alguns dos contextos nos quais os EDCR figuram como uma alternativa viável. Além disso, considerando principalmente os desafios à realização de atividades práticas no ensino superior – tratados em seções anteriores –, os EDCR podem complementar o laboratório tradicional para ampliarem o seu tempo e espaço, ao passo que também amplia o leque de possibilidades didático-pedagógicas.

Outra limitação indicada pelos entrevistados aponta para o fato dos EDCR estarem previamente montados, nos quais a coleta de dados acontece por meio de comandos



enviados pela interface do usuário: “no laboratório [tradicional] se você põe de qualquer jeito o teu instrumento [de medida], você tem resultados errados. Então, eu acho que o aluno perde um pouco nesse quesito da coisa [experimento remoto] já vir toda pronta” (E4). Embora seja essencialmente correta a alegação do entrevistado, deve-se enfatizar que, nos laboratórios tradicionais da universidade em questão, as práticas ocorrem com experimentos que também estão previamente arranjados e a experiência já está definida de antemão nos roteiros. Assim, essa limitação denuncia uma falha dos laboratórios de forma geral, sendo que, no tradicional, refere-se mais a uma questão de cunho pedagógico. Dessa forma, se o foco da atividade – ou de uma etapa particular da atividade – estiver nos procedimentos de montagem do experimento, deve-se preconizar o uso do experimento tradicional. Os EDCR podem ser utilizados em etapas complementares, em que o foco esteja na coleta de dados, na experiência propriamente dita.

Por fim, a partir da quarta categoria (Possibilidades para aulas práticas) foi possível identificar alguns direcionamentos fornecidos pelos docentes para a utilização desse recurso em aulas práticas. A análise dos dados evidenciou que algumas ações antecedem o planejamento de atividades centradas em EDCR como, por exemplo, o conhecimento da turma para identificar suas necessidades pedagógicas e características, conforme mencionado pelo entrevistado E6: “eu procuro fazer o planejamento dependendo da maturidade da turma. Então, isso vai depender da disciplina”. Além disso, uma das principais preocupações apontadas pelos docentes diz respeito à necessidade de familiarização prévia dos estudantes com os EDCR. Por se tratar de um recurso relativamente novo no âmbito do ensino, é comum que os alunos apresentem dificuldades em compreender sua natureza, confundindo-o, muitas vezes, com uma simulação, sem entender adequadamente seu funcionamento ou os objetivos da atividade proposta. Diante disso, os docentes sugerem a inclusão de um momento introdutório voltado à apresentação do experimento, explorando a sua interface, as formas de controle do experimento e os procedimentos a serem realizados pelos estudantes na atividade, como afirma o entrevistado E5:

fazer o experimento remoto, simplesmente entrando lá na interface e fazendo, pode ser muito difícil para o aluno compreender todo potencial do experimento (...) Então, um vídeo permitiria ao professor e aos alunos se familiarizarem com o experimento, antes de fazer.

Para além dessa etapa inicial, outros direcionamentos relevantes foram apontados pelos docentes e, um deles, refere-se às características da atividade proposta que, por envolver o controle e o monitoramento remoto do experimento, permite, segundo os entrevistados, uma ênfase na aprendizagem do conteúdo, em vez de priorizar os procedimentos experimentais. Tal aspecto se justifica pelo fato de que os estudantes não precisam se preocupar com a montagem física do aparato, e as etapas de coleta de dados, embora ainda exijam atenção e rigor, são facilitadas por meio dos comandos enviados pela interface do usuário, como aponta o entrevistado E6: “eu inseriria um foco no aprendizado de conteúdo, porque o procedimento não vai ser tão fundamental assim”.

Outra característica sugerida pelos docentes para a utilização de atividades práticas com EDCR é a realização em grupos. Essa estratégia permite e estimula a troca de ideias entre os estudantes, amplia as oportunidades para discussão e análise dos resultados obtidos e seus significados, além de favorecer o desenvolvimento de habilidades sociais e a construção coletiva do conhecimento, como apontado na fala do entrevistado E1: “a

gente poderia fazer um experimento em um grupo assim, eu acho que todo o grupo discutindo é mais proveitoso para os estudantes”.

Os docentes sugerem ainda abolir o roteiro fechado e tradicional para trabalhar com um EDCR, para que os estudantes sejam estimulados a formular hipóteses próprias e desenvolver habilidades investigativas: “eu não faria um roteiro tão esmiuçado, porque não vai ter que fazer os procedimentos laboratoriais, mas seria um roteiro mais focado no que o aluno tem que prestar atenção, mais aberto” (E6). Em vez de apresentar um passo a passo rígido, semelhante a uma “receita de bolo”, seguido por uma análise quantitativa dos dados com o objetivo de verificar uma lei ou obter um resultado previsível pela teoria, devem ser propostas questões que exijam reflexão e discussão entre os estudantes para sua resolução.

Foram identificados ainda direcionamentos relativos à necessidade de planejar uma prática experimental contextualizada, vinculada a situações do cotidiano dos estudantes e às suas futuras profissões, aspecto que os docentes associam às possibilidades oferecidas pelos EDCR. Segundo os entrevistados, essa aproximação entre a prática experimental e os interesses ou vivências dos estudantes contribui para que as atividades práticas não estejam desconectadas do desenvolvimento de habilidades e da construção de conhecimentos necessários para a atuação profissional a ser vivenciada pelos estudantes, conforme ressalta o entrevistado E6: “eu acho que os laboratórios que a gente tava aplicando eram mais coisa da cabeça da gente do que necessidade para o curso, para formação dos engenheiros (...) você poderia fazer coisas mais direcionadas, né, para área deles.”

Por fim, os docentes também forneceram orientações relacionadas às formas de avaliação dos estudantes após a realização da prática experimental com o EDCR. No contexto das práticas tradicionais de laboratório, a avaliação geralmente se dá por meio da elaboração de um relatório, no qual os estudantes descrevem o procedimento realizado, apresentam os dados coletados, realizam a análise desses dados e verificam se os resultados confirmam a teoria estudada. Contudo, visando contrapor-se aos padrões inflexíveis e pouco investigativos de roteiros tradicionais e aproveitando a flexibilidade oferecida pelos EDCR, os docentes sugerem que, em vez de solicitar um relatório formal, cuja finalidade muitas vezes não é clara para os estudantes, seja proposto uma apresentação das experiências vivenciadas durante a atividade, acompanhada de uma autoavaliação de seu desempenho, conforme podemos identificar nas falas dos entrevistados E5 e E8:

o relatório é outra coisa que eu aboli porque é cópia da cópia. E hoje com internet chat GPT os alunos só copiam (...) uma coisa que eu tenho feito, são vídeos curtos (...) eu digo para a equipe: ‘agora vocês vão gravar um vídeo de no máximo em 3 minutos, contando como foi a experiência e os resultados que vocês já tiveram. Eles fazem ali na minha frente e os resultados são muito bons. (E5)

a avaliação para mim sempre é assim: eu acho que os alunos têm que aprender a ter um processo de autoavaliação de autocrítica. (E8)

Desse modo, as falas dos docentes entrevistados evidenciam que as possibilidades atribuídas ao uso dos EDCR vão além da realização da prática experimental, alcançando também o planejamento da atividade e dos processos avaliativos, o que reforça seu potencial para fomentar práticas mais reflexivas e investigativas no ensino superior.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os desafios associados às aulas práticas venham sendo apontados e discutidos há tempos, a realidade dos laboratórios no ensino superior permanece, em muitos casos, baseada em modelos tradicionais de organização e realização das atividades experimentais. Nesse contexto, recursos mediados pelas tecnologias passam a ser considerados como alternativas para auxiliar a contornar certos desafios, nomeadamente, cronogramas rígidos, roteiros inflexíveis e genéricos, e a impossibilidade de acessar experimentos em horários além daqueles alocados para a aula. Inserida nesse cenário, esta investigação buscou analisar as percepções de docentes acerca das possibilidades oferecidas por experimentos didáticos controlados remotamente para o desenvolvimento de aulas práticas no ensino superior.

De forma geral, os resultados sugerem que os experimentos didáticos controlados remotamente oferecem contribuições relevantes para o planejamento de atividades práticas de Ciências. Entre as principais contribuições identificadas, destacam-se: a) a flexibilidade de acesso ao laboratório; b) a viabilização de atividades investigativas; c) a ampliação das oportunidades para a discussão de erros; d) a articulação entre teoria e prática; e) a possibilidade de construção coletiva do planejamento; e f) a exploração mais aprofundada dos fenômenos estudados. Tais contribuições podem auxiliar na superação dos obstáculos apontados por Borges (2002), discutidos no início deste trabalho, além de favorecer o desenvolvimento de habilidades associadas à utilização desse tipo de recurso, conforme discutido nos trabalhos de Caetano (2019) e Caetano, Moreira e Oliveira (2022). Nesse sentido, os resultados apresentados ampliam essas discussões ao indicar que, no contexto do ensino superior, os EDCR podem favorecer um planejamento das atividades práticas mais flexível e aberto a diferentes possibilidades de exploração dos fenômenos estudados, incluindo abordagens de caráter investigativo.

Relativamente aos direcionamentos para a utilização de EDCR, foram apontados principalmente: i) a contextualização com situações relacionadas ao cotidiano dos discentes e às suas futuras profissões; ii) maior foco na aprendizagem do conteúdo; iii) a abolição de um roteiro fechado e tradicional para a realização de atividades centradas em EDCR; iv) a possibilidade de trabalho em grupo; e v) a versatilidade didática para trabalhar diferentes abordagens de atividades experimentais utilizando um EDCR. Em conjunto, tais direcionamentos indicam que o potencial dos EDCR não está associado apenas às características tecnológicas do recurso, mas também às escolhas didáticas realizadas durante o planejamento e a implementação das atividades.

Por outro lado, os resultados também apontam algumas limitações, entre as quais se destacam a limitação do acervo e das possibilidades de montagem experimental, a ausência de interação física direta com o experimento e a escassez de materiais de apoio disponíveis para auxiliar o docente. Tais limitações não invalidam as contribuições apresentadas, mas indicam que, para alcançar bons resultados, sua utilização requer um planejamento adequado e articulado tanto com as características das turmas às quais a atividade prática se destina quanto aos objetivos didáticos da mesma, além de considerar os direcionamentos para a utilização do recurso aqui apresentados. Ao mesmo tempo, essas limitações permitem problematizar uma possível compreensão dos EDCR como substitutos diretos das atividades experimentais presenciais. Os resultados sugerem, antes, que esses recursos apresentam possibilidades específicas, que podem auxiliar a contornar determinados desafios presentes nas práticas tradicionais de laboratório, mas que não reproduzem todas as dimensões da experiência presencial, particularmente aquelas relacionadas à interação física direta com os materiais e equipamentos.

Ressalta-se, por fim, que este estudo envolveu uma amostra reduzida, composta por apenas oito docentes de uma única instituição. Dessa forma, as possibilidades e contribuições identificadas devem ser compreendidas como indicativos e não como generalizações aplicáveis a diferentes contextos. Embora os resultados sinalizem possibilidades promissoras para o uso de EDCR no ensino superior, eles também apontam para a necessidade de investigações mais amplas, envolvendo um número maior de participantes e instituições, com vistas à validação dos resultados obtidos. Diante disso, recomenda-se ainda o desenvolvimento de novas investigações voltadas à concepção e ao *design* desses recursos, às formas de avaliação da aprendizagem em contextos remotos, às possibilidades de articulação com metodologias ativas e práticas colaborativas e às contribuições que tecnologias de inteligência artificial podem oferecer para o uso dos EDCR.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORES

Conceptualização: I. D. de Oliveira e T. C. Caetano; Metodologia: I. D. de Oliveira e T. C. Caetano; Validação: I. D. de Oliveira; Análise formal: I. D. de Oliveira; Redação do rascunho original: I. D. de Oliveira; Redação – revisão e edição: I. D. de Oliveira e T. C. Caetano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - Brasil (FAPEMIG) - pelo financiamento da pesquisa, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e aos participantes da pesquisa pelas informações e pelos dados fornecidos.

REFERÊNCIAS

- Ali, N., Ullah, S., & Khan, D. (2022). Interactive laboratories for science education: A subjective study and systematic literature review. *Multimodal Technologies and Interaction*, 6(10), 85. <https://doi.org/10.3390/mti6100085>
- Araújo, M. S. T. de, & Abib, M. L. V. dos S. (2003). Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(2), 176-194. <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5KjnXKgDsXw5Dy4R/?lang=pt>
- Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 291-313. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607>
- Caetano, T. C. (2019). Laboratório Remoto de Física: Uma montagem para os experimentos de acústica e hidrostática. *Sisyphus—Journal of Education*, 7(2), 92-118. <https://doi.org/10.25749/sis.17540>



- Caetano, T. C., Moreira, C. C., & Oliveira, I. D. de (2022). Desenvolvimento de um experimento didático operável remotamente para o ensino de termometria: Um método para a determinação do coeficiente de dilatação linear do cobre baseado em efeito Joule. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44, e20220125. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2022-0125>
- Caetano, T. C., Moreira, C. C., & Rezende Junior, M. F. (2024). Computer-Aided Experiments (CAE): A Study Regarding a Remote-Controlled Experiment, Video Analysis, and Simulation on Kinematics. *IEEE Transactions on Education*, 67(2), 245-255. <https://doi.org/10.1109/TE.2023.3349092>
- Caetano, T. C., Rezende Junior, M. F., Silva, A. P. da, & Moreira, C. C. (2022). The physics remote laboratory: implementation of an experiment on standing waves. *European Journal of Physics*, 43(2), 025801. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ac4978>
- Candaş, B., & Altun, T. (2023). Investigating flipped laboratory practices of science student teachers. *Journal of Turkish Science Education*, 20(1), 173-188. <https://doi.org/10.36681/tused.2023.010>
- Chunhao, C., Halim, L., & Arsad, N. M. (2025). Systematic Review and Conceptual Framework on Physics Laboratory Learning in Higher Education. *The International Journal of Science, Mathematics & Technology Learning*, 32(2), 261-286. <https://doi.org/10.18848/2327-7971/CGP/v32i02/261-286>
- Delizoicov, D., Angotti, J. A., & Pernambuco, M. M. (2002). *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. (5ª Edição). Cortez.
- Disney, C., Dennis, D.-M., & Legron-Rodriguez, T. (2026). From novice to expert: Student conceptual growth in understanding experimental error using a hands-on laboratory activity. *Science & Justice*, 66(2), 101399. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2026.101399>
- Flick, U. (2008). *Introdução à pesquisa qualitativa*. (3ª Edição). Artmed Editora.
- Freitas, D. de, & Villani, A. (2002). Formação de professores de ciências: um desafio sem limites. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(3), 215-230. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/559>
- Jaime, D. M., & Leonel, A. A. (2024). Uso de simulações: Um estudo sobre potencialidades e desafios apresentados pelas pesquisas da área de ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 46, e20230309. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0309>
- Kurtz, M., Benabbou, A., Pons, C., & Broisin, J. (2025). Collaboration in virtual and remote laboratories for education: A systematic literature review. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 20(4), 549-603. <https://doi.org/10.1007/s11412-025-09454-7>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. (2nd Edition). Sage.
- Parreira, J. E., & Dickman, A. G. (2020). Objetivos das aulas experimentais no ensino superior na visão de professores e estudantes da engenharia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42, e20200096. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0096>

- Ribau, I. (2025). The implementation of practical work in chemistry, along with the principles of green chemistry and sustainable chemistry, in Portugal. *Chemistry Teacher International*, 7(4), 657-680. <https://doi.org/10.1515/cti-2025-0034>
- Santos, M. L., & Prudente, M. (2022). Effectiveness of Virtual Laboratories in Science Education: A Meta-Analysis. *International Journal of Information and Education Technology*, 12(2), 150-156. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.2.1598>
- Silva, M. S. da, Heidemann, L. A., & Campomanes, R. R. (2023). Integração de atividades computacionais e experimentais: uma alternativa utilizando o paradoxo da queda livre. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 45, e20230082. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0082>
- Tardif, M. (2002). Saberes docentes e formação profissional. (17ª Edição). Vozes.
- Tulha, C. N., Carvalho, M. A. G. de, & Coluci, V. R. (2019). Uso de Laboratórios Remotos no Brasil: uma revisão sistemática. *Informática na educação: teoria & prática*, 22(2), 195-209. <https://doi.org/10.22456/1982-1654.90543>
- Vanegas-Guillén, O., Parra-Rosero, P., Muñoz-Antón, J. M., Zumba-Gamboa, J., & Dillon, C. (2023). Remote labs meet computational notebooks: An architecture for simplifying the workflow of remote educational experiments. *IEEE Access*, 11, 132496-132515. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3336287>
- Zhang, Y., Stöhr, C., Jämsvi, S. S., Kabo, J., & Malmqvist, J. (2025). Student Experiences of Hybrid and Online Engineering Labs in a Logic Control Course. *Computer Applications in Engineering Education*, 33(3), e70032. <https://doi.org/10.1002/cae.70032>

*

Received: February 2, 2026

Editorial Preliminary Review: March 2, 2026

Revisions Required: May 5, 2026

Accepted: July 22, 2026

Published online: October 30, 2026

