

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO EM CIRCUITOS ELÉTRICOS: UM RELATO COMPARATIVO NO ENSINO MÉDIO

Pedro Gonçalves¹, Maria Vitória de Goes², Beatriz Kauany Ribeiro³, Thábita Rodrigues de Jesus⁴, Herbert Alexandre João⁵

¹ Universidade de São Paulo/IFSC, pg.discente@usp.br

² Universidade de São Paulo/IFSC, mariavitoriagoes@usp.br

³ Universidade de São Paulo/IFSC, bk.ribeiro@usp.br

⁴ Universidade de São Paulo/IFSC, thabita.jesus@usp.br

⁵ Universidade de São Paulo/IFSC, herbert.joao@usp.br

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, pesquisas em Ensino de Física têm evidenciado limitações persistentes do modelo tradicional de ensino, predominantemente baseado em exposições orais, resolução de exercícios e transmissão sequencial de conteúdos. Apesar de amplamente difundida, essa abordagem tende a promover aprendizagem centrada na memorização, com baixa mobilização conceitual e pouca participação ativa dos estudantes (Carvalho, 2013; Hodson, 1998). Estudos nacionais e internacionais apontam que, especialmente em temas de eletrodinâmica, o ensino expositivo dialogado frequentemente não favorece a construção de modelos explicativos robustos, deixando concepções alternativas intactas e restringindo o desenvolvimento de habilidades investigativas (Moreira, 2017; Etkina & Planinšič, 2015).

Em contraposição, o Ensino de Ciências por Investigação (ECI) tem sido defendido como uma alternativa capaz de articular compreensão conceitual, práticas epistêmicas e engajamento dos estudantes em processos semelhantes aos da atividade científica. A literatura aponta que aulas investigativas, quando bem estruturadas, ampliam a capacidade de formular hipóteses, testar ideias, propor explicações e interpretar evidências, promovendo aprendizagem mais significativa e duradoura (Zômpero & Laburú, 2011; Krajcik & Blumenfeld, 2006). No campo do Ensino de Física, especificamente, a abordagem investigativa demonstra potencial para apoiar a compreensão de fenômenos eletrodinâmicos, permitindo que os estudantes manipulem circuitos reais, confrontam previsões com resultados e construam relações matemáticas a partir de dados empíricos (Carvalho & Sasseron, 2015; Etkina et al., 2006).

Diante desse cenário, este trabalho apresenta um relato de experiência cujo objetivo é comparar duas sequências didáticas sobre eletrodinâmica introdutória — uma baseada na metodologia de Ensino por Investigação e outra estruturada como aula expositiva dialogada tradicional. Os conteúdos abordados incluíram circuitos elétricos simples, resistência elétrica, curto-circuito e a Primeira Lei de Ohm. A comparação buscou analisar diferenças no engajamento dos estudantes, na mobilização de explicações e no desenvolvimento conceitual observado em ambas as propostas, contribuindo para o debate sobre a efetividade de práticas investigativas no ensino médio.

Assim, o presente relato pretende: (i) descrever a experiência de implementação das duas metodologias; (ii) analisar as interações, dificuldades e potencialidades observadas em cada abordagem; e (iii) discutir as implicações pedagógicas para o ensino de eletrodinâmica, com base na literatura especializada. A questão orientadora do relato é: que diferenças emergem, em termos de engajamento em práticas investigativas e compreensão conceitual, quando se trabalha circuitos simples na metodologia por investigação em comparação a uma aula expositiva dialogada? Espera-se, com isso, oferecer subsídios para professores e formadores que buscam transformar suas práticas didáticas à luz de perspectivas investigativas.

METODOLOGIA

A investigação foi desenvolvida em contexto escolar autêntico, envolvendo duas turmas da 3ª série do Ensino Médio da Escola Estadual Doutor Álvaro Guião, ambas pertencentes ao período matutino. As intervenções ocorreram em dias diferentes, de acordo com o calendário regular da instituição, garantindo que a participação dos estudantes fosse espontânea e integrada à rotina escolar. O estudo adotou um delineamento comparativo entre duas estratégias didáticas distintas, uma aula expositiva dialogada e uma sequência de Ensino por Investigação, de modo a observar como diferentes formas de organização do ensino influenciam a construção de conceitos fundamentais da Eletrodinâmica. Embora as duas turmas possuísem perfis gerais semelhantes em faixa etária, currículo e sequência de conteúdos, foram mantidas como grupos independentes para preservar a integridade metodológica, evitando contaminação entre abordagens e permitindo observar as respostas naturais de cada coletivo às metodologias propostas.

A primeira intervenção foi estruturada segundo a metodologia Expositiva Dialogada, articulando momentos de sistematização conceitual com questionamentos investigativos dirigidos aos estudantes. O objetivo central foi promover a estruturação dos conceitos de corrente elétrica, resistência e Primeira Lei de Ohm. Metodologicamente, o docente responsável realizou um planejamento prévio do esquema gráfico da lousa. A intervenção iniciou-se com perguntas geradoras, tais como “Onde encontramos corrente elétrica no cotidiano?” e “O que de fato é corrente elétrica?”. As respostas dos alunos serviram de âncora para a formalização do conceito de corrente, sendo definido como fluxo ordenado de portadores de carga por um meio condutor. Na sequência, discutiu-se o conceito de resistência elétrica, que pautou-se na problematização das propriedades dos materiais. O docente instigou a turma questionando a razão técnica pela qual as fiações residenciais são predominantemente compostas por cobre, indagando sobre a viabilidade do uso de outros elementos, como a borracha ou o alumínio, para essa função. A partir do diálogo sobre essas características, definiu-se a resistência elétrica como a medida da dificuldade que um determinado meio oferece à passagem da corrente. Essa abordagem permitiu explorar a distinção funcional entre condutores e isolantes, contextualizando o conceito físico com exemplos práticos,

como a roupa de segurança necessária para trabalhadores que manipulam redes de alta tensão. Em seguida, a sistematização da Primeira Lei de Ohm ocorreu mediante a apresentação do formalismo matemático $U = R.i$ no quadro. A explanação enfatizou a relação causal do fenômeno físico, desconstruindo a ideia de movimento espontâneo das cargas: o docente explicitou que o elétron necessita de uma diferença de potencial (tensão) para ser impulsionado, estabelecendo a tensão como a causa e a corrente como o efeito. A partir dessa premissa, analisaram-se as relações de dependência entre as grandezas na equação, discutindo como a variação da tensão ou da resistência impacta a intensidade da corrente elétrica. Essa etapa teórica foi fundamental para subsidiar a resolução do instrumento avaliativo, cujas questões demandavam o domínio dessas relações de proporcionalidade. Para a transposição didática da Segunda Lei de Ohm, empregou-se uma analogia cinestésica: utilizou-se um "corredor" formado por fileiras de cadeiras para demonstrar que passagens mais estreitas (menor área) ou mais longas (maior comprimento) dificultam o fluxo. Essa modelagem visual facilitou a compreensão das grandezas proporcionais na equação da segunda lei.

Observou-se que as interações verbais concentraram-se em um grupo focal de aproximadamente sete estudantes (situados nas fileiras frontais e centrais), enquanto os demais mantiveram uma postura de atenção passiva. Ao final, aplicou-se um questionário individual com quatro questões conceituais, cujos dados compõem a base para a análise comparativa com a aula de metodologia investigativa.

Do ponto de vista ético, os estudantes foram informados sobre a natureza acadêmica da atividade. Garantiu-se o anonimato dos participantes e a atividade contou com a anuência da gestão escolar, estando alinhada às práticas éticas.

A segunda intervenção foi realizada com uma turma de 29 estudantes e desenvolvida segundo a abordagem do Ensino por Investigação, seguindo os pressupostos discutidos por Carvalho (2013), Sasseron e Carvalho (2008) e Zômpero e Laburú (2011), que defendem a centralidade do problema, da formulação de hipóteses e da experimentação orientada para promover aprendizagem conceitual significativa. Antes da prática, os estudantes receberam uma breve aula teórica, cuidadosamente planejada para fornecer somente os elementos conceituais necessários para que pudessem interpretar o fenômeno posteriormente observado. Essa aula não incluía qualquer demonstração ou explicação sobre a montagem experimental, limitando-se a estabelecer os princípios físicos que serviriam de apoio cognitivo para o raciocínio investigativo. A escolha dessa estrutura não foi acidental: tratava-se de preservar o caráter genuinamente exploratório da atividade prática, impedindo que o professor antecipasse soluções e comprometesse o potencial de formulação de hipóteses dos estudantes.

Após essa preparação conceitual, a turma foi organizada em pequenos grupos e recebeu o desafio: acender uma lâmpada utilizando apenas uma pilha, um fio de cobre e a própria lâmpada. O experimento, frequentemente denominado “Acende ou Não”, é amplamente usado em propostas investigativas, pois permite que os estudantes construam modelos explicativos a partir da manipulação direta dos componentes e da observação dos efeitos gerados. Antes da entrega dos materiais, cada grupo registrou por escrito ou por meio de desenhos a hipótese de montagem do circuito. Essa etapa é fundamental em sequências investigativas, pois externaliza as concepções prévias dos estudantes e cria condições para que possam comparar previsões e resultados — processo central para a aprendizagem com reorganização conceitual, conforme discutido por Driver (1985) e Hodson (1992).

Os registros produzidos pelos grupos revelaram um conjunto diversificado de concepções espontâneas. Muitos estudantes representaram o circuito como se a corrente saísse de apenas um polo da pilha; outros conectavam o fio e a lâmpada sem fechar o percurso completo; alguns atribuíram ao gerador uma espécie de “lado mais forte”, sugerindo assimetria funcional entre os terminais; e houve ainda quem considerasse que o simples contato físico entre componentes seria suficiente para produzir luz. Esses equívocos são coerentes com o que a literatura descreve como concepções alternativas persistentes em eletricidade, indicando que ideias intuitivas sobre o comportamento da corrente nem sempre derivam de experiências escolares formais, mas de modelos mentais construídos em situações cotidianas.

Ao receberem os materiais, os estudantes iniciaram a fase prática com grande envolvimento. Observou-se uma mudança significativa no comportamento participativo: todos os integrantes do grupo se engajaram em tentar diferentes montagens, discutir possibilidades, comparar suas hipóteses iniciais com as evidências que emergiam e revisar coletivamente os raciocínios. A atividade provocou um ambiente dinâmico e colaborativo, caracterizado por questionamentos espontâneos, revisões sucessivas de estratégias e troca constante entre os grupos. Essa mobilização é coerente com o que Sasseron e Carvalho (2011) definem como indicadores de alfabetização científica, uma vez que os estudantes passaram a justificar suas escolhas, argumentar sobre possibilidades e utilizar linguagem mais precisa para explicar suas tentativas.

A mediação docente durante essa etapa foi deliberadamente discreta. As intervenções aconteceram por meio de perguntas abertas que direcionavam a atenção para aspectos essenciais do circuito, como continuidade, contato adequado e coerência entre o modelo e o fenômeno observado. Essa postura evitou interferências que comprometessem a autonomia investigativa, ao mesmo tempo em que oferecia suporte cognitivo para que os estudantes pudessem reorganizar suas ideias. Quando os primeiros grupos conseguiram acender a lâmpada, instaurou-se um movimento de disseminação espontânea das descobertas, o que contribuiu para ampliar o processo de revisão conceitual entre os demais grupos. A atividade foi encerrada com uma breve síntese conceitual conduzida pelo

professor, que procurou articular as observações práticas aos princípios teóricos apresentados anteriormente. Em seguida, aplicou-se o mesmo instrumento avaliativo utilizado na turma expositiva, assegurando comparabilidade entre os resultados.

Em todas as etapas da pesquisa, os estudantes foram informados sobre o caráter acadêmico da atividade, e a participação ocorreu com garantia de anonimato e autorização da gestão escolar. O desenvolvimento das intervenções respeitou integralmente a rotina das aulas e utilizou apenas os recursos disponíveis na instituição, conferindo autenticidade e pertinência ao cenário investigado. A análise posterior dos instrumentos permitiu não apenas comparar o desempenho das duas abordagens, mas também compreender como diferentes metodologias mobilizam distintos tipos de raciocínio conceitual e diferentes padrões de participação e engajamento dos estudantes.

Figura 1: Registro da montagem realizada pelos estudantes durante a atividade investigativa.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram obtidos por meio de um instrumento avaliativo aplicado aos dois grupos: Grupo A com a aula expositiva dialogada ($n = 23$) e Grupo B utilizando ensino por investigação ($n = 29$). A Tabela 1 apresenta o percentual de acertos em cada item, permitindo visualizar as tendências gerais de aprendizagem conforme a abordagem utilizada. A tabela a seguir traz uma síntese dos resultados por questão.

Tabela 1 – Percentual de acertos por item conceitual em cada metodologia

Questão	Conceito avaliado	Grupo A (Expositiva)	Grupo B (Investigativa)	Interpretação síntese
1	Função da pilha no circuito	95%	100%	Ambos os grupos compreenderam o papel do gerador; o contato direto com o componente reforçou a percepção funcional.
2	Significado de circuito fechado	65%	60%	Dificuldade persistente em ambas as turmas, com ligeira vantagem da expositiva; indica concepção alternativa resistente (Shipstone, 1984).
3	Relação entre resistência e corrente	55%	72%	Melhor desempenho no grupo investigativo, sugerindo que a manipulação e comparação empírica de lâmpadas facilitou a compreensão relacional.
4	Curto-circuito e segurança	70%	85%	A experimentação orientada ajudou os estudantes a compreenderem o fenômeno; reforça o potencial da EnCI para conceitos aplicados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação entre a aula expositiva dialogada e a aula baseada no Ensino de Ciências por Investigação permitiu identificar aprendizagens significativas tanto no desenvolvimento conceitual dos estudantes quanto na formação docente dos licenciandos envolvidos. Os resultados quantitativos e qualitativos evidenciaram que cada metodologia produziu avanços específicos e complementares, reforçando a importância de compreender as potencialidades e limites de diferentes abordagens no ensino de eletrodinâmica.

No âmbito da aprendizagem dos estudantes, observou-se que a aula expositiva dialogada mostrou-se eficaz na retomada de conceitos descritivos e na organização inicial das ideias sobre corrente elétrica, resistência e funcionamento básico de circuitos. A clareza da condução verbal e a estrutura sequencial da explicação favoreceram principalmente os conceitos de menor complexidade, como indicado nos altos índices de acerto da Questão 1. No entanto, a mesma abordagem apresentou limitações quando o conteúdo exigiu construção causal mais profunda ou ruptura com concepções alternativas, como evidenciado nas demais questões.

Por outro lado, a abordagem investigativa possibilitou aos estudantes uma relação mais direta com os fenômenos, favorecendo especialmente a compreensão de relações funcionais, como a dependência entre corrente, resistência e tensão. Essa aprendizagem, no entanto, mostrou-se sensível ao grau de orientação oferecida: quando as ações experimentais não foram acompanhadas por questionamentos estruturantes, parte dos estudantes apresentou dificuldades em formular conclusões conceitualmente adequadas — resultado consistente com pesquisas que discutem a necessidade de orientar o processo investigativo para evitar interpretações incompletas. Além

disso, ambas as metodologias apresentaram dificuldades diante de conteúdos altamente abstratos, como o estabelecimento do campo elétrico, reforçando limites estruturais que transcendem a natureza da abordagem didática.

No âmbito da formação docente, a experiência proporcionou aos licenciandos oportunidades valiosas de analisar suas escolhas metodológicas à luz de evidências empíricas. A vivência de planejar, aplicar e avaliar diferentes abordagens favoreceu o desenvolvimento de uma postura mais reflexiva, fundamentada não apenas em preferências pessoais, mas em critérios pedagógicos e na literatura especializada. Essa aprendizagem é particularmente relevante para futuros professores, que precisam compreender que metodologias não operam isoladamente, mas em diálogo com o contexto, o tipo de conteúdo e as necessidades reais dos estudantes.

Como implicação prática, a experiência reforça que o ensino de eletrodinâmica pode se beneficiar de propostas híbridas, que combinem exposição dialogada, útil para organizar conceitos iniciais, com momentos investigativos que são essenciais para promover compreensão relacional e reconstrução de modelos explicativos. A articulação consciente entre essas abordagens pode contribuir para uma prática docente mais sensível às especificidades conceituais da Física e mais alinhada às diretrizes contemporâneas de alfabetização científica.

Por fim, a análise conduzida sugere a importância de investir em planejamentos que incluam tanto estratégias de mediação verbal clara quanto oportunidades de experimentação orientada, reconhecendo que a aprendizagem significativa emerge não da predominância de uma metodologia sobre outra, mas da integração equilibrada entre diferentes formas de produzir sentido sobre os fenômenos físicos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES pelo apoio financeiro no âmbito do programa PIBID e à Escola Estadual Dr. Álvaro Guião e seus professores pela acolhida da equipe e abertura para o protagonismo dos licenciandos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, A. M. P. (Org.). Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Alfabetização científica e educação básica: práticas e procedimentos de investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 15, n. 3, p. 779–802, 2015.
- ETKINA, E. et al. Scientific abilities and their assessment. Physics Education Research, v. 2, p. 1–15, 2006.
- ETKINA, E.; PLANINŠIČ, G. Defining and Measuring Scientific Reasoning in Physics. International Handbook of Physics Education Research. 2015.
- HODSON, D. Teaching and Learning Science: Towards a Personalized Approach. Buckingham: Open University Press, 1998.

KRAJCIK, J.; BLUMENFELD, P. Project-based learning. In: The Cambridge Handbook of the Learning Sciences. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

McDERMOTT, L. C. How research influences physics teaching. American Journal of Physics, v. 61, p. 295–298, 1993.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: da teoria à sala de aula. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

SHIPSTONE, D. The development of children's ideas of electricity. International Journal of Science Education, v. 6, n. 1, p. 43–61, 1984.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. Investigações em Ensino de Ciências, v. 16, n. 1, p. 59–76, 2011.

VIENNOT, L. Reasoning in Physics: The Part of Common Sense. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Ensino por investigação: caminhos possíveis. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, v. 13, n. 3, p. 67–84, 2011.