

Instrumentação eletrônica como meio de experientiação e aprendizado da eletrodinâmica



Electronic instrumentation as a means of experiencing and learning electrodynamics

Kleber Saldanha de Siqueira 

Universidade Federal de Alagoas - UFAL

kleber.siqueira@cedu.ufal.br

Revista Processando o Saber

eISSN 2179-5150 · Vol 18, n. 01, 2026

Multidisciplinar · DOI · Revisão por pares

Faculdade de Tecnologia Praia Grande – FATEC

Períodicidade: Anual

revista@fatecpg.edu.br

Recebido: Jan 2026

Aceito: Mar 2026

Publicado: Jun 2026

URL: <https://www.fatecpg.edu.br/revista/index.php/ps/article/view/423>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19932564>



RESUMO

Este artigo, configurado num relato de experiência de natureza narrativa-descritiva, tem por objetivo apresentar os resultados de uma proposta de ensino da Eletrodinâmica baseada no uso de um osciloscópio e um gerador de sinais para o aprendizado e aprofundamento técnico dos conteúdos de eletricidade. Para isso, foi elaborada e aplicada uma Sequência Didática (SD) junto à disciplina Laboratório de Práticas Experimentais (LPE) em uma escola estadual pertencente ao Programa Alagoano de Ensino Integral (pALei), localizada no município de Arapiraca, Alagoas, com os estudantes do 3º ano A, focalizando os conteúdos básicos de Eletrodinâmica. Concluídas as atividades, constatou-se que o uso do osciloscópio, combinado com o gerador de sinais, reforçou o significado físico das variáveis elétricas analisadas pelos estudantes, melhorando a compreensão acerca do funcionamento do circuito fotocondutor, ao mesmo tempo demonstrando a viabilidade didática desses instrumentos na sala de aula.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de circuitos; Ensino de Física; Educação científica; Eletricidade e ensino; Instrumentação eletrônica.

ABSTRACT

This article, structured as a narrative-descriptive experience report, aims to present the results of a proposed teaching method for Electrodynamics based on the use of an oscilloscope and a function generator in the pursuit of substantive learning and technical deepening of the content. To this end, a Didactic Sequence (DS) was developed and implemented within the Experimental Practices Laboratory (LPL) discipline at a state school belonging to the Alagoas Integral Education Program (pALei), located in the municipality of Arapiraca, Alagoas, with students in the 3rd year A, focusing on the basic concepts of Electrodynamics. Upon completion of the activities, it was found that the use of the oscilloscope, combined with the signal generator, reinforced the physical meaning of the electrical variables analyzed by the students, improving their understanding of the functioning of the photoconductor circuit, while also demonstrating the didactic viability of these instruments in the classroom.

KEY-WORDS: Circuit analysis; Physics teaching; Science education; Electricity and education; Electronic instrumentation.

INTRODUÇÃO

As diferentes formas de tecnologia têm nos dias atuais mudado a forma como a sociedade vem se estruturando, levando à ressignificação de todos os processos dinâmicos que compõem a existência individual e coletiva (Costa Júnior, 2024). Esse panorama vem se firmando a partir das grandes revoluções tecnológicas vivenciadas pela humanidade, especialmente a revolução industrial, com o advento das máquinas e seu contínuo aperfeiçoamento, seguida dos avanços no estudo da eletricidade, este último conduzindo a sociedade rumo a novas formas de comunicação, organização da informação e controle de processos autômatos. Assim, dominar os princípios e as leis fenomenológicas da eletricidade representa importante passo para a compreensão e uso das novas formas de tecnologia dominantes na sociedade contemporânea. Para Siqueira (2025, p. 5):

Neste cenário, faz-se necessário o estabelecimento de estratégias didáticas para a consolidação da aprendizagem, baseadas na autorreflexão, capacitando o estudante a analisar aqueles conceitos e leis que regem os fenômenos elétricos, identificando como estes se apresentam no dia a dia e no desenvolvimento tecnológico.

Esta apropriação do conhecimento começa na escola, onde o estudante é apresentado aos primeiros conceitos e princípios capazes de explicar os fenômenos elétricos e suas relações com a natureza e uso tecnológico. No entanto, esta apresentação vem se caracterizando pela apresentação de problemas clássicos, conceituação superficial e algebrismo, com replicação de aulas experimentais focadas na simples apresentação de fenômenos, com pouca problematização e estímulo à prática. Diante disso, Cunha e Spohr (2024, p. 30) enfatizam que:

Muitos estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio possuem dificuldades na construção da aprendizagem em Física por limitações na contextualização, principalmente quando os métodos empregados apontam o desenvolvimento do raciocínio matemático, sem conectar os dados numéricos com os fenômenos naturais, limitando o desenvolvimento da compreensão e tornando o ensino abstrato.

Assim, considerando a necessidade do estudante compreender de forma profunda os rudimentos da Eletrodinâmica e seu ferramental algébrico para a compreensão plena de situações reais do seu dia a dia e resolução de problemas, faz-se necessário intervenções didáticas capazes de significar os conteúdos de eletricidade objetivando aproximar o estudante de situações práticas, em que o conhecimento teórico ganha visibilidade em ações coordenadas e tangíveis. Tais situações remetem a construção de circuitos eletrônicos a partir da problematização e uso de ferramental apropriado, tornando o arcabouço teórico substantivo e

interessante para o estudante. Aliada dessa prática, o uso de instrumentos de medição nas aulas de Eletrodinâmica possibilita ao estudante visualizar o comportamento estático ou dinâmico de componentes eletrônicos e circuitos práticos. Esse uso não só desperta a curiosidade do estudante, mas atenua a abstração quando os instrumentos utilizados desvendam o funcionamento de certo sistema eletrônico, fazendo o estudante compreender como as grandezas elétricas se inter-relacionam.

Dessa forma, este artigo, configurado num relato de experiência de natureza narrativa-descritiva, tem por objetivo apresentar os resultados da aplicação de uma Sequência Didática (SD) voltada para o estudo da Eletrodinâmica, na disciplina Laboratório de Práticas Experimentais (LPE), focalizando o uso do multímetro, do osciloscópio e do gerador de sinais para a análise funcional de um circuito fotocondutor, com os 29 estudantes do 3º ano A de uma escola estadual pertencente ao Programa Alagoano de Ensino Integral (pALei), localizada no município de Arapiraca, Alagoas. Considerando os elementos e orientações pedagógicas atinentes ao LPE, a SD elaborada e desenvolvida abarcou a exposição de conteúdos gerais de Eletrodinâmica, com a realização de atividades para a fixação dos conteúdos, atividades dinâmicas e atividades práticas baseadas no uso do multímetro, do osciloscópio e do gerador de sinais como instrumentos auxiliares para a análise funcional de um circuito fotocondutor, previamente construído pelos estudantes.

Este artigo está dividido em cinco seções, iniciando com esta introdução, sendo apresentados seus objetivos e motivações, seguido da seção dois onde é discutida a importância didática do uso de instrumentos de medição eletrônica, justificada sob o prisma da educação científica e das atuais prerrogativas voltadas para o ensino da Física e formação discente. O processo metodológico é discutido na seção três com detalhamento dos instrumentos de coleta de dados utilizados, da estrutura da SD, caracterização dos instrumentos de medição utilizados e do circuito fotocondutor analisado. Os resultados e discussões são apresentados na seção quatro, com foco na aquisição de habilidades, experiências e competências atinentes ao estudo da eletricidade. As principais conclusões são apresentadas na seção cinco, reunindo resultados característicos da prática de ensino conduzida e seus principais benefícios para o aprendizado substantivo dos estudantes.

1. INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA E POSSIBILIDADES PEDAGÓGICAS

A eletrônica se vale de instrumentos de medição com o objetivo de monitorar e obter o valor de grandezas elétricas fundamentais para o funcionamento adequado de circuitos e sistemas. Estes instrumentos possuem alcance e aplicabilidade adequada aos seus usos e propósitos, sendo incorporado a estas tecnologias operacionais de extrema precisão. Dentre estes o voltímetro, o amperímetro e o ohmímetro representam os instrumentos mais comuns utilizados nos laboratórios de eletrônica para a determinação da tensão, da corrente e da resistência elétrica em circuitos. O uso de cada um destes instrumentos requer adequada técnica, fornecendo sempre valores fixos em uma escala graduada com ponteiro (instrumentos analógicos) ou num *display* digital, nos equipamentos modernos. No entanto, com a sofisticação e melhorias destes instrumentos, o multímetro logo surgiu ganhando espaço e importância por incorporar múltiplas funções em um único aparelho. De amperímetro, voltímetro e ohmímetro, a capacitômetro, testador de diodos, transistores e medidor de temperatura, este instrumento, consolidou-se na eletrônica como ferramenta padrão nas bancadas de eletrônica.

Diferente do multímetro, muito pouco (ou nunca) usado nas aulas do Ensino Médio como instrumento didático nas aulas de Eletrodinâmica, o osciloscópio é o mais moderno e eficaz instrumento de medição eletrônica presente nas bancadas de laboratórios de eletricidade, na indústria e centros técnicos de manutenção, automação e controle. Sua funcionalidade é ampla e permite a visualização em tempo real dos sinais elétricos presentes num circuito, seja ela DC ou AC. Esse alcance torna o osciloscópio um instrumento diferencial na busca ou mapeamento de anomalias em circuitos eletrônicos, permitindo melhor entendimento e apreciação das características elétricas da quase totalidade dos componentes eletrônicos presentes em vários circuitos, como também experimentos físicos com resposta espectral como enfatiza Magno *et. al* (2004). Mais sofisticado que o multímetro, cujo uso requer noções básicas de utilização, sendo suas funções extremamente dedutíveis, o osciloscópio exige maior compreensão técnica, devido aos seus vários comandos, necessários para o enquadramento preciso dos sinais elétricos associados a um componente ou sistema eletrônico.

Sua aplicabilidade como meio de transposição didática no Ensino Médio requer momento adequado para sua apresentação e manuseio das funções básicas pelo professor, sendo possível para o estudante reconhecê-las rapidamente, uma vez que os modernos osciloscópios digitais trazem em sua tela diversas informações e suas respectivas associações com as teclas e botões do painel de controle, facilitando o manuseio. Destarte, segundo Ziady (2024) em notícia publicada no portal CNN Brasil (2024), com o fortalecimento da indústria metalúrgica,

automotiva e elétrica chinesa, com aumento significativo do volume de produtos desse país em todo o mundo e conseqüente barateamento dos equipamentos eletrônicos, principalmente motivado pela atual competitividade comercial entre a China e os EUA, os produtos chineses, incluindo fabricantes de osciloscópios, muitos destes portáteis, têm ganhado espaço no mercado mundial, facilitando a aquisição e uso deste equipamento por pesquisadores, técnicos e laboratórios de pesquisa.

Assim, com a aquisição de um osciloscópio digital, em geral de pequenas dimensões e boa portabilidade, como destacam Mendes, Martin e Barbosa (2008) (portátil ou de bancada) o professor tem a possibilidade de apresentar para os estudantes a real forma de onda de um sinal elétrico dependente do tempo, facilitando a compreensão dos fenômenos e funcionalidades do circuito analisado, uma vez que o comportamento temporal destes sinais estão diretamente relacionados com os elementos construtivos e funcionais do circuito. Além disso, sendo possível a visualização de funções trigonométricas do tipo *seno* ou *coseno* na tela do osciloscópio, através do uso de um gerador de sinais (geralmente presente na maioria dos modelos osciloscópios digitais atualmente comercializados) integrado ao osciloscópio, o professor pode explorar as diferentes propriedades matemáticas dessas funções, explicando seu comportamento periódico, deslocamento, fase, amplitude, como também parâmetros físicos como a frequência e o período. Assim, o osciloscópio torna não apenas possível a visualização da forma de onda desses sinais, como também a realização de atividades experimentais instigadoras baseadas na análise de circuitos em que os sinais de entrada (*input*) e saída (*output*) em um circuito ou componente são monitorados e estudados a partir da mudança nos valores e no tipo de sinal (forma de onda) de entrada, permitindo observar a resposta do circuito e/ou componente escolhido.

No entanto, sendo inacessível a utilização de um osciloscópio digital convencional, é possível realizar a construção de interfaces semelhantes com *kits* Arduino de baixo custo, estas, desempenhando boa parte das funções presentes em um equipamento físico. Cardoso, Silva e Segundo (2017, p. 189) demonstram esta possibilidade com o uso de poucos materiais, sendo sua montagem e utilização adequadas para fins didáticos, o que segundo os autores, “*pode ser uma alternativa viável para análise de sinais, no qual os estudantes podem verificar circuitos simples*”. De maneira alternativa, Faria, Ribeiro e Gontijo (2020, p. 132) discutem a possibilidade de implementação de um gerador de sinais virtual utilizando o software LabVIEW, o que para os autores, “permite aos professores e alunos maior praticidade e flexibilidade em aulas práticas, já que é bem mais compacta e permite a implementação de diversos instrumentos em um único ambiente”. Semelhantemente, Ferreira, Lins e Cavalcanti

(2008) apresentam um osciloscópio desenvolvido também no software *LabVIEW*, com grande potencial de uso e adequação didática.

O uso de softwares e ferramentas virtuais representam uma alternativa para os diferentes contextos de ensino em que a aquisição de equipamentos se mostra custosa ou inviável, sendo importante para o professor analisar a viabilidade de cada possibilidade e como estas podem incorrer em benefícios para sua prática docente. Ademais, o uso de ferramentas digitais no estudo da eletricidade converge para os atuais princípios da educação científica, priorizando o letramento digital e o uso racional da tecnologia. Nesse aspecto, Siqueira (2023b) defende que o *“letramento na sua forma digital deve ser seguido por habilidades que proporcionem a imersão do sujeito no universo digital, permitindo o aprendizado através das ferramentas virtuais”*, permitindo inferir que o aprendizado em ciências mediado por interfaces digitais depende deste letramento em especial.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa se configura num relato de experiência com abordagem qualitativa-descritiva, em que a narrativa do pesquisador se soma à análise dos dados inerentes à prática de ensino, constituindo meio sistêmico para a observação analítica do processo de ensino e aprendizagem. Foi realizada durante as atividades de ensino do componente diversificado LPE, presente no itinerário formativo do pALei, em vigor no estado de Alagoas. Destacamos que este relato de experiência observou os princípios éticos da pesquisa educacional, sendo preservadas as imagens dos estudantes e suas identidades, ao mesmo tempo que os dados reunidos restringem-se unicamente à pesquisa científica. Nesse sentido, houve momento de conscientização junto à escola *lócus* e aos estudantes, estando todos de acordo com as finalidades deste relato. As atividades pedagógicas do LPE são normatizadas por instrução originada em material pedagógico formulado pela Gerência de Fortalecimento da Educação Integral e Complementar do Ensino Médio (GEFETI) da Secretaria de Estado da Educação de Alagoas (SEDUC-AL). Nesse sentido, o documento define que o LPE e outros laboratórios do programa priorizem:

[...] que os estudantes investiguem, reflitam, proponham e ressignifiquem conhecimentos, promovendo a interação direta com saberes científicos conectados ao cotidiano, permitindo assim que os estudantes reflitam sobre o que é popularmente dissolvido no senso comum (Alagoas, 2025, p. 5).

Dessa forma, destacamos que a SD elaborada e aplicada no LPE junto aos estudantes do 3º ano A da escola *locus* da prática de ensino, decorre de tal instrução, sendo sua organização e conteúdo de caráter autoral, produzida pelo próprio professor-pesquisador. A SD desenvolvida, foi dividida em quatro momentos: o primeiro (a) priorizando a temática central de discussão de cada aula, (b) seu desenvolvimento em sala, (c) as atividades de fixação realizadas e (d) os critérios avaliativos associados a cada atividade proposta. Como atividades de fixação dos conteúdos foram solicitados pequenos questionários, a produção de textos, a resolução de problemas e a produção de HQs (histórias em quadrinho), estimulando a diversidade avaliativa do processo. O Quadro 1 apresenta a SD desenvolvida e aplicada durante o 3º bimestre letivo de 2025, com carga horária total de 20h.

Quadro 1: Sequência didática desenvolvida com os estudantes do LPE.

Tema de discussão/carga horária	Desenvolvimento	Atividades de fixação do aprendizado	Aspectos avaliativos
Escolha do tema pelos estudantes considerando o documento norteador do LPE. Duas horas/aula	Debate em que os estudantes são apresentados aos possíveis temas de estudo, ponderando sua importância e viabilidade ao longo do bimestre letivo.	Votação sobre o tema, sendo escolhida a temática: “ <i>Desenvolvimento da ciência e tecnologia</i> ”.	Observação e análise socio interacional dos estudantes quanto à escolha do tema e estímulo ao dialogismo.
Importância da eletricidade para a humanidade e seus aspectos desenvolvimentistas. Duas horas/aula	A partir da apresentação histórica e aspectos fenomenológicos da eletricidade, os estudantes foram levados a descrever o percurso científico e tecnológico da eletricidade até o final do século XIX, contrapondo cenários, disputas, desafios e posicionamentos dos principais estudiosos deste período, permitindo reconhecer como o conhecimento acerca dos fenômenos elétricos foi construído.	Produção em dupla de uma HQ contemplando um cenário histórico, personalidades científicas e um fenômeno elétrico importante naquele cenário.	Análise das HQs produzidas buscando verificar pontos de coerência com a temática estudada, criatividade e congruência com os parâmetros de produção.
Revisão sobre medidas elétricas e instrumentos básicos de medição (amperímetro, voltímetro e multímetro). Duas horas/aula	A partir dos conhecimentos prévios dos estudantes acerca dos instrumentos básicos de medição advindos da disciplina de Física, esses foram reestudados de forma aprofundada, incluindo o multímetro como possibilidade prática, reunindo diversos instrumentos de medição em apenas um único aparelho. Ao mesmo tempo,	Em duplas, os estudantes foram orientados a resolver quatro problemas envolvendo o uso de aparelhos de medição, especialmente o amperímetro e o voltímetro, identificando o valor de grandezas elétricas em circuitos com múltiplas malhas.	Assertividade quanto a resolução das questões, organização, compreensão adequada do funcionamento dos aparelhos de medição elétrica considerados, nível de diálogo entre as

	foram apresentados problemas técnicos em que o uso adequado do multímetro se mostra importante.		duplas formadas e participação.
Seminário de estudos e debates. Duas horas/aula	Objetivando consolidar os conhecimentos sobre eletricidade adquiridos na disciplina de Física, os estudantes foram divididos em grupos de 4 ou 5 integrantes para apresentação, debate e resolução de problemas acerca de um tema específico sobre eletricidade. <i>Grupo 1 - Osciloscópio e gerador de funções/sinais: importância e utilização.</i> <i>Grupo 2 - Capacitores e aplicabilidade.</i>	Os grupos 1 e 2 apresentaram suas temáticas de estudo, desenvolvendo postura didática, organização, diálogo e resolução de questões junto ao coletivo da sala de aula.	Análise dos pontos avaliativos considerados: clareza, postura, apresentação organizada das ideias, domínio teórico e matemático dos temas apresentados e interatividade.
Idem à coluna acima. Duas horas/aula	Sequência das apresentações do seminário de estudos contemplando os grupos 3 e 4. <i>Grupo 3 - Multímetro: características e utilização.</i> <i>Grupo 4 - Diodos semicondutores e aplicabilidade.</i>	Os grupos 3 e 4 apresentaram suas temáticas de estudo, desenvolvendo postura didática, organização, diálogo e resolução de questões junto ao coletivo da sala de aula.	Análise dos pontos avaliativos considerados: clareza, postura, apresentação organizada das ideias, domínio teórico e matemático dos temas apresentados e interatividade.
Idem à coluna acima. Duas horas/aula	Sequência das apresentações do seminário de estudos contemplando os grupos 5 e 6. <i>Grupo 5 - Resistores e aplicabilidade.</i> <i>Grupo 6 - Fotocondutividade e aplicações.</i>	Os grupos 5 e 6 apresentaram suas temáticas de estudo, desenvolvendo postura didática, organização, diálogo e resolução de questões junto ao coletivo da sala de aula.	Análise dos pontos avaliativos considerados: clareza, postura, apresentação organizada das ideias, domínio teórico e matemático dos temas apresentados e interatividade.
Atividade prática em grupo. Duas horas/aula	Com o objetivo de consolidar o aprendizado conceitual dos estudantes acerca do uso de instrumentos de medição elétrica e análise de circuitos, estes foram organizados em grupos com o objetivo de analisar um pequeno circuito fotocondutivo, criado por eles mesmos ao longo do ano letivo, utilizando para isso um	Os grupos 1 e 2 organizados no seminário de estudos e debates, analisaram o funcionamento de um circuito fotocondutivo sob diferentes regimes de funcionamento (tensão/sinal de alimentação senoidal), do circuito, considerando as perguntas específicas	Análise dos pontos avaliativos considerados: utilização adequada dos instrumentos de medida, domínio teórico e matemático dos problemas e capacidade de solucionar problemas eventuais.

	gerador de sinais/função e um osciloscópio digital.	presentes na atividade de cada grupo.	
Idem à coluna acima. Duas horas/aula	Participação dos grupos 3 e 4 na atividade prática com acompanhamento pelo professor.	Os grupos 3 e 4 organizados no seminário de estudos e debates, analisaram o funcionamento de um circuito fotocondutivo sob diferentes regimes de funcionamento (tensão/sinal de alimentação tipo onda quadrada), do circuito, considerando as perguntas específicas presentes na atividade de cada grupo.	Análise dos pontos avaliativos considerados: utilização adequada dos instrumentos de medida, domínio teórico e matemático dos problemas e capacidade de solucionar problemas eventuais.
Idem à coluna acima. Duas horas/aula	Participação dos grupos 5 e 6 na atividade prática com acompanhamento pelo professor.	Os grupos 5 e 6 organizados no seminário de estudos e debates, analisaram o funcionamento de um circuito fotocondutivo sob diferentes regimes de funcionamento (tensão/sinal de alimentação tipo onda dente de serra), do circuito, considerando as perguntas específicas presentes na atividade de cada grupo.	Análise dos pontos avaliativos considerados: utilização adequada dos instrumentos de medida, domínio teórico e matemático dos problemas e capacidade de solucionar problemas eventuais.
Avaliação da aprendizagem com trabalho em dupla. Duas horas/aula	Os estudantes foram organizados em duplas objetivando a realização de uma atividade de integralização da aprendizagem.	Buscando mapear o aprendizado dos estudantes diante das diferentes etapas da sequência didática aplicada, foi realizado um trabalho em dupla, em que aspectos funcionais específicos do osciloscópio e do gerador de sinais eram considerados em um problema envolvendo um circuito resistivo.	Participação ativa dos estudantes, colaboração entre pares na resolução do problema, domínio conceitual, assertividade e engajamento.

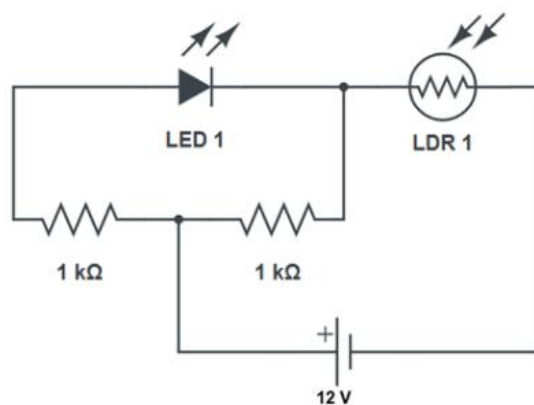
Fonte: Autor (2025)

Com o objetivo de dimensionar o aproveitamento dos estudantes durante as atividades do LPE, foram propostos três momentos avaliativos. O primeiro, baseado na assertividade e congruência das atividades de fixação da aprendizagem realizadas pelos estudantes nas aulas, para o qual foi atribuída a nota individual N_I , onde ($0 \leq N_I \leq 10,0$), sendo N_I a média aritmética da soma das notas alcançadas pelo estudante em todas as atividades de fixação realizadas. O segundo momento considerou o desempenho dos estudantes, organizados em grupos de 4 a 5

integrantes, durante a ministração de um seminário de estudos e debates, no qual os estudantes discutiram tópicos e temas sobre eletricidade (vide Quadro 1 segunda coluna), sendo considerados os seguintes critérios avaliativos nesta etapa: (a) clareza, (b) postura, (c) apresentação organizada das ideias, (d) domínio teórico e matemático dos temas apresentados e (e) interatividade. Para este seminário foi atribuída a nota N_2 , para cada grupo ministrante, onde ($0 \leq N_2 \leq 10,0$).

O processo avaliativo foi concluído com a realização de atividades personalizadas, com os grupos anteriormente organizados, contemplando o uso do multímetro, do osciloscópio e do gerador de sinais como meio de realização da atividade, contemplando os seguintes critérios de desempenho: (a) utilização adequada dos instrumentos de medida, (b) domínio teórico e matemático dos problemas, (c) capacidade de solucionar problemas eventuais, (d) colaboração entre pares e (e) uso racional do tempo. Nessa etapa foram utilizados um multímetro Hikari HM-2023, um osciloscópio FNIRSI-1014D, um gerador de sinais Minipa MFG-4201A, uma fonte de tensão variável YAXUN PYI-1502DD+ e um circuito fotocondutor produzido pelos estudantes em momento anterior à prática relatada neste trabalho. O circuito é apresentado na Figura 1.

Figura 1: Circuito fotocondutor produzido pelos estudantes ao longo das atividades do LPE.



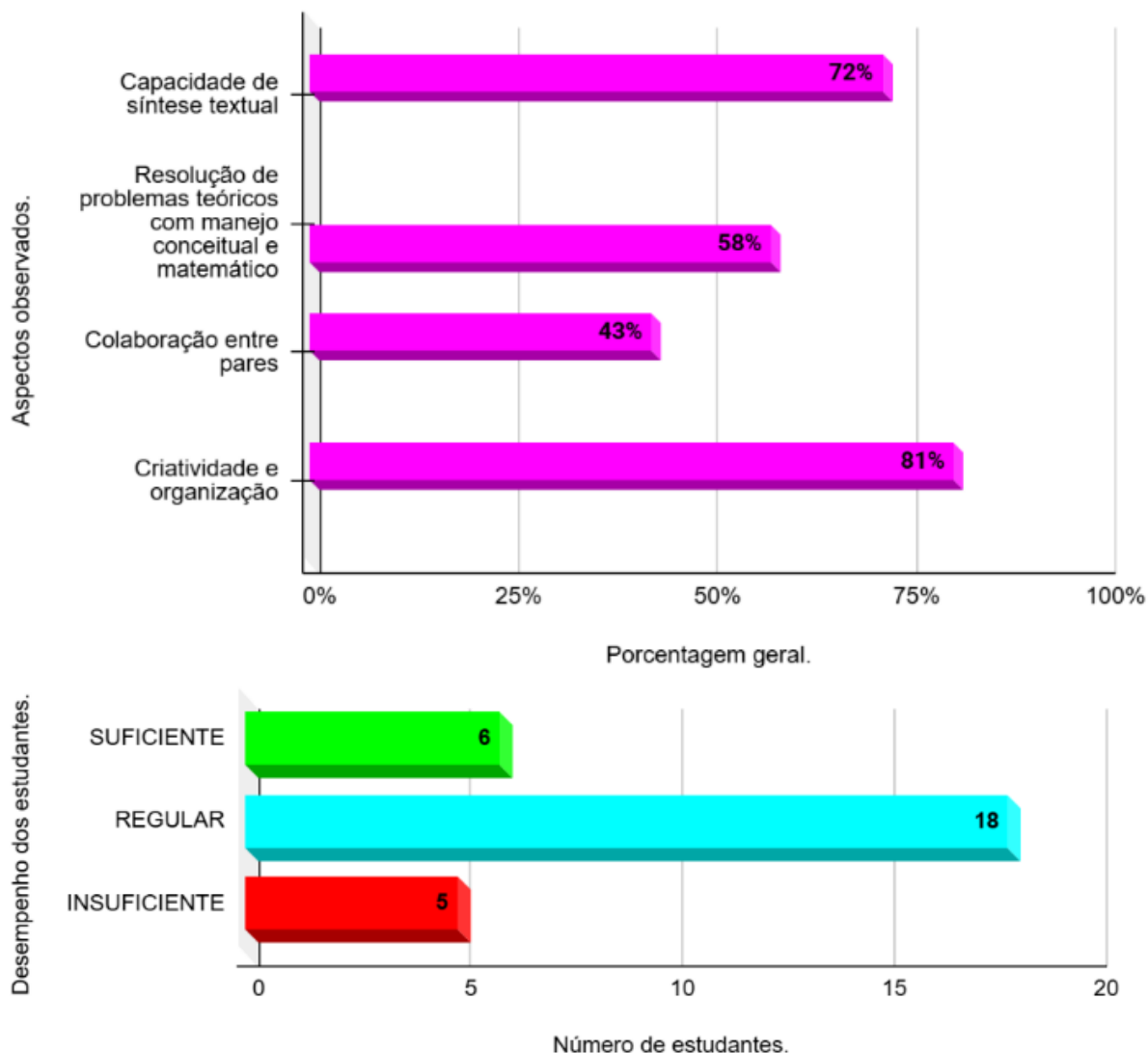
Fonte: Autor (2025).

Para este momento foi atribuída a nota N_3 , para cada grupo participante, onde ($0 \leq N_3 \leq 10,0$). Para o desempenho global/individual do estudante, foi atribuída a nota $N_G = (\sum_{i=1}^3 N_i)/3$, onde ($0 \leq N_G \leq 10,0$). Para as notas N_1 , N_2 , N_3 e N_G , foram atribuídos os intervalos de desempenho (a) insuficiente para ($0 \leq [N_1, N_2, N_3, N_G] \leq 4,9$), (b) regular para ($5,0 \leq [N_1, N_2, N_3, N_G] \leq 7,9$) e (c) suficiente para ($8,0 \leq [N_1, N_2, N_3, N_G] \leq 10,0$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento das aulas planejadas na SD contemplou atividades de fixação da aprendizagem, voltadas principalmente para a compreensão de conceitos e aspectos gerais dos temas e conteúdos abordados. Priorizou-se a diversidade dessas atividades, cada qual buscando o estímulo de habilidades e competências (capacidade de síntese textual, resolução de problemas teóricos com manejo conceitual e matemático, colaboração entre pares, criatividade e organização) pelos estudantes. De forma geral, todos os estudantes demonstram tais capacidades, sendo a capacidade de síntese textual e a criatividade e organização as mais acentuadas. Com relação à resolução de problemas teóricos, os estudantes demonstraram razoável domínio das leis e princípios da eletricidade, com boa compreensão conceitual e manipulação algébrica coerentes. No entanto, poucos estudantes foram capazes de colaborar de forma adequada com seus pares quando da realização de atividades em dupla, sendo recorrente situações em que um estudante desempenhava mais atribuições que o outro, levando a momentos de ajustes e orientações acerca de tal conduta. Os Gráficos 1 concentra a distribuição das habilidades e competências demonstradas pelos estudantes nesta fase.

Gráficos 1a e 1b: a) (em primeiro) Habilidades e competências demonstradas pelos estudantes durante a realização das atividades de fixação dos conteúdos. b) (em segundo) notas N_i alcançadas pelos estudantes, sendo observado predomínio do desempenho regular, ou seja, $5,0 \leq [N_i] \leq 7,9$.



Fonte: Autor (2025)

Os seminários de estudos e debates consistiram em momentos em que os estudantes, de maneira autônoma e protagonista, apresentaram e discutiram temas importantes do conteúdo de Eletrodinâmica delimitados na SD, objetivando: (a) consolidação de conceitos, (b) dirimir dúvidas dos outros estudantes por meio de um ambiente de proximidade entre pares, (c) discutir novos temas, subsidiando conhecimentos para as etapas subsequentes da proposta de ensino. Nesse sentido, os estudantes foram divididos em grupos, cada qual incumbido de apresentar um tema em específico. Iniciando esta etapa das atividades, o grupo 1 composto por cinco integrantes, trouxe o tema: *Osciloscópio e gerador de funções/sinais: importância e utilização*. A figura 2 destaca a apresentação do grupo, marcada pela organização e didaticidade.

Figura 2: Grupos 1 (à esquerda) e 2 (à direita) apresentando seus temas de discussão.



Fonte: Autor (2025).

A apresentação contou com o uso de recursos multimídia, em que o osciloscópio e o gerador de sinais foram exaustivamente conceituados de forma técnica, com especial atenção para suas aplicações e características. O grupo também demonstrou excelente domínio teórico acerca do funcionamento dos equipamentos, ao mesmo tempo apresentando exercícios e problemas de fixação diretamente relacionados com a aplicabilidade dos equipamentos, permitindo inter-relacionar conteúdos de séries anteriores, principalmente voltados para o estudo das funções e ondas. Vale destacar o predomínio da exposição unidirecional do grupo, com baixa interação com seus pares presentes na sala. O grupo 2, também representado na figura 2, composto por quatro integrantes, foi responsável pela discussão do tema: *Capacitores e aplicabilidade*.

Semelhantemente ao grupo 1, o grupo 2 se valeu de recursos multimídia para apresentar de maneira precisa os diferentes tipos de capacitores e seu funcionamento, permitindo visualizar de forma clara, como as cargas elétricas são armazenadas em suas placas, distinguindo, seus diferentes formatos, materiais e dielétricos, facilitando a compreensão acerca da influência desses fatores nas suas aplicações. O grupo 2 trouxe dois problemas, o primeiro voltado para o cálculo da capacitância equivalente de um circuito e o segundo envolvendo o cálculo da energia armazenada nessa mesma associação. O grupo demonstrou razoável manejo conceitual, paralelamente ao emprego correto do ferramental matemático, com eventuais momentos de dúvidas e imprecisões rapidamente dirimidos pelos próprios integrantes do grupo. A apresentação também foi marcada pelo unidirecionalismo, com baixa interação com os outros estudantes que acompanhavam a apresentação. De forma geral, o grupo 2 exibiu razoável organização, didaticidade e distribuição adequada do tempo entre seus integrantes, permitindo a discussão ampla dos principais pontos inerentes ao tema explorado. Os grupos 3 e 4,

destacados na figura 3, com o primeiro composto por cinco integrantes, foi responsável pelo tema *Multímetro: características e utilização*, teve sua apresentação marcada pelo uso de recursos multimídia e resgate dos conteúdos de Eletrodinâmica da disciplina de Física, conceituando de forma precisa o multímetro e suas aplicações técnicas.

Figura 3: Grupos 3 (à esquerda) e 4 (à direita) apresentando seus temas de discussão.

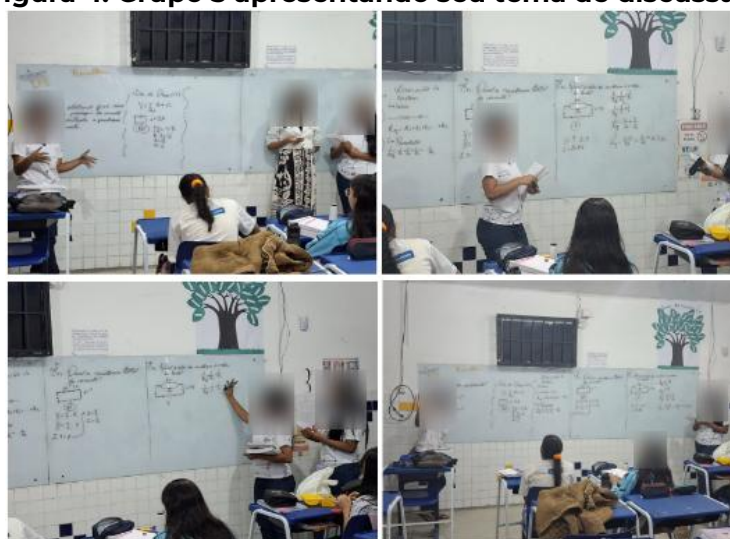


Fonte: Autor (2025).

Durante a apresentação do tema, o grupo 3 focalizou as várias funções do equipamento, formas corretas de utilização e cuidados durante o uso, principalmente quando da medição de sinais DC ou AC. Também foram discutidas as principais vantagens e desvantagens dos equipamentos analógicos e digitais, com especial atenção para o erro de paralaxe, característico dos equipamentos analógicos, sendo importante para o operador estar posicionado de maneira correta diante do mostrador do equipamento para evitá-lo. O grupo 3 também desenvolveu dois problemas voltados para o uso do multímetro, no qual era necessário medir a corrente e a tensão em determinados trechos de um circuito resistivo previamente descrito, sendo possível enfatizar o uso adequado do instrumento e o resgate dos conteúdos de Eletrodinâmica oriundos aulas de Física. Além disso, os integrantes do grupo trouxeram um multímetro para a visualização e uso pelos outros estudantes. Ao final da apresentação, o grupo desenvolveu uma atividade interativa com o restante da sala, objetivando recapitular as ideias e conceitos trabalhados durante o momento da apresentação, reforçando a dinamicidade e didaticidade do grupo. De forma geral, o grupo 3 interagiu fortemente com a sala de aula, conseguindo direcionar a atenção dos seus pares para o tema em discussão de maneira adequada e estratégica. Desenvolvendo tema singular para o Ensino Médio, o grupo 4 discutiu sobre: *Diodos semicondutores e aplicabilidade*. O grupo explorou de maneira organizada os recursos multimídia disponíveis, melhorando a compreensão acerca das características e usos tecnológicos do diodo.

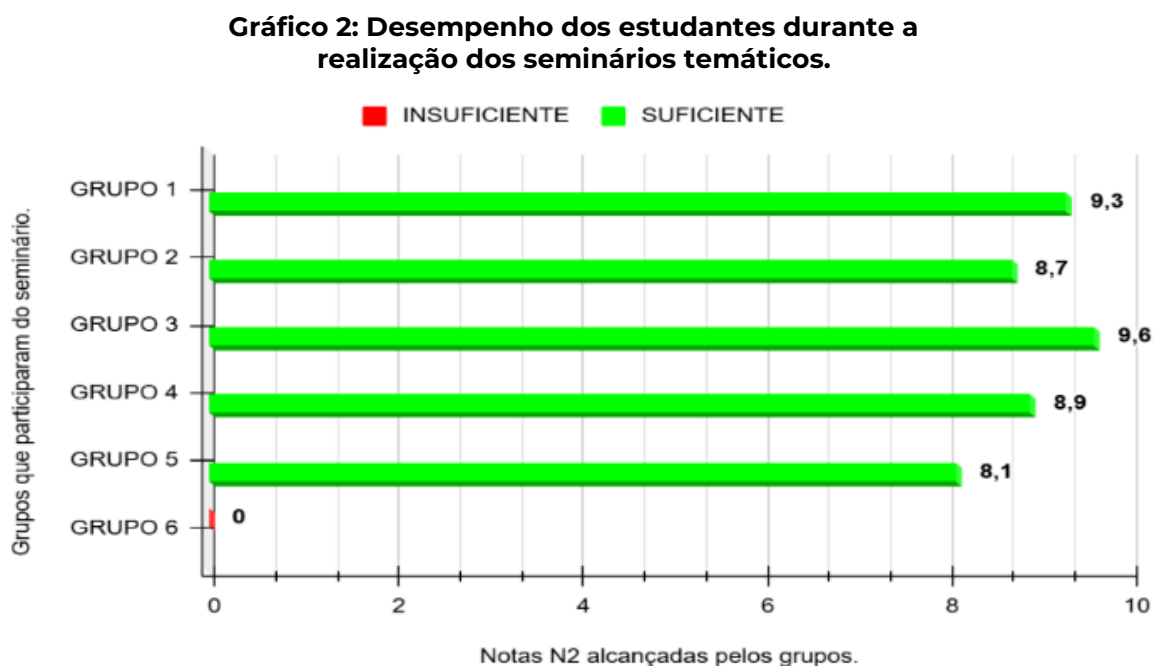
Mesmo diante da complexidade do tema, o grupo 4 foi capaz de conceituar assertivamente o que são diodos e suas diferenças quando comparados a outros componentes eletrônicos, com destaque para sua composição química, dopagem e mecanismos de condução elétrica. O grupo 4 demonstrou boa organização e divisão equalizada do tempo de apresentação entre seus integrantes, sendo capaz de explicar importantes aplicações do diodo como a retificação da corrente AC para DC. Como forma de consolidação das ideias apresentadas, o grupo solucionou dois problemas práticos. No primeiro problema, buscava-se determinar a tensão de operação do diodo na iminência da condução, quando diretamente polarizado. Neste problema, o grupo utilizou vastos conceitos já explorados nos conteúdos de Eletrodinâmica na disciplina de Física e algebrismo adequado. O segundo problema, mais complexo, buscou encontrar o valor da tensão de saída de uma ponte retificadora de onda completa, conhecendo-se o valor da tensão de pico no secundário de um transformador diretamente ligado à ponte. Este problema, de caráter técnico, exigiu a aplicação direta de fórmulas, com pouca interpretação física, constituindo-se num problema excessivamente numérico. O grupo demonstrou pouca interação com seus pares durante a apresentação, apesar da boa didaticidade e clareza na exposição das ideias. Desenvolvendo tema já conhecido por seus quatro integrantes. O grupo 5, representado na figura 4, revisitou o estudo dos resistores, discutindo: *Resistores e aplicabilidade*. O grupo não utilizou qualquer recurso multimídia, limitando-se ao uso do quadro, com boa didaticidade e organização das ideias centrais do tema.

Figura 4: Grupo 5 apresentando seu tema de discussão.



Fonte: Autor (2025)

De forma geral, o grupo demonstrou razoável domínio dos conceitos e relações matemáticas necessárias para a caracterização dos circuitos resistivos, solucionando adequadamente dois problemas em que a resistência equivalente de uma rede resistiva mista era solicitada, ao passo que no segundo problema, as correntes em seus diversos ramos deviam ser calculadas. Marcada pela unidirecionalidade, a apresentação do grupo incorreu momentos de nervosismo por parte de um dos integrantes, o qual não soube administrar emocionalmente sua postura diante dos estudantes que apreciavam o seminário. Isso prejudicou a resolução dos problemas, gerando lacunas na organização didática. De forma geral, o grupo demonstrou resiliência e continuidade, mesmo diante das eventualidades ocorridas, concluindo a apresentação de maneira adequada e dentro do tempo estipulado. É importante frisar que, sendo a temática discutida pelo grupo 5 já conhecida pelos estudantes, oportunizou-se nesse momento uma revisão deste conteúdo, buscando a melhoria e o aprendizado dos participantes, dada a necessidade de conhecerem adequadamente os rudimentos funcionais destes circuitos, os quais formam a base do estudo da eletricidade. O grupo 6, incumbido do tema *Fotocondutividade e aplicações*, formado por quatro integrantes, optou por não participar dos seminários de estudos e debates. O Gráfico 2 reúne as notas N_2 obtidas pelos grupos ao final dos seminários. Para a determinação destas notas, foram considerados os critérios avaliativos presentes na SD (vide Quadro 1).

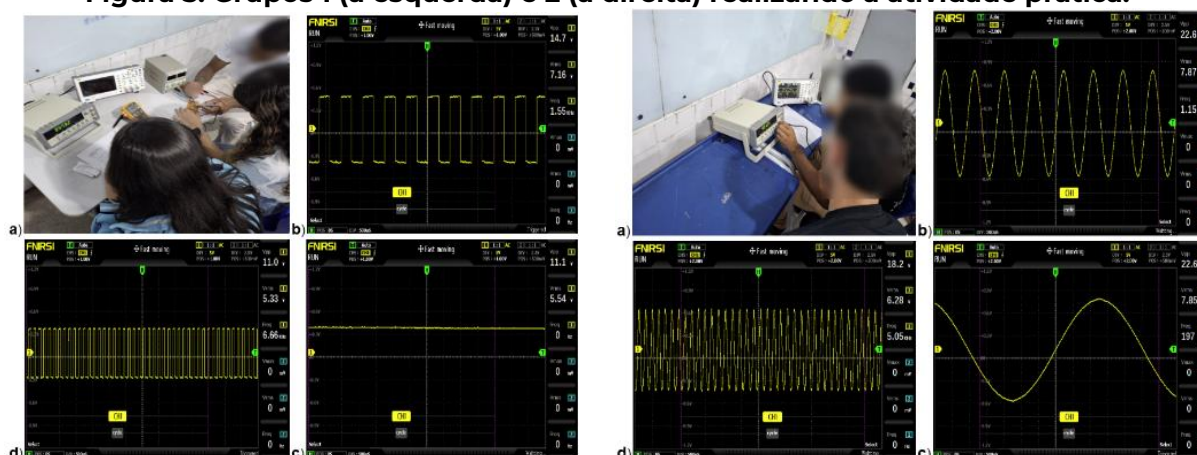


Fonte: Autor (2025)

Observando o gráfico, percebe-se que a quase totalidade dos grupos apresentou desempenho suficiente, ou seja, $(8,0 \leq [N_2] \leq 10,0)$, permitindo inferir que os estudantes possuem conhecimentos, habilidades e competências para o desenvolvimento de atividades baseadas no uso de instrumentos de medição. Apreende-se tal resultado como consequência das várias atividades de fixação realizadas antes dos seminários, permitindo explorar dúvidas, consolidar aprendizados e aprofundar conceitos. Concluídos os seminários, as atividades práticas de análise do circuito fotocondutor da figura 1, com os instrumentos de medição foram iniciadas. O grupo 1 realizou a atividade de forma organizada atentando para as perguntas e orientações da atividade, a qual solicitava, com o uso do multímetro, a medida do valor da tensão de entrada do circuito, em seguida o valor da resistência elétrica do LDR quando do pleno funcionamento do circuito. Durante as medições o grupo esboçou dificuldades no manuseio do multímetro, principalmente diante das teclas e nomenclaturas dos comandos, situação rapidamente mitigada pela orientação do professor-pesquisador.

Ambas as medições foram realizadas assertivamente, ao mesmo tempo que, quando indagados acerca do baixo valor da resistência do LDR quando do circuito acionado, discorreram corretamente acerca da variação dessa resistência quando o componente sofre com a incidência de luz, reduzindo significativamente sua resistência elétrica. De forma imediata, quando perguntados acerca do valor da resistência do LDR quando protegido da luz, os estudantes previram um valor elevado, capaz de bloquear a corrente no LED, hipótese confirmada após a medição do valor da resistência do LDR nessas condições.

Figura 5: Grupos 1 (à esquerda) e 2 (à direita) realizando a atividade prática.



Fonte: Autor (2025).

Semelhantemente, determinaram de forma correta o valor da tensão entre os terminais do LED durante o funcionamento do circuito, demonstrando progressivo domínio das funções e técnicas de medições com o aparelho. Na sequência da atividade, o grupo foi solicitado a

conectar a saída principal do gerador de sinais no canal X (canal 1) do osciloscópio, sendo necessária a escolha e conexão correta de um cabo apropriado. Ao realizarem este passo, foram perguntados acerca das características do sinal que surgia na tela do osciloscópio. Neste caso, os estudantes visualizaram um perfil de onda quadrada com frequência de 1,55 kHz, com tensão pico a pico equivalente a 14,7V e valor médio 7,16V. Este sinal foi pré-configurado para a respectiva atividade, diferindo para cada um dos grupos. Os integrantes do grupo conseguiram calcular de forma correta o período do sinal exibido, quando fixada a frequência de 6,6 kHz, recordando que período e frequência são grandezas inversamente proporcionais. Quando perguntados acerca das características do sinal observado, conseguiram inferir corretamente que sua amplitude permanece constante, ao passo que seu comprimento de onda diminui. Finalizando a atividade, os integrantes do grupo foram orientados a ligar, simultaneamente, o circuito fotocondutor ao gerador de sinais e ao osciloscópio através de um cabo especialmente confeccionado para tal, sendo indagados acerca do comportamento do LED quando o circuito é alimentado por um sinal senoidal de intensidade aproximadamente igual a 11,1V, sendo a frequência do sinal variada num intervalo multiplicativo de 10 kHz a 100 kHz.

Ao responder esta pergunta, os estudantes conseguiram visualizar o LED piscando na mesma frequência do gerador, porém com o sinal observado na tela do osciloscópio se confundindo com o traço contínuo. Isso se deve ao pouco domínio das funções avançadas do osciloscópio pelos integrantes do grupo, como também pela alta frequência do sinal. De modo geral, o grupo apresentou boa desenvoltura durante a realização da atividade, buscando seguir de forma correta as orientações dadas, obter resultados coerentes e manipular os instrumentos de maneira adequada. Evidenciou-se dificuldades, principalmente durante os primeiros contatos com os instrumentos, seus comandos e interpretações acerca dos sinais obtidos. O grupo apresentou facilidade quanto ao manejo matemático e uso do multímetro, após orientações breves. A partir do observado, é possível inferir que o grupo foi capaz de utilizar os instrumentos de maneira autônoma, sendo capaz de recorrer a conhecimentos prévios para a determinação de características e comportamentos específicos dos sinais representados na tela do osciloscópio. É importante destacar que o grupo realizou a atividade em tempo hábil, organizando suas ações com o objetivo de solucionar todas as perguntas propostas com constante interatividade entre seus integrantes.

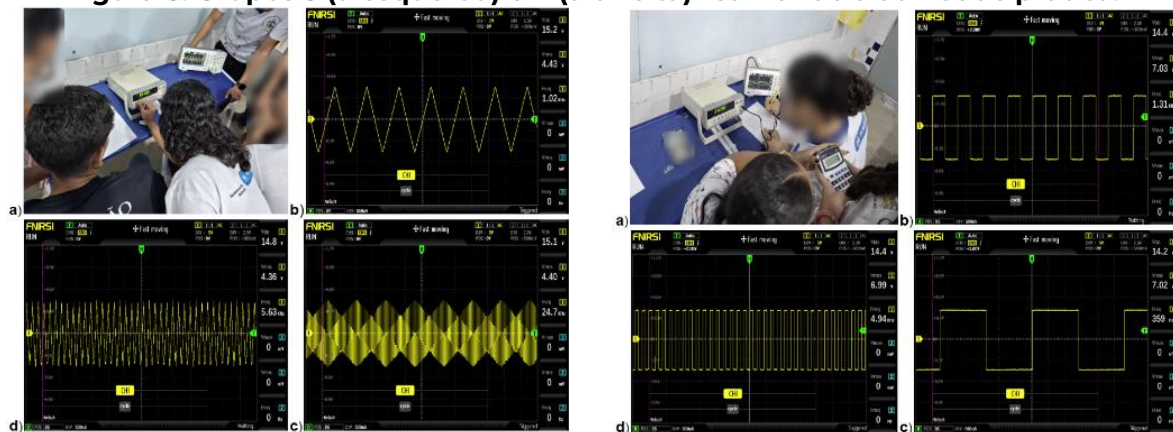
O grupo 2 também foi capaz de utilizar o multímetro, com alguns episódios de dúvidas relacionados ao manuseio do equipamento, rapidamente suprimidos pelas explicações do professor-pesquisador. Quando perguntados acerca do valor da resistência do LED, quando em operação, o grupo apresentou dificuldade na escolha da faixa (*range*) adequada para a medição,

momento em que decidiram usar aquela que fosse proporcional ao tamanho e funcionalidade do LED, obtendo a medida correta desse valor. Também foram capazes de medir a resistência do LDR quando exposto e quando protegido da luz, explicando assertivamente a dependência desse valor com a intensidade luminosa da sala de aula. Quando solicitados a medir a tensão no LED durante o funcionamento do circuito, foi observado certa dificuldade na medição, principalmente pela instabilidade na fixação das pontas de prova no multímetro nos terminais do LED, produzindo variações no valor a ser medido. Esta eventualidade foi superada diante das orientações do professor-pesquisador. Diante do uso do gerador de funções e do osciloscópio, o grupo conseguiu rapidamente interconectar os aparelhos e caracterizar satisfatoriamente um sinal senoidal pré-configurado pelo professor-pesquisador.

Quando perguntado acerca do valor da velocidade do sinal inicialmente configurado, o grupo foi capaz de recordar alguns rudimentos básicos da cinemática ondulatória, destacando que $v = \lambda f$, em que λ corresponde ao comprimento de onda do sinal visualizado na tela do osciloscópio (facilmente medido) e f a frequência do sinal. Assim, observando as divisões do eixo horizontal e medindo a distância entre duas cristas consecutivas do sinal, foram capazes de determinar o comprimento de onda e por conseguinte sua velocidade, visualizando que nesse momento $f = 1,15$ kHz. Indagados sobre as possíveis mudanças observáveis no sinal quando variando-se uniformemente o valor da frequência, os estudantes destacaram a diminuição do valor do comprimento de onda com preservação no valor da amplitude. Na sequência, os estudantes foram orientados a ligar de forma simultânea o circuito fotocondutor ao gerador de sinais e ao osciloscópio. Realizada a ligação, os estudantes foram instruídos a retornar ao sinal padrão do início da atividade, variando o sinal num intervalo multiplicativo de 10 kHz a 100 kHz. Diferentemente do grupo 1, os integrantes do grupo 2 conseguiram estabilizar o sinal observado para 7,87 kHz, produzindo sinais pulsados no LED, visíveis, de acordo com os comandos configurados no gerador.

O grupo foi capaz de analisar de maneira adequada o funcionamento do circuito nessas condições, explicando corretamente como os parâmetros intervenientes presentes em seu funcionamento podem ser controlados pelos equipamentos, como também a influência do LDR no acendimento do LED, proporcionando uma análise dinâmica completa do comportamento desses componentes. De modo geral, o grupo apresentou bom domínio conceitual acerca das características dos sinais analisados durante a atividade e administração adequada do tempo de execução da atividade, como também boa desenvoltura e manejo dos equipamentos, com pontuais momentos de dúvida e insegurança, rapidamente mitigados pelo professor-pesquisador.

Figura 6: Grupos 3 (à esquerda) e 4 (à direita) realizando a atividade prática.



Fonte: Autor (2025).

Prosseguindo com as atividades práticas, o grupo 3 demonstrou grande facilidade na utilização do multímetro, sendo capaz de determinar rapidamente quais escalas e grandezas utilizar na medição da tensão de entrada do circuito fotocondutor, da resistência do LDR com e sem incidência de luz e da tensão no LED durante seu funcionamento. Na oportunidade, explicaram de forma correta como o LDR atuava no controle da corrente elétrica que percorre o LED durante o funcionamento do circuito. De forma rápida e autônoma, foram capazes de conectar o gerador de sinais ao osciloscópio, caracterizando o sinal padrão da atividade. Assim, o grupo descreveu assertivamente um sinal do tipo dente de serra, com frequência igual a 1,02 kHz, com tensão pico a pico equivalente a 15,2V e valor médio 4,43V. Solicitados a determinar o período do sinal padrão observado, semelhantemente ao grupo 2, foram capazes de resgatar de forma objetiva a relação $f = 1/T$, calculando de forma correta o tempo gasto pelo sinal para uma oscilação completa. Com estes dados, e analisando as características do sinal na tela do osciloscópio, também foram capazes de calcular a velocidade do sinal analisado, semelhante ao grupo 2.

Ao conectar o circuito fotocondutor simultaneamente ao gerador de sinal e ao osciloscópio, mudando progressiva a frequência do sinal de entrada no intervalo multiplicativo de 10 kHz a 100 kHz, o grupo conseguiu visualizar mudanças na luminosidade do LED, o qual acompanhava a frequência do sinal de entrada. Nesta etapa da atividade, semelhante ao grupo 1, devido à pouca experiência e manejo das funções e ajustes específicos dos equipamentos, o grupo não conseguiu estabilizar o sinal nessa etapa da atividade, gerando uma distorção do sinal na faixa de variação considerada. Quando solicitados a variar a frequência do sinal padrão, também concluíram corretamente que o comprimento de onda do sinal diminui à medida que a frequência aumenta, permanecendo a amplitude constante durante a variação. De modo geral, o grupo conseguiu resgatar ideias e conceitos de séries anteriores, ao mesmo tempo consolidar

o aprendizado do seu próprio tema de apresentação no seminário de estudos e debates, facilitando a realização da atividade prática. Percebeu-se boa interação entre os membros do grupo, com pontuais episódios de atrito gerados pelo uso dos equipamentos, em que alguns integrantes usavam mais que os outros, sendo esta situação administrada pelo professor-pesquisador.

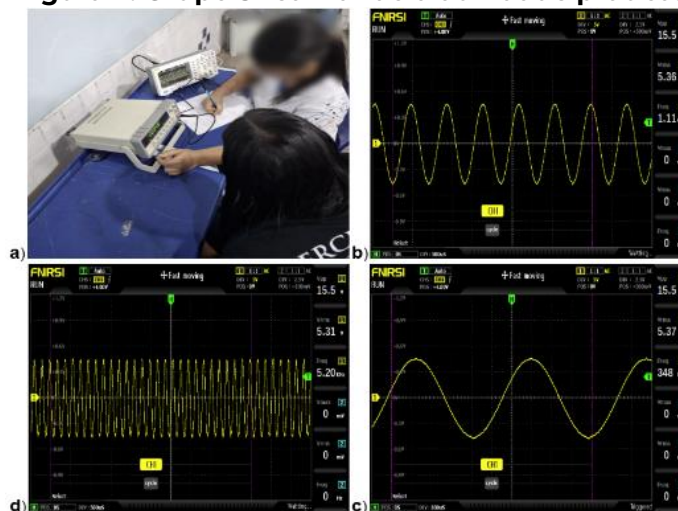
O grupo realizou a atividade em tempo hábil, porém com distribuição irregular do tempo de realização entre seus integrantes, sendo o uso dos equipamentos predominante para aqueles com maior manejo técnico, ficando os outros integrantes incumbidos de tarefas subjacentes. Apesar desta situação, o desempenho do grupo foi satisfatório, conseguindo solucionar todas as perguntas da atividade. O grupo 4 também demonstrou habilidade no uso do multímetro, medindo corretamente a tensão de entrada do circuito fotocondutor, a resistência do LDR quando exposto à luz e quando protegido dela, como também a tensão de operação do LED durante o funcionamento do circuito. No entanto, não foi capaz de explicar satisfatoriamente o comportamento elétrico do LDR. Diante do sinal padrão configurado para o grupo, observaram-se erros pontuais na sua caracterização, marcados pela falta de diferenciação entre tensão de pico a pico e seu valor médio, com momentos de intervenção pelo professor-pesquisador. O grupo visualizou um sinal do tipo onda quadrada com frequência igual a 1,31 kHz, com tensão pico a pico igual a 14,4V e valor médio 7,03V.

Quando perguntados acerca da velocidade e do período do sinal, demonstram extrema facilidade na sua determinação, apresentando domínio conceitual e matemático acerca da cinemática ondulatória. Com o prosseguimento da atividade o grupo, foi capaz de conectar o circuito fotocondutor simultaneamente ao gerador de sinais e ao osciloscópio, iniciando a análise do circuito segundo o regime funcional solicitado na atividade. Nessa etapa, o grupo conseguiu observar variações na intensidade luminosa do LED quando a frequência do sinal de entrada percorreu o intervalo multiplicativo de 10 kHz a 100 kHz, sendo capazes de estabilizar o sinal de maneira adequada para 359 Hz.

Quando perguntado sobre possíveis mudanças nas características do sinal quando modificada sua frequência, o grupo também conseguiu inferir corretamente a diminuição do comprimento de onda diante do aumento da frequência. O grupo conseguiu realizar a atividade dentro do tempo esperado, com grande interatividade dos seus integrantes e distribuição adequada de tarefas e manuseio dos equipamentos. De forma geral, o grupo demonstrou razoável domínio do ferramental matemático, quando solicitado a calcular certa grandeza relacionada ao sinal analisado. No entanto, apresentou dificuldades conceituais e operacionais importantes para a compreensão dinâmica do sinal observado na tela. Isso tende a dificultar a

compreensão dos aspectos qualitativos importantes no estudo de funções, geometria analítica e outros conteúdos de Matemática que abordam a dependência de uma grandeza com relação a outra, como reiteradamente observado também na Física. Assim, a atividade realizada reforçou este aspecto do aprendizado do grupo, evidenciando uma lacuna, em que os aspectos matemáticos se sobrepõem aos conceitos, sendo importante para seus integrantes reforçarem os aspectos qualitativos dos conteúdos.

Figura 7: Grupo 5 realizando a atividade prática.



Fonte: Autor (2025).

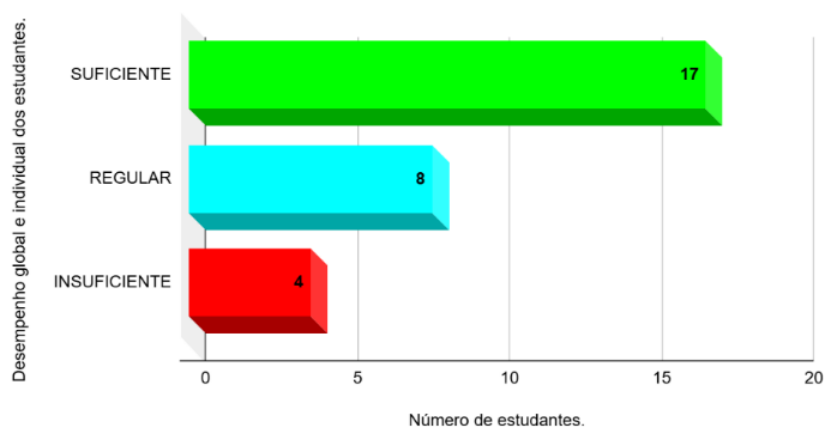
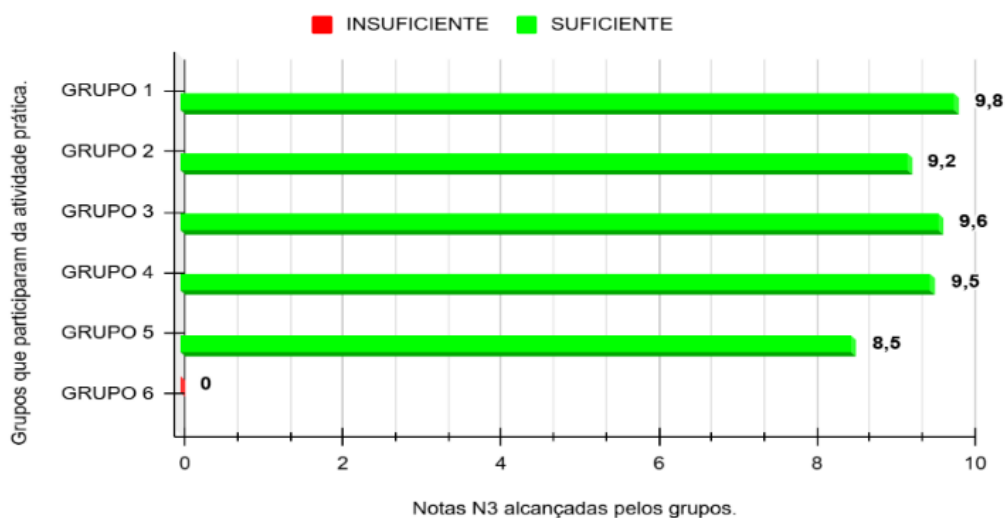
Finalizando as atividades práticas, o grupo 5 demonstrou dificuldades no uso do multímetro, principalmente a escolha do alcance das escalas e das grandezas a serem medidas. Esta dificuldade inicial deve-se ao primeiro contato dos integrantes do grupo, como também o tipo de aparelho usado, exigindo mais atenção dos estudantes. Após momento de orientação, o grupo conseguiu manusear o aparelho, medindo corretamente a tensão de entrada do circuito, a resistência do LDR sob ação da luz e protegido desta e a tensão no LED durante o funcionamento do circuito. Quando indagados sobre o sinal padrão visualizado na tela do osciloscópio, destacaram de maneira correta um sinal senoidal com frequência igual a 1,11 kHz, tensão de pico a pico de 15,5V e tensão média equivalente a 5,36V. Perguntados acerca da velocidade e do período do sinal, o grupo apresentou dificuldades para recordar os conceitos e leis da cinemática ondulatória importantes para a determinação destas grandezas, sendo necessária a intervenção do professor-pesquisador.

O grupo foi capaz de ligar o circuito fotocondutor no gerador de sinais e no osciloscópio, acionando o circuito mediante o sinal padrão observado. Nesta etapa, os estudantes também conseguiram observar variações na intensidade luminosa do LED quando a frequência do sinal variou no intervalo multiplicativo de 10 kHz a 100 kHz. O grupo conseguiu estabilizar a

frequência em 348 Hz. Também conseguiram analisar corretamente o comportamento do sinal quando a frequência era aumentada, consequentemente diminuindo o comprimento de onda e conservando a amplitude. De maneira geral, o grupo demonstrou várias dificuldades na execução da atividade, estas, diretamente relacionadas com manejo dos instrumentos, sendo os aspectos conceituais e matemáticos também pontos de fragilidade para o grupo. Vale destacar que a presença do professor-pesquisador orientando e mitigando dúvidas, consistiu em importante momento de aprendizado aliado à prática realizada, possibilitando melhor aproveitamento durante o processo.

Todos os grupos apresentaram aproveitamento na realização das atividades práticas, solucionando de maneira correta os diferentes problemas propostos. Verificou-se a viabilidade do uso didático dos instrumentos de medição diante do uso correto e assertividade das respostas apresentadas pelos grupos, sendo o multímetro, o gerador de sinais e o osciloscópio, valiosos recursos de transposição didática quando utilizados de maneira estratégica para o desenvolvimento de habilidades e competências paralelas ao estudo dos fenômenos elétricos. Nesta etapa, o grupo 6 optou por não realizar a atividade prática.

Gráficos 3a e 3b – a) (em primeiro) Resultado das notas N_3 obtidas pelos estudantes. b) (em segundo) Desempenho global/individual N_G dos estudantes ao final das atividades.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Observando o Gráfico 4 é possível concluir que a maioria dos estudantes obteve aproveitamento satisfatório, sendo 17 destes com notas ($8,0 \leq [N_G] \leq 10,0$) e 8 com notas ($5,0 \leq [N_G] \leq 7,9$). Ao todo, 25 estudantes conseguiram notas superiores a 5,0 demonstrando a viabilidade da proposta de ensino desenvolvida. Observa-se que apenas 4 estudantes apresentaram baixo aproveitamento, em virtude da não participação nos seminários e atividades práticas. De forma geral, a partir dos dados reunidos é possível inferir que o uso de instrumentos de medição como prática sistêmica no ensino da Eletrodinâmica proporcionou não apenas a experiência no aprendizado, mas seu significado de forma material. O uso do gerador de sinais, do osciloscópio e do multímetro, reforçou a prática para além da momentaneidade e complementaridade na resolução de problemas, tornando possível ao estudante analisar de forma dinâmica o funcionamento de circuitos eletrônicos, estimulando a técnica na interpretação de situações diversas no universo da eletricidade.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados e reflexões geradas nas diferentes etapas de ensino analisadas, é possível destacar que o uso de instrumentos de medição eletrônica no Ensino Médio, permite maior significado e aproximação do estudante junto aos conteúdos de eletricidade, explorando de maneira profícua conceitos e problemas, conseqüentemente favorecendo o aprendizado. Vale destacar que as diversas atividades antecessoras à atividade prática com os instrumentos permitiram maior facilidade e manejo pelos estudantes, sendo estes capazes de realizar medidas, interpretações e análises dentro do escopo da atividade proposta. Sendo assim, faz-se necessária uma preparação que permita ao estudante antever cenários nos quais o uso destes instrumentos se torna preponderante para a solução de problemas. A SD desenvolvida cumpriu esta tarefa, sendo capaz de abordar conteúdos, estimular o desenvolvimento de habilidades e competências e reforçar o aspecto conceitual e matemático de certos pontos determinantes para os objetivos de aprendizado. Destarte, os seminários de estudos e debates foram capazes de atenuar dúvidas e lacunas de aprendizado dos estudantes valorizando o aprendizado entre pares, como também estimular os participantes à prática docente.

Diante dos resultados observados, é possível inferir que o uso do gerador de sinais e do osciloscópio proporcionou melhor apreensão dos aspectos técnicos, importantes no estudo da Eletrodinâmica, revelou para o estudante o caráter dinâmico do funcionamento de circuitos DC e AC, rompeu com a problematização linear costumeiramente observada nos livros didáticos, baseada na resolução de circuitos planejados e aplicação direta das leis de Ohm e Kirchhoff, desconsiderando cenários mais elaborados, em que a prática experimental vai além da simples observação, para o monitoramento de grandezas elétricas, como também suas determinações de forma direta. Ademais, esta perspectiva corrobora com a aprendizagem voltada para o exercício do dia a dia, nas quais a utilização de um simples multímetro pode ajudar o usuário na solução de problemas de maneira autônoma. Assim, o professor pode explorar de forma estratégica o uso destes equipamentos em diferentes contextos, utilizando equipamentos físicos, virtuais ou produzindo interfaces com pequenos *kits* Arduino, observando quais possibilidades mais se adequam à sua realidade e objetivos.

É importante frisar que o uso destes instrumentos não se limita ao estudo da Eletrodinâmica, sendo possível estender sua usabilidade didática para a discussão de outros conteúdos e temas centrados na análise de funções e temas correlatos. Assim, o professor dispõe de ferramentas dinâmicas e de fácil uso pelos estudantes, sendo necessário apenas orientações prévias para o emprego das funções introdutórias, sendo possível analisar circuitos de diferentes

tipos e complexidade. Reiteramos que tal aplicação torna-se facilitada quando o professor possui conhecimento e experiência técnica no manuseio de tais equipamentos, sendo importante para o professor de Física realizar cursos voltados para área de eletrônica, enriquecendo seu aporte teórico e aprofundando suas práticas experimentais.

Agradecimentos

Expresso profundo agradecimento à fundação de amparo à pesquisa do estado de alagoas (fapeal) pelo apoio e incentivo financeiro sem os quais esta pesquisa não seria possível.

REFERÊNCIAS

ALAGOAS. **Governo do Estado de Alagoas. Laboratórios do - pALei - Ensino Médio.** 2025. Disponível em:

https://www.canva.com/design/DAGc17BvMX0/vRTFzSf0b418v7nFxUFwfg/view?utm_content=DAGc17BvMX0&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=uniquelinks&utlId=hc0b65e5e73. Acesso em: 14 dez. 2025.

ARAÚJO, Gilmar da Silva; CORREIA, Evandro de Sousa; SILVA, Wesley Barros da; SANTOS, Evando Pereira dos; XAVIER, José Victor Leite. Simulações computacionais no ensino de Física: desafios e potencialidades, **Revista LUMEN ET VIRTUS**, São José dos Pinhais, v. 16, n. 46, p. 2795-2805, 2025. Disponível em:

<https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/download/4102/5417>. Acesso em: 12 dez. 2025.

CARDOSO, Lucas F.; SILVA, Verônica M. L.; SEGUNDO, Francisco, C. G. S.

Osciloscópio de baixo custo utilizando a plataforma arduino. *In*: ENCONTRO DE COMPUTAÇÃO DO OESTE POTIGUAR, ECOP-UFERSA, 2017, Pau dos Ferros. Artigo [anais], p. 183-190. Disponível em:

<https://revistacaatinga.com.br/ecop/article/download/7093/6548/33817>. Acesso em: 13 dez. 2025.

COSTA JÚNIOR, João Fernando. VIDA DIGITAL: como a tecnologia molda nossas relações e rotinas, **Revista Cadernos Zygmunt Bauman**, v. 14, n. 35, p. 39-61, 2024. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/bauman/article/download/25059/13247/80547>. Acesso em: 15 nov. 2025.

CUNHA, Fernando Icaro Jorge; SPOHR, Carla Beatriz. Prática Experimental em Eletromagnetismo e Ensino de Física: um Relato de Experiência no Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza. **Revista Paidei@**, v. 16, n. 29, p. 28-48, 2024.

Disponível em: <https://periodicos.unimesvirtual.com.br/index.php/paideia/index>. Acesso em: 15 nov. 2025.

FARIA, Victor Henrique da Cunha; RIBEIRO, Adriellen Loiane Medeiros; GONTIJO, Fábio de Brito. Implementação de um gerador de sinais virtual destinado aos laboratórios de engenharia elétrica do UNIPAM utilizando *LabVIEW*, **Revista Perquirere**, v. 17, n. 2, p. 131-145, 2020. Disponível em:

<https://revistas.unipam.edu.br/index.php/perquirere/article/download/2046/645/8188>. Acesso em: 13 de dez. 2025.

FERREIRA, Rafael F.; LINS, Zanoni D.; CAVALCANTI, Marcelo C. **Vitualização de instrumentos industriais utilizando o LabVIEW**. *In*: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE APLICAÇÕES INDUSTRIAIS, VIII-Induscon, 2008, Poços de Caldas. Artigo [anais], p. 1-5. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/267965547_VIRTUALIZACAO_DE_INSTRUMENTOS_INDUSTRIAIS_UTILIZANDO_O_LABVIEW. Acesso em: 13 dez. 2025.

MAGNO, Wictor C.; ARAUJO, Alberto E. P.; LUCENA, Marcos A.; MONTARROYOS, Erivaldo. Realizando experimentos didáticos com o sistema de som de um PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p. 117- 123, 2004. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/YFdhWTXQVYb9JxFYxDBbSpC/?lang=pt>. 13 dez. 2025.

MENDES, Alessandro Correa; MARTIN, Airton Abrahão; BARBOSA, Filipe Wiltgen. **Desenvolvimento de um osciloscópio digital portátil de fácil operação e de baixo custo**. *In*: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, XII-INIC, 2008, Vale do Paraíba. Artigo [anais], p. 1-4. Disponível em:

https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivosINIC/INIC0042_01_A.pdf. Acesso em: 13 dez. 2025.

SIQUEIRA, Kleber Saldanha de. Letramento digital no ensino médio como exercício da cidadania e inclusão social. **Revista Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 8, n. 3, p. 2600–2615, 2023b. Disponível em:

https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/2641. Acesso em: 13 dez. 2025.

SIQUEIRA, Kleber Saldanha de. Desafios no ensino da Eletrodinâmica no Ensino Médio. **Revista Sítio Novo**, Palmas, v. 09, n. 01, p. 1-22, 2025. Disponível em:

<https://sitionovo.ifto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/1747>. Acesso em: 15 nov. 2025.

ZIADY, Hanna; HE, Laura. **Análise: Excesso de produtos chineses baratos aumenta tensões comerciais**. CNN Brasil. São Paulo, 29 mar. 2024. Disponível em:

<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/analise-excesso-de-produtos-chineses-baratos-aumenta-tensoes-comerciais/>. Acesso em: 13 dez. 2025.