



APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA ELETRODINÂMICA A PARTIR DA CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DE UM CIRCUITO FOTOCONDUTOR

APPLICATION OF A TEACHING SEQUENCE FOR TEACHING ELECTRODYNAMICS FROM THE CONSTRUCTION AND ANALYSIS OF A PHOTOCONDUCTOR CIRCUIT

Kleber Saldanha de Siqueira¹

Resumo: Este artigo, tem por objetivo apresentar os resultados de uma proposta de ensino da Eletrodinâmica aplicada no Ensino Médio a partir da idealização e implementação de uma Sequência Didática (SD) com os 29 estudantes do 3º ano A de uma escola estadual pertencente ao programa alagoano de ensino integral (pALei), junto à disciplina Laboratório de Práticas Experimentais (LPE), localizada na cidade de Arapiraca, Alagoas. Paralelamente à aplicação da SD, foram construídos pelos estudantes, circuitos fotocondutivos com o objetivo de integralizar os conteúdos contemplados. Ao final da pesquisa, observou-se que o estudo da Eletrodinâmica no Ensino Médio ganha significado científico e extensão prática, quando ministrado paralelamente à realização de atividades instigadoras, em que a montagem de circuitos e a manipulação de instrumentos e ferramentas de bancada, próprias da eletrônica, motivam a experiência do conhecimento em sua forma substantiva, permitindo maior engajamento e a compreensão de fenômenos elétricos abstratos.

Palavras-chave: Análise de circuitos; Educação científica; Ensino de física.

Abstract: This article aims to present the results of a proposal for teaching Electrodynamics applied to high school students based on the design and implementation of a didactic sequence (DS) with 29 students in the 3rd grade of a state school belonging to the Alagoas Full-Time Education Program (pALei), along with the Experimental Practices Laboratory (LPE) course, located in the city of Arapiraca, Alagoas. Parallel to the application of the SD, students, constructed photoconductive circuits to integrate the covered content. At the end of the research, it was observed that the study of Electrodynamics in high school gains scientific significance and practical extension when taught alongside engaging activities. In this, circuit assembly and the manipulation of instruments and bench tools, typical of electronics, encourage the experience of knowledge in its substantive form, allowing for greater engagement and understanding of abstract electrical phenomena.

Keywords: Circuit analysis; Science education; Physics teaching.

¹ Doutorando em Ensino pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre em Ensino de Física pela (UFAL). Professor do quadro permanente da Secretaria de Estado da Educação de Alagoas (SEE/AL), Arapiraca, Alagoas, Brasil. E-mail: kleber.siqueira@cedu.ufal.br

1 Introdução

O ensino da Física e seus princípios têm ocupado lugar de destaque nas últimas décadas, principalmente em função do contínuo desenvolvimento tecnológico observado nos vários setores da sociedade. Nesse sentido, Rodrigues, Oliveira e Guerra (2024, p. 1) destacam que “*a tecnologia deve ser apresentada como aplicação das diferentes formas de conhecimento para atender às necessidades sociais*”. De processos industriais sofisticados a inovadoras formas de comunicação e processamento de informações, a sociedade tecnológica atual vem cunhando novos paradigmas socioculturais pautados principalmente nas possibilidades oriundas das técnicas digitais e na melhoria dos sistemas elétricos, impulsionada principalmente pelas pesquisas envolvendo materiais semicondutores e a própria microeletrônica. Para Siqueira (2023a, p. 81):

Todos os setores organizacionais da sociedade atual dependem da tecnologia digital para seu funcionamento, ao mesmo tempo o cidadão comum, deve conhecer e utilizar tais recursos para a manutenção de sua vida como elemento orgânico desta sociedade, marcada pela conectividade e rapidez na troca de informações.

Este cenário vem impactando a vida individual e coletiva de maneira decisiva, devido principalmente ao alcance e impacto das tecnologias digitais de informação e comunicação, paralelamente ao uso de dispositivos móveis como *smartphones*, *tablets* e computadores cada vez mais compactos e com maior capacidade de processamento de dados. Tão importante dessas tecnologias, Quiroga e Bessa (2024, p. 3) afirmam que “*o uso de aparelhos que estão conectados à internet permeia quase todas as esferas da vida cotidiana, centralizando a comunicação, o acesso à informação, a vida doméstica e, sobretudo, influenciando a educação*”. Isso impulsiona a educação científica gerando novas perspectivas pedagógicas, sendo necessário localizar o sujeito aprendente em um novo cenário em que as tecnologias se complexificam de maneira contínua, sendo exigido deste, uso consciente e racional dos recursos tecnológicos que governam a vida moderna.

Diante desta realidade, o ensino da Eletrodinâmica deve proporcionar ao sujeito o domínio das principais leis e conceitos capazes de explicar os fenômenos elétricos que possibilitam o funcionamento de equipamentos e sistemas básicos, além dos principais eventos elétricos naturais observados, considerando os limites formativos a serem desenvolvidos pelo sujeito. Assim, o estudo da Eletrodinâmica no Ensino Médio deve se pautar na materialidade e significação dos princípios que explicam sua fenomenologia, representando importante desafio para o professor de Física, considerando o avanço

ininterrupto das tecnologias e seus impactos na vida do sujeito. Dessa forma, este artigo busca apresentar os resultados de uma proposta de ensino da Eletrodinâmica aplicada, baseada na idealização e implementação de uma Sequência Didática (SD) voltada para os 29 estudantes do 3º ano A, na disciplina Laboratório de Práticas Experimentais (LPE) de uma escola estadual pertencente ao programa alagoano de ensino integral (pALei), localizada na cidade de Arapiraca, Alagoas. De forma geral, buscou-se compreender os impactos da aplicação de uma SD aliada à prática experimental como elemento instigador do pensamento científico pelos estudantes.

Destarte, paralelamente à aplicação da SD, priorizou-se a integralização dos conteúdos ministrados e a interação dos estudantes participantes desta pesquisa com ferramentas, instrumentos e técnicas de montagem próprias da eletrônica, sendo realizado o dimensionamento, construção e teste funcional de um circuito fotocondutor pelos próprios estudantes, reunidos em grupos, fortalecendo a troca de experiências e saberes, ao mesmo tempo valorizando o aprendizado construtivista.

2 Eletricidade: fenomenologia, historicidade e ensino

Os fenômenos elétricos sempre chamaram a atenção desde a antiguidade clássica, impelindo os gregos às primeiras observações sistematizadas, muitas vezes influenciadas pelo misticismo, mitologia e aspectos do senso comum. Mesmo num contexto em que a ciência dava seus tenros passos como meio de concepção do conhecimento, as investigações gregas levaram aos primeiros indícios acerca da eletricidade e sua relação com a matéria (Siqueira, 2024). No século VI a.C., o grego Tales de Mileto, foi o primeiro a observar que o âmbar, ao ser atritado contra outro material de natureza diferente, era capaz de atrair pequenos pedaços de madeira, iniciando um marco no estudo da eletricidade, em que ‘virtudes’ pareciam ser transferidas de uma substância para outra (Tonidandel; Araújo; Boaventura, 2018). Desde então, diversos foram os filósofos e cientistas ao longo dos séculos que desvendaram o comportamento elétrico permitindo seu uso tecnológico de forma a ressignificar a vida humana em suas diferentes dimensões.

Com o domínio dos processos de geração de eletricidade, iniciado por Michael Faraday em 1831, demonstrando ser possível converter energia mecânica em elétrica, percebeu-se a possibilidade de popularizar este meio, surgindo, no final do século XIX, empresas como a *Siemens*, a *General Electric* e a *Stockholm Electric Company*,

acompanhando de forma paralela o avanço da *Edison Electric* fundada em 1878 por Thomas Edison em *New York*. No século seguinte, com o surgimento da Mecânica Quântica e suas implicações no estudo da estrutura atômica, a eletricidade ganha contornos sofisticados, principalmente com a caracterização física das partículas que compõem o átomo, as forças nucleares e a própria quantização das cargas elétricas fundamentais, permitiram explorar de forma ampla os fenômenos elétricos para a construção de dispositivo, aparelhos e sistemas, direcionando o mundo para uma nova era tecnológica.

Com o advento dos materiais semicondutores e o desenvolvimento do diodo na década de 1900, seguido do transistor em 1947 nos Laboratórios Bell, a eletrônica de estado sólido revolucionou a Engenharia Eletrônica, levando ao surgimento de novos campos de pesquisa e desenvolvimento de sistemas, preparando, nas décadas seguintes, o surgimento do computador e tecnologias subjacentes, estas últimas revolucionando definitivamente o conceito de comunicação. Este cenário é descrito por Siqueira (2023b, p. 1131) afirmando que *“a partir de 1950, o uso de semicondutores tornou-se algo recorrente em diversos campos tecnológicos, o que aperfeiçoou e fortaleceu vários segmentos da engenharia, como a computação e as telecomunicações”*.

De forma geral, os fenômenos elétricos possuem íntima relação com a estrutura atômica, sendo os elétrons responsáveis pela maioria dos aspectos funcionais dos componentes eletrônicos, desde os mais simples, como os elementos passivos (resistores, capacitores, transformadores, bobinas e outros), até os mais sofisticados, como microcontroladores e chips, capazes de conter milhões de componentes eletrônicos miniaturizados da ordem de 10 a 50 nanômetros, possibilitando o desenvolvimento de sistemas cada vez menores e compactos. Isso permitiu o avanço da microeletrônica, refletindo no desenvolvimento de satélites diminutos, como os modelos *CubeSat*, aparelhos de comunicação móvel, Tvs e aparelhos domésticos em geral, sistemas industriais automatizados mais eficientes e formas mais rápidas de comunicação, compondo elemento estratégico para a economia como destaca Ibrahim (2019, p. 86) apontando que:

[...] a indústria de microeletrônica é classificada como paradigma tecnológico a partir de sua inserção no sistema de inovações técnicas e organizacionais nas últimas décadas, permitindo reduzir custos, diferenciar produtos e conceber novas aplicações e avanços tecnológicos.

Esse cenário desenvolvimentista, marcado pela rápida evolução científica e rupturas paradigmáticas, cobra, no campo educacional, mudanças na aprendizagem em ciências capazes de centralizar o sujeito aprendente nos principais avanços observados, principalmente o domínio dos conceitos ligados às modernas tecnologias digitais de comunicação e informação, preponderantes para a consolidação do sujeito no contexto social. Corroborando com esta ideia, Berto e Lorenzetti (2023, p. 290), afirmam que:

[...] deve-se conceber a ciência como uma área de conhecimento construído pela humanidade e indissociável dos contextos sociais e políticos visto que contemplá-la unicamente como um corpo de conhecimento rígido e objetivo produzido pelos rigores do método científico desconsidera sua natureza de abertura e constante mutabilidade.

Estes conceitos envolvem, desde o transporte de cargas elétricas, o conceito de tensão, técnicas de análise de circuitos e as leis de *Kirchhoff*, até o estudo do comportamento semicondutor, englobando a caracterização de componentes ativos, como o diodo, o transistor e suas clássicas montagens e configurações em circuitos eletrônicos usuais. Esta perspectiva rompe com as práticas de ensino da Eletrodinâmica adotadas hoje no Ensino Médio, principalmente por considerar o estudo dos componentes semicondutores objeto integrativo dos conceitos fundamentais da Eletrodinâmica. Além disso, reforçando esta perspectiva, Siqueira (2025, p. 5) destaca que:

[...] o ensino da Eletrodinâmica, marcado pelo estudo dos fenômenos relacionados ao deslocamento de cargas elétricas, encontra importante aplicação na teoria de circuitos, constituindo relevante base para estudos posteriores na formação geral do sujeito, como também de cientistas e engenheiros, estes últimos fortemente dependentes da tecnologia eletrônica, dado o extenso espectro de aplicabilidade desta área na teoria de controle moderno.

Assim, modernamente, o sujeito aprendente deve ser capaz de entender as motivações histórico-tecnológicas que impulsionaram o desenvolvimento da eletricidade e seu uso racional, estimulando seu aprendizado fenomenológico e sua percepção utilitária, sendo capaz de identificar como diferentes equipamentos e sistemas elétricos funcionam, ao mesmo tempo compreender seus impactos na vida coletiva, analisando seus benefícios e possíveis males, em função dos diferentes contextos e realidades vivenciadas pelo próprio sujeito. Outrossim, o estudo dos conceitos básicos da Eletrodinâmica, incluindo os materiais semicondutores, converge para a formação em nível profissional, sendo preponderante para o sujeito que visa o exercício técnico nas áreas de Engenharia. Além da formação voltada para a compreensão dos fenômenos naturais e aplicações imediatas, o estudo da eletricidade tem por objetivo direcionar o

sujeito na compreensão do mundo tecnológico, não apenas para a memorização de leis e princípios, mas para o uso e materialidade destes no dia a dia e no exercício técnico.

3 Metodologia da pesquisa e operacionalização pedagógica

Esta pesquisa possui caráter qualitativo-descritivo, em que dados qualitativos e indicativos numéricos são interseccionados com o objetivo de analisar e descrever os impactos na aprendizagem dos estudantes participantes. No que tange aos aspectos éticos, a pesquisa observou todos os cuidados necessários para a preservação das identidades dos participantes, suas imagens como também os dados coletados e analisados através dos instrumentos metodológicos aplicados e seus possíveis riscos. Ao mesmo tempo, realizou-se momento de conscientização acerca da pesquisa, sendo garantidos por meio de assinatura de Termo de Consentimento e Livre Esclarecimento (TCLE) os propósitos científicos do trabalho realizado com os estudantes, sendo os dados produzidos direcionados apenas para a pesquisa educacional.

O instrumental metodológico contou com a aplicação de um pré-teste, composto por cinco questões discursivas, visando dimensionar os conceitos básicos de teoria atômica e eletricidade decorrentes das aulas de Física, disciplina ministrada paralelamente às atividades realizadas pelo (LPE), cuja nota é denotada por N_1 (em que $0 \leq N_1 \leq 10$). Ao final da atividade de ensino, os estudantes foram submetidos a um pós-teste, também composto por cinco questões discursivas, para análise do aproveitamento e aprendizagem, cuja nota é denotada por N_2 (em que $0 \leq N_2 \leq 10$). Ambos os testes aplicados, 'pré' e 'pós', assumiram três parâmetros avaliativos relacionados ao desempenho dos estudantes, sendo estes: a) insuficiente, b) regular e c) suficiente. Sendo assim, considerando os critérios avaliativos adotados pelas escolas estaduais alagoanas, considerou-se os seguintes intervalos de notas e seus respectivos indicativos de desempenhos: a) N_1 ou $N_2 < 6,0$ (insuficiente), b) $6,0 \leq N_1$ ou $N_2 < 7,5$ (regular) e c) N_1 ou $N_2 \geq 7,5$ (suficiente).

Antecedendo o pré-teste, foi aplicado um questionário (anônimo) de caracterização inicial, composto por onze perguntas objetivas, com três possibilidades de respostas (☐sim, ☐não, ☐sim, um pouco) necessário para delimitar o nível de engajamento, interesse por práticas experimentais e ensino de ciências, conhecimento e habilidades técnicas importantes para o decurso da prática de ensino e construção do circuito. Semelhantemente, foi aplicado um questionário (anônimo) de caracterização

final, composto por onze perguntas objetivas, também oferecendo três possibilidades de respostas (☐sim, ☐não, ☐sim, um pouco), permitindo compreender os impactos gerados ao término das atividades, incluindo a percepção dos estudantes após a interação com instrumentos, ferramentas do universo da eletrônica e como isso foi capaz de significar o aprendizado e suas concepções sobre a eletricidade.

Classicamente, entende-se a SD como um conjunto de ações pedagógicas organizadas com o intuito de desenvolver certo conteúdo para um público específico. Para Barbosa (2002) *apud* Monteiro, Castilho e Souza (2019, p. 293) as sequências didáticas “*são um conjunto de atividades ligadas entre si, planejadas para ensinar um conteúdo, etapa por etapa, sendo organizadas de acordo com os objetivos que o professor quer alcançar para a aprendizagem de seus alunos*”. Nesse sentido, conteúdos, objetivos de aprendizado, técnicas de ensino/transmissão do conhecimento e avaliações se articulam em torno de atividades capazes de materializar os saberes desenvolvidos, considerando a área do conhecimento em tela e suas características. Especificamente no ensino da Física, Cid *et al.* (2021) apontam para a necessidade de desenvolver habilidades e competências pelos estudantes, capazes de estimular a consciência crítica diante de informações científicas. Segundo Borges (2002) *apud* Cid *et al.* (2021), algumas dessas habilidades incluem a capacidade de interpretar dados, construção de gráficos, uso adequado de instrumentos, aplicação de conceitos, inter-relacionando diferentes áreas do conhecimento. A SD nesse cenário proporciona meios para a efetivação de métodos ativos e consolidação de habilidades e competências, além da organização estratégica dos conteúdos e ações pedagógicas pelo professor, este último sendo capaz de delimitar ações, antever situações e replanejar seu trajeto a partir dos resultados iniciais.

A pesquisa baseou-se na idealização e aplicação de uma SD, voltada para a discussão e aplicabilidade da Eletrodinâmica como elemento prático diante de situações/problemas do cotidiano. Nesse sentido, frisamos que a escolha de uma SD para a condução das atividades de ensino do LPE decorre fortemente de 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), defendendo que o LPE e outros laboratórios do programa possibilitem:

[...] 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).

A SD elaborada e aplicada consta no Quadro 1, sendo dividida em temas abordados, nos quais a problemática tecnológica é exposta e debatida junto aos estudantes, priorizando o desenvolvimento e estímulo à reflexão. Elementos avaliativos inerentes à disciplina também são considerados, sendo solicitada a resolução de pequenos questionários, produção textual, resolução de problemas e a produção de histórias em quadrinho, possibilitando a diversidade do processo. Ao mesmo tempo, parâmetros avaliativos são delimitados para análise da evolução dos estudantes durante a prática de ensino. Vale destacar que as atividades e avaliações mencionadas anteriormente, têm como objetivo mapear o progresso dos estudantes diante dos temas debatidos, representando aspecto qualitativo para posterior caracterização e resultado escolar na disciplina.

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 sociointeracional dos estudantes quanto à escolha do tema e estímulo ao dialogismo.
Relações entre ciência, tecnologia, sociedade e solução de problemas a partir da eletricidade. Duas horas/aula	A partir dos conhecimentos prévios dos estudantes e da apresentação de um documentário intitulado <i>“Inteligência Artificial e o Destino da Humanidade”</i> , disponível em https://www.youtube.com/watch?v=e-TZ8HaHDWA , os estudantes foram estimulados a apresentar os conceitos de ciência e tecnologia, diferenciando as origens e impactos dessas áreas na vida humana.	Produção individual de um texto dissertativo contendo as principais ideias compreendidas pelos estudantes durante os debates e visualização do documentário versando sobre o tema: <i>“Ciência e tecnologia na vida”</i>	Análise dos textos produzidos buscando verificar pontos de coerência com a temática estudada, argumentação, profundidade de ideias, capacidade escrita e organização.

Revisão sobre circuitos elétricos e grandezas elétricas. Duas horas/aula	Considerando os conhecimentos prévios dos estudantes, o conceito de circuito elétrico foi revisado, ao mesmo tempo os conceitos de corrente elétrica, tensão e resistência, com foco em aplicações práticas e importantes do dia a dia.	Em duplas, os estudantes foram orientados a resolver quatro problemas envolvendo o funcionamento de redes resistivas, permitindo resgatar importantes conceitos e leis, como a lei de Ohm, resolução de redes em série e paralelo, e cálculo de correntes.	Assertividade quanto a resolução das questões, organização, nível de diálogo entre as duplas formadas, participação.
História da eletricidade e seu percurso desenvolvimentista ao longo dos séculos Duas horas/aula	Iniciou-se um debate sobre os aspectos históricos que demonstram a evolução da ciência e seus métodos e como estes melhoraram o estudo dos fenômenos elétricos. Com o objetivo de mostrar o rápido desenvolvimento da eletricidade, sua popularização e influência econômica, foi apresentado o filme intitulado “ <i>Guerra das Correntes</i> ”, disponível em https://www.youtube.com/watch?v=2CWLk4ImQq , com o objetivo de mostrar a rápida popularização da eletricidade e como isso ressignificou a vida humana.	Em duplas, os estudantes foram orientados a produzir, na forma de uma história em quadrinhos, composta por um número mínimo de 3 personagens, enfatizando um problema tecnológico capaz de ser solucionado através da eletricidade.	Análise dos pontos mínimos observados (número de personagens, problema considerando, narrativa), além da originalidade, organização e pertinência ao tema.
Tecnologia como meio de solução de problemas práticos Duas horas/aula	Fortalecendo o papel da tecnologia como fator de aprimoramento e melhoria da vida humana, foi estabelecido um debate acerca da importância dos avanços tecnológicos no dia a dia, na atualidade, destacando como a eletricidade influencia este cenário.	Produção individual de um texto dissertativo contendo as principais ideias compreendidas pelos estudantes durante os debates e visualização do documentário versando sobre o tema: “ <i>Eletricidade e a vida cotidiana atual</i> ”	Análise dos textos produzidos buscando verificar pontos de coerência com a temática estudada, argumentação, profundidade de ideias, capacidade escrita e organização.
Resistores: importância, funcionalidade e aspectos técnicos Duas horas/aula	O resistor é estudado de forma específica, levando em conta não apenas aspectos básicos, mas também sua aplicabilidade e elementos técnicos, permitindo aprofundar seu uso e caracterização como elementos de circuito. Para isso foi apresentado o documentário intitulado “ <i>Resistências explicadas</i> ” disponível em https://www.youtube.com/watch?v=iSuTiYi_ICM , permitindo adensar os usos,	Em duplas, os estudantes foram orientados a analisar um circuito resistivo, indicando sua resistência equivalente, as correntes associadas a cada resistor e potência dissipada. Durante a resolução, os estudantes também foram levados a descobrir o valor de alguns dos resistores através do código de cores.	Assertividade quanto a resolução das questões, organização, nível de diálogo entre as duplas formadas, participação.

	tipos e formas de uso deste componente.		
Fotocondutividade e diodos LED. Duas horas/aula	As relações entre a luz e a condução da corrente elétrica são debatidas com especial atenção para o efeito fotoelétrico e suas aplicações, sendo apresentado aos estudantes o LDR, componente capaz de variar sua resistência a partir da intensidade luminosa por ele captada. O diodo LED também é discutido, sendo apresentadas suas características básicas e funcionalidade.	Resolução de quatro problemas sobre o efeito fotoelétrico, com aplicações diretas ao estudo da eletricidade, considerando um circuito composto por um LDR e um diodo LED.	Assertividade quanto a resolução das questões, organização, nível de diálogo entre as duplas, participação.
Construção de um sensor detector de luz. Duas horas/aula	Os estudantes foram apresentados ao problema de dimensionar e construir um circuito capaz de detectar a presença de luz no ambiente da sala de aula, a partir apenas de 2 resistores, um diodo LED e uma LDR.	Divididos em grupos de quatro integrantes, os estudantes foram orientados a esquematizar/projetar o circuito detector de luz a ser construído.	Assertividade quanto à concepção do circuito (minimização do número de componentes, arranjo elétrico correto e funcionalidade).
Confecção do circuito detector de luz. Duas horas/aula	De posse do projeto/esquema do circuito a ser construído, os estudantes iniciam a parte prática das atividades, onde cada grupo prepara uma placa de fenolite para receber as trilhas do circuito, mediante o uso de materiais e substâncias específicas.	A partir da preparação da placa observada, indicando o uso correto dos materiais e consequente obtenção de trilhas de circuito adequadas para a montagem dos componentes.	Participação ativa dos estudantes na preparação da placa e assertividade no uso dos materiais.
Montagem do circuito detector de luz. Duas horas/aula	Os estudantes, de forma autônoma, foram levados ao uso de instrumentos e ferramentas de montagem eletrônica com supervisão do professor-pesquisador	A montagem e uso correto dos materiais, instrumentos e ferramentas, como também a observação de parâmetros de segurança, foram considerados nesta etapa. O teste de funcionamento também foi realizado, compondo fase importante da aprendizagem.	Participação ativa dos estudantes na montagem, assertividade no uso dos materiais e funcionamento correto do circuito.

Quadro 1: Sequência didática desenvolvida.

Fonte: Autor (2025).

Concluídas as discussões teóricas e avaliações concomitantes, os estudantes dos 3º anos A e B foram reunidos em grupos com quatro integrantes e instruídos ao dimensionamento e construção de um circuito fotocondutor, composto por uma placa de

fenolite (medindo 5cm x 10cm), um LED de 3V, dois resistores de 1k Ω , um resistor/sensor do tipo LDR de 10mm e uma fonte de tensão ajustável para 12V, além do uso de ferro de soldar, micro retífica, broca de 1mm, solda estanhada, pasta para solda, alicate de corte e morsa fixadora. O circuito representa um sensor detector de luz, cujo funcionamento é caracterizado pelo acendimento do LED a partir da corrente enviada pelo LDR, cuja resistência varia conforme a intensidade da luz incidente no dispositivo, regulando a luminosidade do LED. O circuito/sensor construído é apresentado na Figura 1.

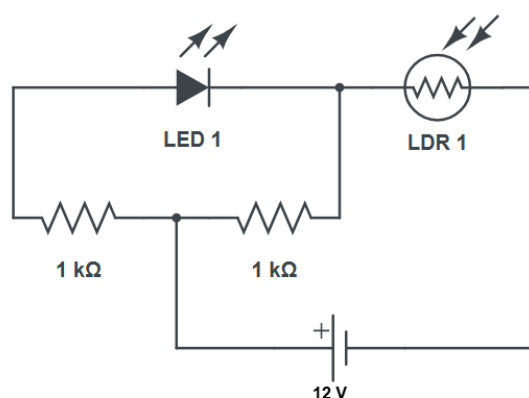


Figura 1: Circuito dimensionado e construído pelos estudantes.
Fonte: Autor (2025).

Durante a etapa de montagem, os estudantes foram avaliados segundo critérios de a) engajamento, b) proatividade, c) uso correto dos instrumentos e ferramentas, d) capacidade de atuar de grupo, e) organização, f) capacidade de solucionar problemas técnicos eventuais, g) assertividade na montagem do circuito, h) funcionamento correto do circuito, i) montagem em até 20min e j) interpretação correta do funcionamento quando indagados. Sendo assim, atribuiu-se uma nota, denotada por N_3 (em que $0 \leq N_3 \leq 10$), para cada grupo nesta etapa, sendo atribuídos os seguintes parâmetros: a) $N_3 < 6,0$ (insuficiente), b) $6,0 \leq N_3 < 7,5$ (regular) e c) $N_3 \geq 7,5$ (suficiente). Sendo assim, para o desempenho global dos estudantes foi atribuída uma nota, denotada por N_{SF} (em que $0 \leq N_{SF} \leq 10$), composta pela média aritmética das notas N_2 e N_3 , ou seja, $N_{SF} = (\sum_2^3 Ni)/2$, seguindo os mesmos parâmetros de desempenho das notas N_2 e N_3 .

4 Resultados e discussões

Dos 29 estudantes do 3º ano A envolvidos na pesquisa, 11 são do sexo masculino e 18 do sexo feminino, com idades entre 16 e 19 anos. Antes da efetivação das atividades

de ensino, foi aplicado um questionário de caracterização inicial, permitindo mapear e antever situações que poderiam favorecer ou não a aplicação da SD. O Gráfico 1 apresenta as perguntas realizadas neste questionário, aplicado junto à turma, como também o quantitativo de estudantes respondentes e suas respectivas respostas. Observando os dados reunidos neste questionário é possível identificar que, dos 24 estudantes que responderam ao questionário, 11 demonstram algum interesse pelas disciplinas de Física, Biologia e Química, proporcionando maior engajamento nas aulas de LPE.

Questionário de caracterização inicial - 3 ano A

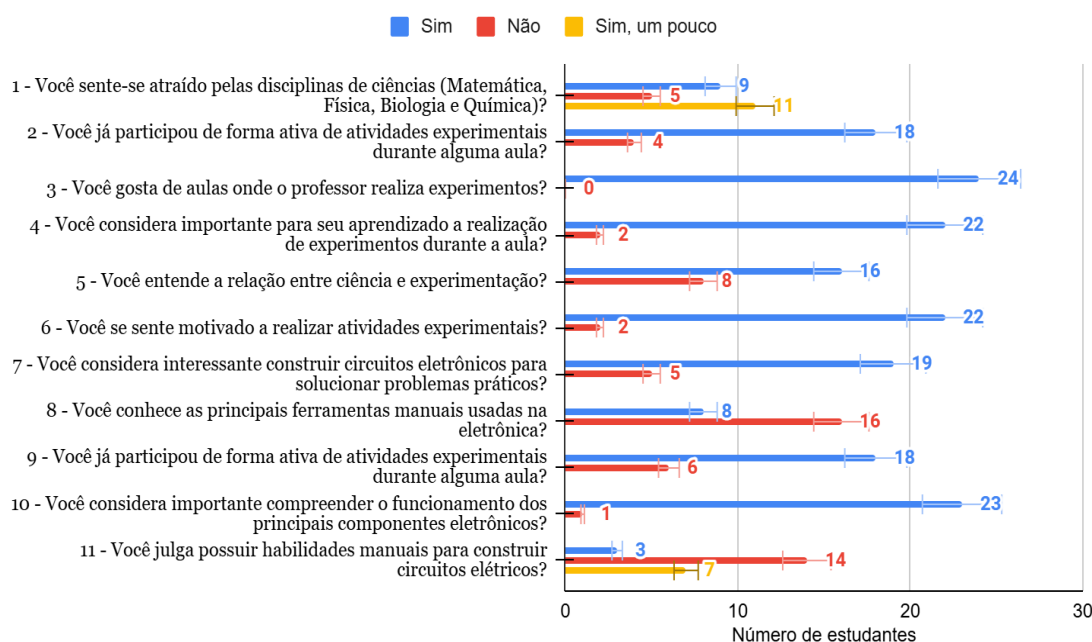


Figura 1: Respostas dadas pelos estudantes no questionário de caracterização inicial.

Fonte: Autor (2025).

Ao mesmo tempo, 18 estudantes afirmam já ter participado de alguma atividade de ensino com foco na realização de experimentos, o que permitiu maior integração do estudante nas diferentes etapas do ensino baseado na realização de atividades práticas. Quando indagados acerca da realização de experimentos no decurso das aulas, todos os 24 estudantes indagados, afirmam que gostam desses momentos. As relações entre ciência e experimentação é compreendida por 16 estudantes, revelando que a maioria entende o significado do processo experimental para a construção do conhecimento. A maioria, 22 estudantes, também afirmou estar motivada a realizar atividades experimentais. A construção de circuitos eletrônicos representa uma boa possibilidade para solucionar problemas práticos, segundo 19 estudantes indagados acerca de tal importância. Diante do conhecimento e uso de ferramentas manuais da eletrônica, a maioria, 16 estudantes, afirmou não conhecer, revelando um ponto importante de

aprendizado, principalmente focado no desenvolvimento de habilidades manuais para o uso de ferramentas. Um quantitativo de 18 estudantes afirmou já ter participado ativamente de atividades experimentais em algum momento do seu percurso escolar. A maioria dos estudantes, 23 destes, também considera importante compreender o funcionamento dos principais componentes eletrônicos, facilitando a aplicação da SD, ao passo que 14 estudantes afirmam não possuir habilidades para construir circuitos eletrônicos, constituindo mais um ponto a ser observado ao longo do processo de ensino e exercício das atividades práticas.

Com o objetivo de garantir maior aproveitamento e adequação das práticas de ensino durante a aplicação da SD, foi aplicado um pré-teste para mapeamento dos conhecimentos prévios dos estudantes, contemplando noções e conceitos básicos de eletrodinâmica discutidos na disciplina de Física e noções de teoria atômica. Sendo assim, observando o Gráfico 2, é possível perceber que, dos 24 estudantes do 3º ano A que realizaram o teste, 5 obtiveram notas $N_1 < 6,0$ (desempenho insuficiente), 11 notas $6,0 \leq N_1 < 7,5$ (desempenho regular) e 8 estudantes apresentaram notas $N_1 > 7,5$ (desempenho suficiente). De forma geral, 19 estudantes obtiveram notas $N_1 \geq 6,0$, indicando que a maioria dos participantes domina de forma adequada os princípios e conceitos fundamentais da eletricidade, representando elementos facilitadores da prática de ensino. Nesta etapa, a maioria dos estudantes foi capaz de definir o conceito de corrente elétrica e resistência, como também definir de forma adequada as características gerais de um circuito elétrico. Também foram capazes de enunciar de forma interpretativa as leis de Kirchhoff, com ênfase nos seus princípios de conservação de cargas elétricas e energia. O gráfico 2 destaca o desempenho dos estudantes face à aplicação do pré-teste.

Resultado do pré-teste - 3 ano A

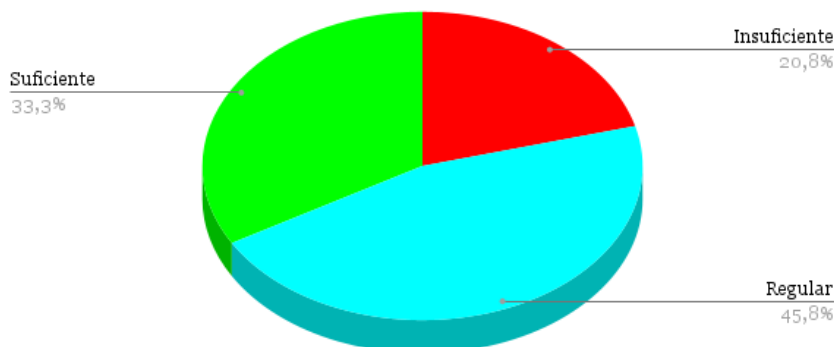


Figura 2 - Desempenho dos estudantes no pré-teste.
Fonte: Autor (2025).

Concluída as atividades de ensino voltadas para a consolidação teórica dos conteúdos, discussões, reflexões e cumprimento de atividades de fixação da aprendizagem, iniciaram-se as atividades práticas, sendo os estudantes organizados em grupos de 4 a 5 integrantes, com algumas variações nestes números. Nesta etapa, os estudantes organizaram seus grupos de forma independente, sem ingerências do professor-pesquisador. O 3º ano A reuniu 6 grupos de estudantes, os quais deliberaram entre si quais etapas do projeto e montagem do circuito seriam realizadas entre seus integrantes. Inicialmente, cada grupo recebeu uma placa de fenolite a ser submersa em perclorato de ferro, após cada grupo, assertivamente, ter delimitado as trilhas do circuito através de marcações realizadas com o uso de caneta de tinta permanente, como indicado na Figura 2.

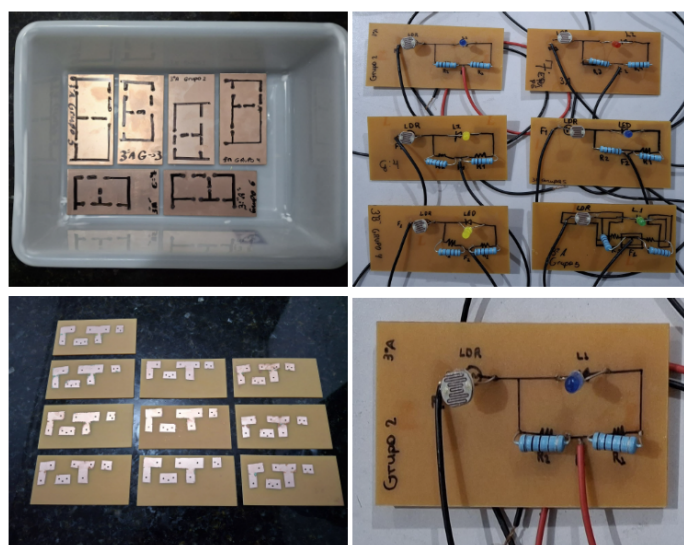


Figura 3: Etapas de confecção das placas do circuito, antes do uso do perclorato de ferro e aspecto posterior, finalizando com a fixação dos componentes eletrônicos.

Fonte: Autor (2025).

Após a confecção das trilhas do circuito nas placas, cada placa foi entregue a um dos grupos, iniciando então as etapas subsequentes de furação da placa e inserção dos componentes. Neste momento, foram fornecidos materiais e ferramentas para os estudantes e realizado um momento de apresentação e orientação acerca do uso correto e cuidados, evitando assim acidentes e/ou deterioração do material disponibilizado. É importante frisar que todas as atividades envolvendo o uso de ferramentas contundentes, micro retífica e ferro de solda, foram diretamente supervisionadas pelo professor-pesquisador, que além de verificar o uso correto e seguro dos instrumentos, intervinha de forma direta, suprimindo situações de risco e/ou mau uso do ferramental. A etapa de montagem e teste, consistiu em momento de verificação da aprendizagem e desenvolvimento de habilidades manuais, sendo o desempenho dos grupos avaliado. Sendo assim, todos os 6 grupos do 3º ano A iniciaram as atividades de montagem perfurando a placa de fenolite, já com suas trilhas delimitadas, usando uma micro retífica com broca de 1mm.



Figura 4: Estudantes do 3º ano A realizando o processo de montagem dos circuitos. Da esquerda para a direita: processo de furação da placa, soldagem dos componentes e teste de funcionamento.

Fonte: Autor (2025).

A Figura 4 destaca um dos grupos realizando a sequência de etapas de montagem. Iniciando com a perfuração da placa, é possível observar o manuseio correto da micro retífica, ergonomicamente construída para ser operada com uma mão, quando preferível pelo operador. Sendo o fenolite um material com características plásticas, os estudantes utilizaram a rotação mínima da ferramenta para executar os furos na placa. Nesta etapa, a maioria dos estudantes conseguiu manusear a ferramenta adequadamente, com pequenos episódios de intervenção do professor-pesquisador. Muitos estudantes mostraram-se inseguros para o manuseio, porém, após orientação e demonstração do

processo de uso, a maioria dos estudantes realizaram a atividade de forma correta e segura. Esta conjuntura indica o pouco convívio e utilização de ferramentas deste tipo pelos estudantes, dificultando o desenvolvimento de habilidades motoras e manuais para o exercício técnico ou prático. A imagem ao centro da Figura 4 destaca o processo de soldagem dos componentes na placa, após fixação da mesma em uma pequena morsa de bancada. Neste momento, os estudantes foram orientados a selecionar os componentes a serem utilizados no circuito, considerando seu tipo e quantidade. Realizada esta tarefa, o processo de soldagem foi realizado, com o uso correto de pasta para soldar, solda estanhada e manuseio adequado do ferro de solda. Muitos dos grupos não conheciam o processo de soldagem em eletrônica, porém conseguiram satisfatoriamente selecionar os componentes e realizar as soldas nos seus terminais em tempo suficiente.

No entanto, algumas dificuldades foram observadas, principalmente no que tange à distribuição uniforme da solda nos terminais dos componentes, sendo verificadas situações de retrabalho pelos estudantes, após verificação do professor pesquisador. Assim, quando constatadas, os grupos buscavam solucionar tal situação adicionando mais solda ou aquecendo aquela já depositada na busca pela uniformidade e fixação dos componentes. Isso evidencia o pouco domínio e manuseabilidade dos estudantes durante seu contato inicial com tais atividades. A fase de teste dos circuitos, visou a verificação do funcionamento destes, seguido de indagações acerca de sua utilidade e características. Para o teste, os estudantes utilizaram uma fonte regulável de tensão e corrente, capaz de atingir 15V e 2A. Sendo a fonte um instrumento de uso dedutível, os grupos foram capazes de ligar o circuito à fonte e realizar o teste, verificando o acendimento do LED apenas quando o LDR era exposto à luz. Diante de tal constatação, os grupos foram questionados acerca do fenômeno, os quais resgataram conceitos da Eletrodinâmica, destacando uma possível relação entre a intensidade da luz projetada sob o LDR e a intensidade da corrente fornecida para o LED. O desempenho dos 6 grupos de estudantes do 3º ano A é apresentado no Quadro 2, em que são indicados os pontos positivos e de atenção quanto à realização das atividades práticas.

Grupo	Avaliação		
	Pontos positivos	Pontos de atenção	Nota (N ₃)
1	<ul style="list-style-type: none"> Engajamento. Proatividade. Uso correto dos instrumentos e ferramentas. Capacidade de atuar em grupo. Organização. Capacidade de solucionar problemas técnicos eventuais. Assertividade na montagem do circuito. Funcionamento correto do circuito. Montagem em até 20min. 	<ul style="list-style-type: none"> Melhor distribuição das tarefas entre os integrantes. Confusão na escolha dos componentes. 	$N_3 > 7,5$
2	<ul style="list-style-type: none"> engajamento proatividade capacidade de atuar de grupo organização assertividade na montagem do circuito funcionamento correto do circuito montagem em até 20min 	<ul style="list-style-type: none"> Usar de forma correta as ferramentas incluindo a empunhadura do ferro de soldar. Solucionar problemas técnicos eventuais de forma organizada, sempre recorrente ao uso correto das ferramentas. 	$6,0 < N_3 \leq 7,5$
3	<ul style="list-style-type: none"> engajamento proatividade uso correto dos instrumentos e ferramentas capacidade de atuar de grupo assertividade na montagem do circuito funcionamento correto do circuito montagem em até 20min 	<ul style="list-style-type: none"> Melhor capacidade de solucionar problemas técnicos eventuais. Melhor organização dos materiais e instrumentos. 	$6,0 < N_3 \leq 7,5$
4	<ul style="list-style-type: none"> Engajamento Proatividade Uso correto dos instrumentos e ferramentas Organização Capacidade de solucionar problemas técnicos eventuais Assertividade na montagem do circuito Funcionamento correto do circuito Montagem em até 20min 	<ul style="list-style-type: none"> Melhor capacidade de trabalhar em grupo. 	$N_3 > 7,5$
5	<ul style="list-style-type: none"> Engajamento Proatividade Uso correto dos instrumentos e ferramentas Capacidade de atuar de grupo Organização Capacidade de solucionar problemas técnicos eventuais 	<ul style="list-style-type: none"> Melhor gerenciamento do tempo de montagem. 	$N_3 > 7,5$

	<ul style="list-style-type: none"> Assertividade na montagem do circuito Funcionamento correto do circuito 		
6	<ul style="list-style-type: none"> Engajamento Proatividade Capacidade de atuar de grupo Organização Capacidade de solucionar problemas técnicos eventuais Assertividade na montagem do circuito Funcionamento correto do circuito Montagem em até 20min 	<ul style="list-style-type: none"> Usar de forma correta as ferramentas incluindo a empunhadura do ferro de soldar. 	$N_3 > 7,5$

Quadro 2: Desempenho dos grupos formados pelo 3 ano A.

Fonte: Autor (2025).

Concluídas as atividades de montagem e teste do circuito, os estudantes foram submetidos a um pós-teste, para a verificação do aproveitamento e aprendizagem. Participaram desta etapa 23 estudantes do 3º ano A, de forma que 3 obtiveram notas $N_2 < 6,0$ (desempenho insuficiente), 4 notas $6,0 \leq N_2 < 7,5$ (desempenho regular) e 18 estudantes apresentaram notas $N_2 > 7,5$ (desempenho suficiente). Esse desempenho é apresentado no Gráfico 3, sendo possível verificar que, ao todo, 22 estudantes demonstraram conhecimento técnico e compreensão dos conceitos relacionados ao funcionamento do circuito construído. Nesta etapa, a maioria dos estudantes foi capaz de identificar e relacionar o seu funcionamento com a intensidade luminosa incidente sobre o circuito, como também dimensionar possíveis efeitos desta intensidade quando fornecida em altos valores, argumentando possíveis danos ao LED indicador de presença de luz. Paralelamente, os estudantes destacaram de maneira assertiva a importância dos resistores no circuito e como a corrente é dividida entre eles. Quando indagados acerca dos possíveis usos práticos do circuito, muitos estudantes argumentaram seu uso para o acionamento de lâmpadas em postes de iluminação pública, acionamento de máquinas e bombas de irrigação no campo durante as primeiras horas da manhã, através da luz solar, uso em brinquedos e instrumentos de detecção de radiação fora do espectro visível.

Resultado do pós-teste - 3 ano A

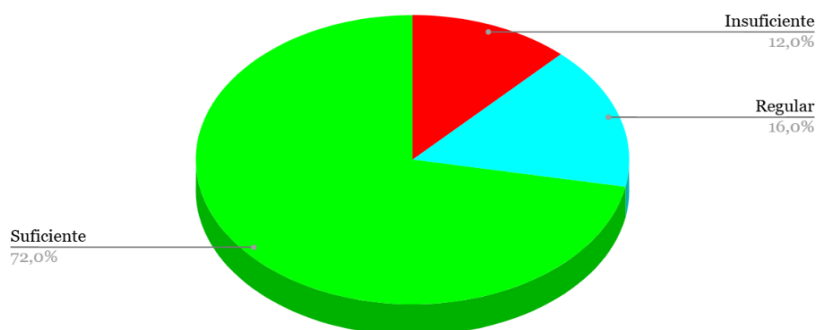


Figura 5:– Desempenho dos estudantes no pós-teste.
Fonte: Autor (2025).

Considerando as notas N_2 e N_3 obtidas pelos estudantes do 3º ano A nestas duas etapas, o Gráfico 4 apresenta o aproveitamento global N_{SF} da turma.

Desempenho global dos estudantes - 3 ano A

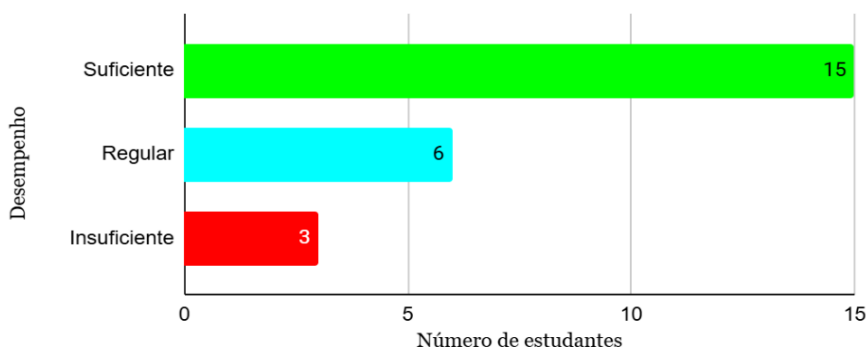


Figura 6: Aproveitamento global concluídas as atividades de ensino e atividades práticas.
Fonte: Autor (2025).

Observando o Gráfico 4 é possível inferir o satisfatório desempenho da turma ao final das atividades realizadas, sendo 21 o quantitativo de estudantes com desempenho $N_{SF} > 6,0$. Dessa forma, é possível constatar que a aplicação da SD e as atividades práticas desenvolvidas, não só reforçou os conhecimentos prévios dos estudantes do 3º ano A, mas aprofundou estes conhecimentos a partir da problematização envolvida na concepção de um circuito detector de luz. Destarte, a realização da montagem do circuito, além de contribuir para a materialização dos conceitos e leis da Eletrodinâmica, permitiu maior aproximação da teoria pelo exercício da prática, significando o conhecimento antes abstrato e restrito aos problemas resolvidos no quadro negro. Contrastando com este cenário, é possível observar um quantitativo de 3 estudantes com $N_{SF} < 6,0$. Este resultado decorre de lacunas de conteúdo e dificuldades no aprendizado conceitual, principalmente

relacionados ao estudo da intimidade atômica da matéria e suas implicações micro e macroscópicas. Sendo os fenômenos elétricos diretamente relacionados à natureza reticular da matéria, fragilidades no aprendizado da teoria atômica e suas implicações subjacentes, como a compreensão das forças intermoleculares e conteúdos relacionados, tendem a dificultar o aprendizado dos fenômenos elétricos, consequentemente prejudicando a compressão prática e funcional dos circuitos elétricos.

De forma geral, todos os estudantes do 3º ano A conseguiram desenvolver contato adequado com ferramentas e instrumentos do universo da eletrônica, muitos conseguindo utilizar de forma hábil, pela primeira vez, instrumentos de uso profissional. Isso tende a estimular no estudante a busca por novas possibilidades formativas, principalmente aqueles que estão cursando o último ano do Ensino Médio. Vale destacar também a visível complementaridade entre teoria e prática observada pelos próprios estudantes, cujos diálogos e indagações ao longo da prática de montagem, resgataram pontos da teoria discutida nas aulas, vídeos e atividades que antecederam a construção e teste do circuito. Diante disso, é factível a importância da prática centralizada em torno de um problema específico como meio de estímulo ao aprendizado, reforçando a participação do estudante e evidenciando a importância da teoria como meio de efetivação de processos tecnológicos. Ao término das atividades, foi aplicado um questionário de caracterização final, buscando compreender as novas percepções dos estudantes sobre a eletricidade e sua importância após as atividades. O Gráfico 5 apresenta as perguntas realizadas aos estudantes e suas respectivas respostas.

Questionário de caracterização final - 3 ano A

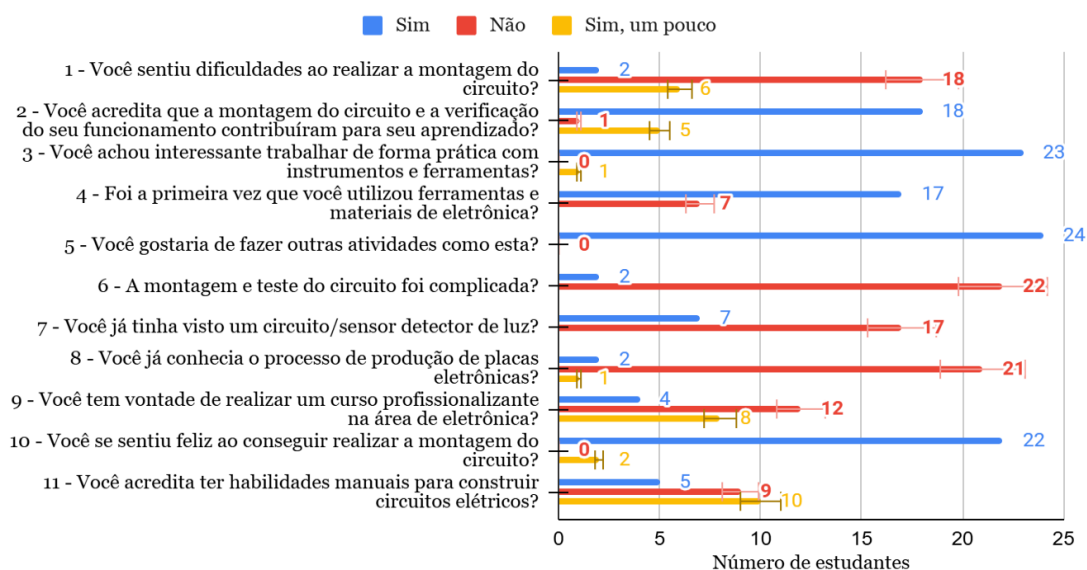


Figura 7 - Respostas dadas pelos estudantes no questionário de caracterização final.
Fonte: Autor (2025).

Ao serem perguntados acerca de eventuais dificuldades durante as atividades de montagem do circuito, 18 dos 24 estudantes que responderam ao questionário, afirmaram não ter sentido dificuldades durante esta etapa, indicando a viabilidade no desenvolvimento de habilidades manuais. Outros 18 estudantes concordam que a prática de ensino baseada na construção de circuitos práticos contribuiu para seu aprendizado. Ao mesmo tempo, 23 estudantes afirmam que foi interessante trabalhar de forma prática com ferramentas e instrumentos de eletrônica, ao passo que 17 estudantes afirmaram que foi a primeira vez que utilizaram ferramentas deste tipo.

Todos os 24 estudantes indagados afirmaram que gostariam de realizar outras atividades semelhantes. A maioria dos estudantes, 22, indicou que a montagem do circuito não foi complicada. Mais 17 estudantes destacaram que nunca tinham visto um circuito detector de luz, como também 21, que não conheciam as etapas de confecção de uma placa eletrônica. Quando indagados acerca da vontade de realizar um curso profissionalizante na área de eletrônica, 4 afirmaram que sentem vontade, 8 alguma vontade e 12 que não fariam. De forma geral, todos os 24 estudantes afirmaram se sentirem felizes em conseguir montar o circuito de forma correta. Com relação ao desenvolvimento de habilidades manuais para a construção de circuito elétrico, 5 estudantes afirmaram ter tais habilidades, 9 afirmaram não possuir e 10 que possuem alguma habilidade.

5 Considerações finais

A partir dos dados apresentados e das discussões realizadas, conclui-se que a SD idealizada com foco na aplicabilidade da Eletrodinâmica como meio de solução tecnológica, permitiu maior aproximação dos estudantes junto aos conteúdos, como também significar a teoria por meio do desenvolvimento do circuito detector de luz, reforçando a materialidade dos conceitos muitas vezes cristalizados nos livros didáticos. Paralelamente, constatou-se que o uso de ferramentas e instrumentos da eletrônica pelos estudantes durante as atividades práticas, estimulou o desenvolvimento de habilidades manuais, outrora superficiais e pouco exploradas no dia a dia dos estudantes. Aliada a esta perspectiva, o estímulo à prática profissional mediante atividades escolares representa importante ponto de partida para o estudante que busca formação técnica na

área tecnológica. Conclui-se também que a SD aplicada, conseguiu fortalecer os conhecimentos, ideias e conceitos prévios dos estudantes, aliada à técnica de construção, teste e interpretação funcional do circuito montado. Corroborando este cenário, o bom desempenho dos grupos em suas respectivas práticas de montagem demonstra o adensamento das ideias debatidas na sala de aula e atividades de fixação dos conteúdos.

O debate centrado na ciência e tecnologia, seus impactos e relevância para os diferentes setores da sociedade, também refletiram resultados positivos, tornando possível localizar as principais motivações que levaram ao desenvolvimento tecnológico mediado pelo avanço da ciência e seus métodos. Aliado a isto, a significação da ciência como meio fundante da tecnologia assume importante elemento de estímulo ao debate, principalmente diante de questões políticas, econômicas e desenvolvimentistas contemporâneas. Assim, o estudante pode reconhecer a ciência e a tecnologia como produtos do imperativo humano na busca pelo desenvolvimento, domínio e hegemonia. Isso constitui um dos papéis do LPE na formação do estudante para a apropriação racional e consciente da tecnologia. Destarte, reconhecer os percursos histórico, social e econômico da tecnologia elétrica permitiu maior completude na abordagem dos conteúdos e melhor condução das práticas de ensino. É importante destacar que muitos dos estudantes envolvidos na pesquisa nunca tiveram contato com técnicas de montagem de circuitos ou ferramentas manuais da eletrônica, o que não inviabilizou o desenvolvimento das atividades, compondo ponto de partida para a estruturação da prática voltada para o desenvolvimento de habilidades manuais.

Considerando as prerrogativas pedagógicas do LPE, a SD desenvolvida representou meio eficaz de apresentação dos conteúdos e estímulo ao dialogismo, refletindo nas diversas atividades produzidas pelos estudantes ao longo das discussões dos temas abordados nas aulas. A pluralidade de meios avaliativos implementados na SD confirma a importância da manutenção de processos que priorizem as várias habilidades e formas de expressão dos estudantes, incluindo atividades práticas em que situações problema possam resgatar os conhecimentos formais e as experiências dos estudantes num contexto em que a teoria ganha forma e substancialidade. Sendo assim, a construção do circuito detector de luz permitiu não apenas reforçar o aprendizado dos estudantes diante do estudo da Eletrodinâmica, mas estimular o exercício científico por meio da experimentação, tornando possível questionar, tecer hipóteses e constatar de forma material as respostas formuladas a partir das diferentes configurações de funcionamento do circuito construído. A partir disso, a prática de ensino se torna efetiva, transpondo os

limites teóricos dos problemas didáticos, gerando novas formas de apresentação dos conteúdos, inserindo o estudante numa realidade cujo sentido prático se mostra acessível e de fácil entendimento.

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&utm_id=hc0b65e5e73. Acesso em: 29 jul. 2025.

BERTO, J. A.; LORENZETTI, L. O desenvolvimento da educação CTS com o tema energia elétrica nos livros didáticos de Física do ensino médio: possibilidades e desafios. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, Mossoró, v. 9, n. 29, p. 288-305, 2023.

Disponível em: <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/RECEI/article/view/4317>. Acesso em: 27 jul. 2025.

CID, A. S.; PIZZI, M.; LACERDA, T. C.; DE OLIVEIRA, E. T. Proposta de Sequência Didática para Hidrostática: Aprendizagem Ativa em Destaque no Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 1, p. 422-445, 2021. Disponível em:

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/73263>. Acesso em: 13 out. 2025.

IBRAHIM, H. C. A política industrial na Coreia do Sul e no Brasil durante o paradigma tecnológico da microeletrônica. **Revista Cadernos de Campo**, Araraquara, v. 12, n. 27, p. 83-114, 2019. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/cadernos/article/view/13135>. Acesso em: 27 jul. 2025.

MONTEIRO, J. C.; CASTILHO, W. S.; SOUZA, W. A. de. Sequência didática como construto de promoção da aprendizagem significativa. **Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica**, v. 9, n. 01, p. 292-305, 2021. Disponível em:

<https://ojs.ifes.edu.br/index.php/dect/article/view/1277>. Acesso em: 13 out. 2025.

QUIROGA, F. L.; BESSA, R. de. A educação em tempos de smartphones e redes sociais: por uma crítica permanente no enfrentamento da dessubjetivação e monitoramento. **Revista Texto Livre: Linguagem e Tecnologia**. Belo Horizonte, v. 17, n. 01, p. 1-11, 2024. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/tl/a/D7ZDsHqWJyMYNs3HVKfqrDN/>. Acesso em: 25 jul. 2025.

RODRIGUES, J. J. V.; OLIVEIRA, E. C.; GUERRA, C. A abordagem ciência-tecnologia-sociedade no ensino da física com enfoque na energia: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 50, n. 02, p. 1-21, 2024. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ep/a/Y6Dq4K9mCYFOXsdk3QpQd5G/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 jul. 2025.

SIQUEIRA, K. S. de. Linguagem e tecnologias digitais no ensino da física como elementos facilitadores da aprendizagem. **Revista Processando o Saber**, Praia Grande, v. 15, n. 01, p. 75-97, 2023a. Disponível em: <https://fatecpg.edu.br/revista/index.php/ps/article/view/297>. Acesso em: 25 jul. 2025.

SIQUEIRA, K. S. de. Física dos materiais semicondutores no ensino médio: possibilidades e desafios. **Revista Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 8, n. 02, p. 1125–1142, 2023b. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/2529. Acesso em: 27 jul. 2025.

SIQUEIRA, K. S. de. Construção de um circuito de medição transistorizado para o ensino da física dos semicondutores no ensino médio. **Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica**, Vitória, v. 14, n. 1, 2024. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/dect/article/view/2656>. Acesso em: 27 jul. 2025.

SIQUEIRA, K. S. de. Desafios no ensino da Eletrodinâmica no Ensino Médio. **Revista Sítio Novo**, Palmas, v. 9, n. 01, p. 1-22, 2025. Disponível em: <https://sitionovo.ifto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/1747>. Acesso em: 27 jul. 2025.

TONIDANDEL, D. A.V.; ARAÚJO, A. E. A. de; BOAVENTURA, W. do C. História da Eletricidade e do Magnetismo: da Antiguidade à Idade Média. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 40, n. 04, p. 1-8, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/fQ4Ck9MFSK5gHxKnQJy7T3x/>. Acesso em: 27 jul. 2025.

Recebido em: 11 de agosto de 2025

Aceito em: 27 de outubro de 2025