
CONSTRUÇÃO DE UM CIRCUITO DE MEDIÇÃO TRANSISTORIZADO PARA O ENSINO DA FÍSICA DOS SEMICONDUTORES NO ENSINO MÉDIO

KLEBER SALDANHA DE SIQUEIRA

Universidade Federal de Alagoas
Kleber.siqueira@cedu.ufal.br

RESUMO:

A tecnologia tem se mostrado elemento indissociável na sociedade moderna, reconfigurando a forma como vivemos, aprendemos e interagimos, individual e coletivamente. Nesse contexto, o ensino da Física prioriza a formação substantiva de sujeitos capazes de utilizar o ferramental científico na solução de problemas cotidianos ou tecnológicos. Sendo as atuais tecnologias baseadas no comportamento semicondutor do silício e nos diversos sistemas eletrônicos digitais de automação, controle, comunicação e informação, presentes nos vários setores da sociedade, a física dos semicondutores representa importante conteúdo para o Ensino Médio, permitindo maior alcance na compreensão científica e tecnológica pelo sujeito. Com base nos paradigmas atuais da educação científica, este artigo tem por objetivo destacar os resultados de uma proposta didática baseada no dimensionamento e construção de um circuito medidor de nível de água transistorizado pelos estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola estadual, pertencente ao programa alagoano de ensino integral (pALei), localizada no município de Arapiraca, durante a ministração do componente curricular Projeto Integrador (PI), pertencente à base diversificada do programa. Ao longo do desenvolvimento do componente, os estudantes, divididos em grupos, foram levados à problematização do monitoramento do nível de água presente na caixa d'água da escola, sendo capazes de dimensionar o circuito, montá-lo e executar testes, solucionado o problema inicialmente apresentado a partir do aporte teórico desenvolvido no projeto, baseado nos princípios da eletrodinâmica e na física dos semicondutores.

PALAVRAS-CHAVE:

Eletricidade, Semicondutores, Problemas tecnológicos, Educação científica.

CONSTRUCTION OF A TRANSISTORIZED MEASUREMENT CIRCUIT FOR TEACHING SEMICONDUCTOR PHYSICS IN HIGH SCHOOL

ABSTRACT:

Technology has proven to be an inseparable element in modern society, reshaping the way we live, learn and interact, individually and collectively. In this context, Physics teaching prioritizes the substantive training of subjects capable of analyzing, reflecting and using scientific tools to solve everyday or technological problems. As current technologies are based on the semiconductor behavior of silicon and the various digital electronic automation, control, communication and information systems, present in various sectors of society, semiconductor physics represents important content for high school, allowing greater reach in scientific understanding and technological by the subject. Based on current scientific education paradigms, this article aims to highlight the results of a didactic proposal based on the design and construction of a transistorized water level measuring circuit by students in the 2nd year of high school at a state school, belonging to the Alagoas comprehensive education program (pALei), located in the municipality of Arapiraca, during the delivery of the Integrator Project (PI) curricular component, belonging to the program's diversified base. Throughout the development of the component, the students, divided into groups, were

led to the question of monitoring the water level present in the school's water tank, being able to size the circuit, assemble it and carry out tests, solving the problem initially presented based on the theoretical contribution developed in the project, based on the principles of electrodynamics and the physics of semiconductors.

KEYWORDS:

Electricity, Semiconductors, Technological problems, Scientific education.

1. INTRODUÇÃO

Estabelecer estratégias de ensino capazes de tornar os conteúdos significativos e próximos da vida do estudante é papel da didática, que faz uso de diferentes abordagens, técnicas e processos para a efetivação do aprendizado, sendo seu domínio preponderante para a prática docente (BASTOS, 2017). O ensino da Física, marcado pela abstração e uso de técnicas matemáticas para o desenvolvimento de seus conceitos e ideias, tem utilizado diferentes caminhos didáticos para motivar a aprendizagem significativa, fortalecendo os princípios da educação científica e as atuais normativas educacionais voltadas para o ensino tecnológico (BATTISTEL; HOLZ; SAUERWEIN, 2022). Sendo a sociedade marcada por diferentes tipos de tecnologias, cada qual impactando de forma direta a maneira como vivemos e agimos, a Física, com suas leis, princípios e interpretações fenomenológicas do universo, representa importante elemento capaz de significar estas tecnologias no dia a dia do estudante, tornando possível a interpretação e solução de problemas práticos.

Corroborando com este cenário, o desenvolvimento de componentes eletrônicos de estado sólido como o diodo e o transistor, na primeira metade do século XX, além de revolucionar de forma decisiva a eletrônica, tem ressignificado a sociedade por meio das diferentes tecnologias digitais da informação e comunicação, sendo necessário compreender como os sistemas constituídos por estes componentes atuam, ampliando o estudo da eletrodinâmica em Nível Médio, fortalecendo o papel da educação científica na apropriação do conhecimento aplicado (SIQUEIRA, 2023a; SIQUEIRA, 2023b). É fundamental para o estudante compreender as possibilidades tecnológicas dos materiais e dispositivos semicondutores para uma compreensão racional e humana das atuais tecnologias digitais.

A construção de circuitos eletrônicos como possibilidade didática para o estudo dos materiais semicondutores, aliada à problematização de situações do cotidiano, representa

importante estratégia didática, permitindo ao estudante localizar o conteúdo em seus limites teórico e prático, a partir da idealização, dimensionamento, construção e teste destes circuitos. Nesta pesquisa, objetivando desenvolver a física dos semicondutores no Ensino Médio, os estudantes do 2º ano de uma escola estadual de tempo integral localizada no município de Arapiraca, Alagoas, matriculados no componente Projeto Integrador (doravante PI), foram levados ao problema de monitorar o nível de água da caixa d'água da escola *lócus* da pesquisa de forma simples, barata e segura, utilizando conhecimentos de eletrodinâmica, ferramentas manuais básicas, instrumentos de medida e componentes eletrônicos, incluindo resistores, *leds* e transistores.

2. O QUE É O PROJETO INTEGRADOR PI?

O estado de Alagoas é pioneiro na implantação do Ensino Integral no país a partir do Programa Alagoano de Ensino Integral (doravante pALei). Por meio do Decreto Estadual nº 40.207 de 20 de abril de 2015, revisto pelo Decreto Estadual nº 50.331 de 12 de setembro de 2016, as escolas da rede estadual alagoana agora contam com nova estrutura curricular, e espaço físico, atendendo às normativas da Portaria Ministerial nº 1.145 de 10 outubro de 2016. O Ensino Integral caracteriza-se pela adoção de um currículo voltado para a realidade do estudante, valorizando a cultura do estado, os saberes locais de cada comunidade, as vivências e trajetórias dos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem, estimulando o jovem ao protagonismo, em que o conhecimento é construído de forma colaborativa, entre professores e estudantes.

O Ensino Integral é composto pelos componentes curriculares da base (disciplinas normais do Ensino Médio) e pela parte diversificada, complementando a primeira, dividida em (1) Laboratórios de Aprendizagem, (2) Estudos Orientados, (3) Disciplinas Eletivas, (4) Clube Juvenil, (5) Projeto Orientador de Turma e o (6) Projeto Integrador. Cada unidade diversificada que compõe o Ensino Integral possui carga horária e estrutura pedagógica específicas, em articulação com o plano estratégico de intervenção da escola, que estabelece metas coletivas objetivando a melhoria da aprendizagem na unidade de ensino. Nesta pesquisa, o PI foi explorado de forma estratégica, seguindo suas nuances pedagógicas, para o desenvolvimento do tema física dos semicondutores. Conforme o documento orientador do pALei, versão 2019, o PI deve abordar e alcançar a seguinte proposta pedagógica:

Os Projetos Integradores têm como proposta inicial identificar situações problemas no território, ou seja, localizar e reconhecer contextos que causem experiências negativas para seus envolvidos, como por exemplo agridam aos direitos humanos ou prejudiquem o meio ambiente e que ainda sejam passíveis de estratégias educacionais para sua resolução (ALAGOAS, 2019, p. 70).

Obedecendo a este trajeto pedagógico, o PI tem por premissa abordar temas problematizadores da realidade escolar, direcionando as atividades para uma possível solução, capaz de resolver ou dirimir os impactos negativos deste problema, analisado sob o prisma didático pelos estudantes, que se tornam agentes ativos no processo de aprendizagem. Para cada semestre do ano letivo, o PI assume diferentes temáticas, de modo que são desenvolvidos dois temas problematizadores ao longo do ano letivo, cada qual tendo seus resultados apresentados à comunidade escolar por meio dos momentos de culminância, quando são convidados todos os representantes da comunidade, com o objetivo de partilhar experiências e aprendizados.

Além de importante meio de identificação e intervenção de problemas na escola e comunidade externa, o PI possui caráter transversal e multidisciplinar, sendo preponderante a articulação deste com pelo menos três disciplinas da base, permitindo ao estudante reconhecer as diferentes inter-relações dos conteúdos na análise e discussão do problema estudado. O tema explorado ganha densidade e significado acadêmico para o estudante, que consegue visualizar formas de enfrentamento do problema a partir do conhecimento, da reflexão e do discurso, desenvolvendo habilidades importantes e o aprendizado significativo.

3. ELETRODINÂMICA, HISTORICIDADE E ASPECTOS PEDAGÓGICOS

De todos os fenômenos físicos conhecidos, a eletricidade, estudada de forma empírica pelos gregos no século VI a.C., antes mesmo do surgimento da ciência como ferramenta basilar na construção do conhecimento, tem revolucionado a vida do homem de forma contínua, permitindo a concepção de novas tecnologias e o avanço daquelas já consolidadas no nosso cotidiano (TONIDANDEL; ARAÚJO; BOAVENTURA, 2018). O domínio da eletricidade remonta a inúmeros experimentos eletrostáticos, cujo objetivo era investigar a natureza das entidades envolvidas nos fenômenos elétricos, muitos destes associados à eletrização de corpos de materiais diferentes, produzindo atração ou repulsão destes. Uma das primeiras tarefas realizadas pelos precursores da eletricidade foi estabelecer, de forma correta, que a eletricidade possui duas ‘naturezas’ distintas,

uma positiva e outra negativa; sendo o equilíbrio destas *'naturezas'* importante para a estabilidade elétrica da matéria (OKA, 2000). A partir desta concepção, formulou-se a ideia de *'fluido elétrico'*, capaz de ser transportado de um corpo para outro por meio de processos específicos, como o atrito.

Esta ideia logo foi aperfeiçoada quando Thomson provou que os raios catódicos eram formados por partículas, ao mesmo tempo que a teoria atômica da matéria ganhava consistência com os trabalhos de Rutherford, rendendo para cada um o Prêmio Nobel de Física e Química, respectivamente (GIBERT, 1982). Na primeira metade do século XX, com a continuidade das pesquisas, o átomo foi definitivamente caracterizado, com suas partículas fundamentais (prótons, nêutrons e elétrons) e suas propriedades intrínsecas, como massa, volume e carga elétrica. Com este conjunto de informações, a fenomenologia elétrica pôde ser explicada de maneira satisfatória, permitindo o desenvolvimento e aperfeiçoamento de sistemas elétricos que mudaram a forma como vivemos (FERREIRA; PAIVA; DOURADO, 2019).

Continuando o histórico de avanços, no final da primeira metade do século XX, os materiais semicondutores, produzidos a partir dos resultados da Mecânica Quântica e da Física do estado sólido, até então, reconfiguraram o papel da eletricidade, no mundo tecnológico, impactando de forma definitiva a sociedade, revolucionando todas as formas de comunicação, informatização, transportes, processos industriais e a própria eletrônica, envolta na microeletrônica e suas recentes possibilidades tecnológicas (SOARES NETO, 2018). Diante deste cenário, inúmeros foram os avanços nas últimas décadas, levando à definição de novos paradigmas na tecnologia como também a resignificação da indústria, fundamentada hoje na informatização de meios e processos, vitais para a sobrevivência manufatureira, diante do contínuo avanço do setor tecnocientífico (MOREIRA JÚNIOR, 2020).

Fica evidente a relevância da formação cultural, escolar e profissional acerca da eletricidade, seus impactos tecnológicos e sociais. Especificamente na seara formativa dos profissionais das áreas de Ciências e Engenharia, o estudo da eletrodinâmica, embasado num currículo atual, assentado em uma compreensão consistente dos fenômenos elétricos, reverbera a presença e importância deste campo do conhecimento na formação destes profissionais, que buscam a solução de problemas técnicos e científicos. No contexto pedagógico, muitas são as dificuldades do estudante na compreensão da eletrodinâmica, dada sua abstração e conceitos rebuscados.

Muitos estudantes que ingressam no ensino superior, ainda carregam consigo conceitos físicos em desacordo com a fenomenologia, muitos acreditando que a corrente elétrica em um condutor se dá pelo deslocamento de elétrons em alta velocidade, o que fisicamente não ocorre, sendo tal velocidade da ordem de alguns cm/s, ou que corrente elétrica e tensão são medidas do mesmo evento físico, sendo incapazes de relacionar a tríade resistência, corrente e tensão, sendo que a intensidade da corrente é derivada do valor da tensão aplicada e da resistência elétrica do condutor. Tais problemas surgem da idealização exacerbada, favorecendo a didática, porém prejudicando o rigor fenomenológico, fundamental para o aprendizado substantivo (CARNEIRO *et al.*, 2022). Além de enfatizar, de modo concreto e embasado na realidade física, os fenômenos elétricos que explicam o deslocamento de cargas em um condutor, o professor deve ser capaz de inter-relacionar estes fundamentos de forma aplicada, levando o estudante a perceber o valor deste conhecimento no estudo e análise de circuitos lineares¹, majoritariamente abordados no 3º ano do Ensino Médio.

Aliada do professor nesta tarefa, a contextualização de problemas específicos de natureza tecnológica, além de envolver o estudante na sua futura prática profissional, fortalece a construção dialógica do conhecimento e o próprio aprendizado, baseado em resoluções criativas, embasadas nos fundamentos teóricos desenvolvidos pelo professor, carregadas de sentido para o estudante (MOREIRA, 2021). O estudante pode inferir várias soluções para o mesmo problema ou, dada as especificidades do problema e os objetivos de aprendizado, propor a reconfiguração do circuito, buscando sua maior efetividade funcional no contexto tecnológico. Tal abordagem vai de encontro à resolução mecânica de problemas que, na maioria das vezes, privilegia a memorização das Leis de Ohm e Kirchhoff, aplicadas a circuitos resistivos sem vínculo prático.

Esta possibilidade, além de não contribuir com o desenvolvimento de habilidades e competências para o exercício cotidiano e profissional, inibe a percepção de conhecimento estruturado em ‘rede’, visto que cada novo aprendizado mantém relação com outro anterior. Fortalecendo os métodos de ensino centrados no estudante, a exibição de novos conteúdos relacionados diretamente com a realidade permite não só dar significado para o conhecimento,

¹ Denomina-se circuito linear aquele formado por componentes lineares como resistores, capacitores, bobinas, indutores, transformadores, e outros elementos, onde a tensão aplicada a estes componentes guarda alguma relação de proporcionalidade com a corrente elétrica que o percorre.

mas demonstrar a importância da prática científica na elaboração do saber crítico e como este é incorporado à sociedade por meio das várias vertentes tecnológicas, desconstruindo a concepção de ciência neutra e ‘*acabada*’, mostrando para o estudante que o conhecimento tecnológico, além de ser baseado no trabalho científico, possui impacto direto nos valores, crenças e condutas coletivas do ser humano.

Para garantir o aprendizado da eletrodinâmica como ferramenta básica na análise de circuitos, defendemos uma postura didática na qual o professor reconstrua conceitos, valorizando a Física em seu contexto real, descrevendo problemas didáticos instigadores baseados em situações tecnológicas práticas, fortalecendo a participação ativa do estudante, que deve se apropriar do ferramental matemático na resolução destes problemas, demonstrando senso crítico, capacidade conceitual e algébrica.

4. METODOLOGIA

A ciência busca a explicação de fenômenos por meio de métodos e técnicas próprias, congruentes com as respostas a serem encontradas, ao mesmo tempo alicerçadas no pensamento racional (RICHARDSON, 2009). A pesquisa em educação segue esta premissa, contando com métodos e abordagens capazes de explicar determinado evento ou fenômeno no espectro do ensino e aprendizagem (MOREIRA, 2011). Neste trabalho, a pesquisa-formação foi escolhida como método investigativo para observação e análise dos resultados obtidos no PI, permitindo dimensionar como este componente contribuiu para o aprendizado da física dos semicondutores. A pesquisa-formação caracteriza-se pela incursão, *in loco*, do pesquisador na realidade investigada (sala de aula), sendo este participante do processo, contribuindo com a melhoria das ações educativas.

Dentro desta perspectiva, diversos estudos vêm consolidando a pesquisa-formação no cenário científico, dado seu impacto positivo na educação emancipadora, o que corrobora com o pensamento de Ximenes, Pedro e Corrêa (2022):

[...] estudos têm apontado que a pesquisa-formação, vem sendo utilizada de diversas formas e intencionalidades, com vistas à formação e emancipação dos sujeitos, em que a produção do conhecimento está subjacente elaboração e reflexão contínua da práxis pedagógica, ancoradas na unidade teoria-prática (XIMENES; PEDRO; CÔRREA, 2022, p. 5).

Completando o método, a abordagem qualitativa-descritiva foi escolhida pelo seu caráter analítico, permitindo reunir dados qualitativos e informações numéricas de forma interseccional, além de levar à descrição e interpretação fenomenológica dos eventos delimitados. Neste trabalho, o docente assume o papel de pesquisador, implementando o PI a partir do plano de trabalho, preliminarmente submetido à apreciação da escola e à Gerência Especial de Educação (GEE), acompanhando o desenvolvimento do componente e seus resultados. Sendo assim, após análise do plano e aprovação da escola e da Gerência, iniciaram-se as atividades do projeto, com momento de conscientização acerca da pesquisa, seus objetivos científicos, aspectos éticos voltados para a preservação das identidades dos participantes, veiculação dos dados e publicização dos resultados para a pesquisa científica, sendo vedado o uso destes para fins diversos. Após anuência dos participantes, foi realizado momento de explanação acerca do PI, seus objetivos e contribuições na formação escolar dos estudantes.

Para a realização deste trabalho, os 40 estudantes do 2º ano do Ensino Médio da escola, regularmente matriculados no PI, período 2023.2, foram orientados a formar 8 grupos de 5 membros, sem interferência do professor-pesquisador. Concluída a formação dos grupos, os estudantes foram submetidos a um teste de conhecimentos prévios, objetivando mapear o domínio de conceitos e ideias importantes para o aprendizado dos princípios básicos da eletricidade. O teste foi constituído por 20 perguntas, sendo 10 objetivas, quando o estudante escolhia uma resposta correta dentre cinco alternativas apresentadas e 10 discursivas, nas quais o estudante estruturava de forma lógico-racional seu pensamento a partir do problema salientado na pergunta. Denotando por N_A a nota dos estudantes nesta etapa, foram estabelecidos três grupos de desempenho, em que, sendo $N_A < 5,0$ atribui-se desempenho *insuficiente*, para $5,0 \leq N_A \leq 7,0$ *regular* e para $N_A > 7,0$ *suficiente*.

Decorrida esta etapa, os grupos foram orientados a escolher um tema relacionado aos conteúdos desenvolvidos no projeto, para apresentação em seminário, buscando fortalecer o diálogo, sanar dúvidas ou preencher lacunas de aprendizado. Para avaliar o desempenho dos grupos nesta etapa, foram estabelecidos os seguintes parâmetros: (1) *tempo máximo de 15 minutos para apresentação*, (2) *distribuição equalizada do tempo para os integrantes*, (3) *domínio técnico e conceitual do tema*, (4) *desenvoltura didática* e (5) *contextualização com a montagem do circuito medidor e resolução de problemas*. Para cada parâmetro elencado anteriormente foi atribuído o

valor 2,0 e denotada por N_B a nota obtida pelos grupos nesta etapa, estando localizada no intervalo $0 \leq N_B \leq 10,0$.

Para a montagem do circuito medidor de nível de água, foram realizadas oficinas, distribuídas em quatro momentos, nos quais dois grupos tinham a tarefa de montar e testar o circuito em 30 minutos. Nesta etapa, cada grupo foi avaliado segundo a observação dos seguintes parâmetros: (1) *montagem e teste no tempo estabelecido*, (2) *desenvoltura no uso de ferramentas manuais e instrumentos*, (3) *organização*, (4) *participação coletiva*, (5) *capacidade de solucionar imprevistos e/ou dificuldades*, (6) *uso racional dos materiais*, (7) *observância às orientações de segurança*, (8) *capacidade de inter-relacionar teoria e prática*, (9) *compreensão tecnocientífica do problema* e (10) *funcionamento adequado do circuito*. Tendo em vista os parâmetros anteriores, foi atribuído o valor 1,0 para cada um deles, denotando-se por N_C a nota obtida por cada grupo durante as oficinas, compreendida no intervalo $0 \leq N_C \leq 10,0$.

Concluindo o PI, foi aplicado um teste de conhecimentos adquiridos, objetivando dimensionar o aprendizado dos estudantes sobre a física dos semicondutores e sua importância no contexto prático-social. Tal como ocorre no teste de conhecimentos prévios, a avaliação mencionada foi composta por 20 perguntas, sendo 10 objetivas, com cinco alternativas de resposta, bem como 10 discursivas, em que o estudante podia estruturar seu pensamento a partir dos conteúdos, experiências, observações e problemas solucionados ao longo do PI. Nesta avaliação, foram utilizados os mesmos grupos de desempenho e intervalos para as notas obtidas no teste de conhecimentos prévios, sendo a nota do teste de conhecimentos adquiridos denotada por N_D . Tendo em vista os instrumentos avaliativos empregados nesta pesquisa, denotamos por S o desempenho global individual dos estudantes ao final da proposta, sendo este expresso como a média aritmética dos resultados obtidos nas avaliações N_A , N_B , N_C e N_D , ou seja, $S = \frac{\sum_{i=A}^D (N_i)}{4}$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

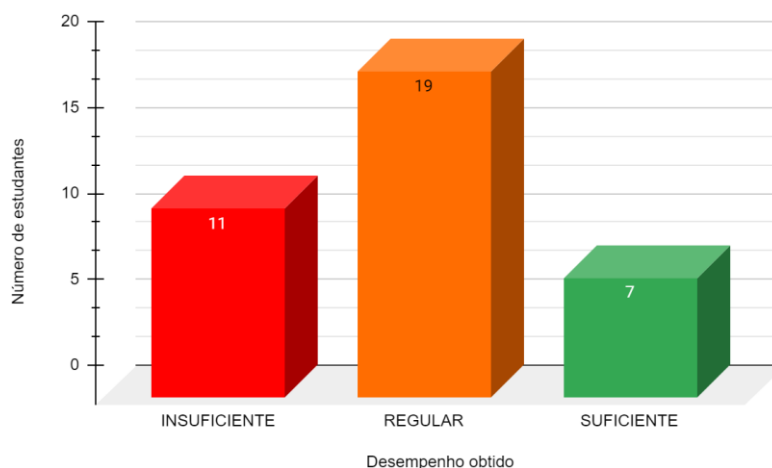
Participaram da pesquisa 40 estudantes, sendo 23 do sexo masculino e 17 do sexo feminino, todos na faixa etária entre 16 e 18 anos. Com base na distribuição dos grupos, realizada pelos próprios estudantes, observou-se, em média, que cada um era formado por 2 estudantes do sexo feminino e 3 do sexo masculino, com pequenas variações deste quantitativo. A seguir, são evidenciados e discutidos os resultados dos testes, apresentada a metodologia pedagógica e

analisado o desempenho dos estudantes nos seminários e nas oficinas de montagem e teste do circuito.

5.1. RESULTADOS DO TESTE DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

Com objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, necessários para o estudo dos conceitos básicos de eletricidade e física dos semicondutores, conduzir a prática de ensino e fornecer conhecimento substancial para a análise funcional do circuito medidor, foi aplicado o teste de conhecimentos prévios, cujo resultado é apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Desempenho dos estudantes no teste de conhecimentos prévios



Fonte: Autor (2023).

A partir da análise do gráfico, observa-se que 29% dos estudantes tiveram desempenho insuficiente, não dominando de forma substantiva conceitos básicos sobre a estrutura da matéria, normalmente abordados no 1º ano do Ensino Médio, não compreendendo os principais mecanismos de interação entre átomos, forças intermoleculares e correlacionar as propriedades macroscópicas das substâncias com sua natureza molecular. Já 51% dos estudantes mostraram desempenho regular, sendo capazes de explicar satisfatoriamente os principais fenômenos químicos associados à interação atômica, à estabilidade eletrônica, à formação de íons e descrever o comportamento de algumas substâncias a partir de sua constituição química. Ao mesmo tempo, 18% destes demonstram suficiência dominando de forma profunda conceitos relacionados aos fenômenos atômicos, suas implicações macroscópicas e influência direta na compreensão da eletricidade.

De forma geral, 26 estudantes (70%) obtiveram notas $N_A \geq 5,0$ dominando de forma consistente os conceitos necessários para o PI. Sendo uma das premissas do projeto fortalecer o interlocução, os estudantes com desempenho insuficiente e seus grupos foram orientados a auxiliar seus integrantes, dirimindo dúvidas e sanando lacunas de aprendizado, ao mesmo tempo que foram explorados, na forma de revisão, alguns conceitos básicos sobre a teoria atômica, durante as aulas introdutórias, buscando a melhoria do aprendizado desses estudantes. Sendo assim, verificou-se a viabilidade do projeto.

Seguido desta etapa, foi realizado momento de debate, tencionando contextualizar o problema central do PI em torno do monitoramento do nível de água da caixa d'água da escola, fortalecendo a importância do estudo de certos conceitos de eletricidade para a construção de um circuito de medição, ao mesmo tempo evidenciando o papel crucial da tecnologia na solução de problemas práticos no cotidiano. Após este momento, foram ministradas as aulas e os exercícios de fixação abordando os principais conceitos da eletrodinâmica necessários ao PI, considerando os conhecimentos demonstrados pelos estudantes no teste de conhecimentos prévios. Concluída esta etapa de ministração do conteúdo, foi disponibilizada, para cada grupo, uma lista contendo 10 exercícios de aprofundamento, resolvida na sala de aula com auxílio do professor-pesquisador, objetivando a consolidação da aprendizagem.

Completando o conteúdo básico sobre eletrodinâmica, foram ministradas aulas abordando conceitos fundamentais sobre física dos semicondutores, com ênfase no funcionamento do diodo e do transistor, essenciais para o prosseguimento do PI. Ao final desta etapa, também foi aplicada uma lista com 10 exercícios de aprofundamento com os grupos, resolvida na sala de aula com o professor-pesquisador, objetivando o fortalecimento da aprendizagem deste conteúdo. No Quadro 1, são reunidos e discriminados os instrumentos avaliativos, com a caracterização pedagógica e finalidade no corpo da pesquisa, como também elencados os conteúdos das aulas ministradas.

Quadro 1: Organização pedagógica do projeto

Atividade realizada	Descrição/Conteúdo	Carga horária
Teste de	Teste constituído por 10 perguntas objetivas e 10 discursivas sobre a natureza atômica da matéria, ligações químicas, forças	1 hora

conhecimentos prévios.	intermoleculares e propriedades físicas dos diferentes estados de agregação da matéria.	
Debate sobre a física aplicada à tecnologia.	Diálogo estruturado professor-aluno e aluno-aluno, sobre as relações entre física e tecnologia, seus impactos na solução de problemas cotidianos e discussão acerca do problema central do projeto, voltado para o monitoramento do nível de água da caixa d'água da escola.	2 horas
Aulas sobre eletrodinâmica básica.	Ministração de aulas com exercícios de fixação, distribuídas nos seguintes conteúdos: 1 - Estrutura atômica (1 aula); 2 - Processos de eletrização (1 aula); 3 - Eletricidade e sociedade (1 aula); 4 - Conceito de corrente elétrica (2 aulas); 5 - Conceito de tensão elétrica (2 aulas); 6 - Baterias, geradores, processos de geração de eletricidade e instrumentos de medição (1 aula); 7 - Circuitos e resolução de problemas práticos (1 aula); 8 - Lei de Ohm (1 aula); 9 - Circuitos resistivos (2 aulas); 10 - Potência elétrica (1 aula);	13 horas
Resolução em classe de lista de exercícios de fixação.	Síntese geral do conteúdo organizado em lista composta por 10 exercícios de aprofundamento, realizada na sala de aula, em dupla, sob orientação do professor.	1 hora
Aulas sobre física básica dos semicondutores.	Ministração de aulas com exercícios de fixação distribuídas nos seguintes conteúdos: 1 - Condutores e isolantes (1 aula); 2 - História dos semicondutores (1 aula); 3 - Diodo e comportamento semicondutor (1 aula); 4 - Tipos de materiais semicondutores e propriedades químicas (2 aulas); 5 - Introdução ao transistor e aspectos funcionais básicos (2 aulas); 6 - Aplicações tecnológicas básicas do diodo e transistor (1 aula); 7 - Leds e características construtivas (1 aula); 8 - Semicondutores e impacto econômico (1 aula); 9 - Semicondutores e a sociedade moderna (1 aulas); 10 - Semicondutores e resolução de problemas práticos (1 aula);	12 horas
Resolução em	Síntese geral do conteúdo organizado em lista composta por 10	

classe de lista de exercícios de fixação.	exercícios de aprofundamento, realizada na sala de aula, em dupla, sob orientação do professor.	1 hora
Seminário temático 1.	<p>Discussão na forma de seminário realizada pelo grupo 1 abordando o tema: <i>Efeito Joule e aplicações práticas.</i></p> <p>Discussão na forma de seminário realizada pelo grupo 2 abordando o tema: <i>Osciloscópio: características e uso.</i></p> <p>Discussão na forma de seminário realizada pelo grupo 3 abordando o tema: <i>Multímetro: características e uso.</i></p> <p>Discussão na forma de seminário realizada pelo grupo 4 abordando o tema: <i>O diodo e suas aplicações.</i></p>	1 hora
Seminário temático 2.	<p>Discussão na forma de seminário realizada pelo grupo 5 abordando o tema: <i>Análise básica de circuitos.</i></p> <p>Discussão na forma de seminário realizada pelo grupo 6 abordando o tema: <i>A história do transistor.</i></p> <p>Discussão na forma de seminário realizada pelo grupo 7 abordando o tema: <i>Resistor: importância e funcionamento.</i></p> <p>Discussão na forma de seminário realizada pelo grupo 8 abordando o tema: <i>Breve história da eletricidade.</i></p>	1 hora
Oficina de montagem e teste 1.	Montagem e teste de funcionamento realizado pelos grupos 1 e 2.	1 hora
Oficina de montagem e teste 2.	Montagem e teste de funcionamento realizado pelos grupos 3 e 4.	1 hora
Oficina de montagem e teste 3.	Montagem e teste de funcionamento realizado pelos grupos 5 e 6.	1 hora
Oficina de montagem e teste 4.	Montagem e teste de funcionamento realizado pelos grupos 7 e 8.	1 hora
Teste de	Teste constituído por 10 perguntas objetivas e 10 discursivas sobre a natureza atômica da matéria, ligações químicas, forças	1 hora

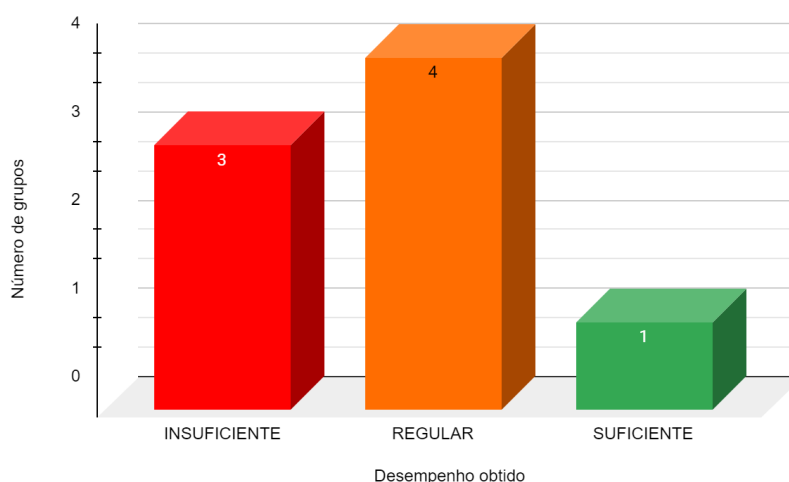
conhecimentos adquiridos.	intermoleculares e propriedades físicas dos diferentes estados de agregação da matéria.	
Culminância do projeto.	Evento realizado pela escola <i>lócus</i> da pesquisa com objetivo de socializar as diferentes práticas e resultados pedagógicos observados ao longo do ano letivo.	3 horas
Carga horária total		40 horas

Fonte: Autor (2023).

5.2. DESEMPENHO DOS GRUPOS NOS SEMINÁRIOS

Objetivando desenvolver temas específicos no estudo da eletricidade, foram realizados seminários para a complementação das aulas ministradas, permitindo aprofundar conceitos, fortalecer as relações *estudante-estudante* e *professor-estudante*, dirimir lacunas de aprendizado e estimular os estudantes ao dialogismo e à reflexão coletiva. O Gráfico 2 aponta os resultados obtidos pelos grupos nesta etapa do PI.

Gráfico 1 - Desempenho dos grupos nos seminários



Fonte: Autor (2023).

Para cada grupo, foi disponibilizado um projetor de imagem, um notebook, um quadro branco e canetas marcadoras para anotações. Buscou-se nivelar as condições de apresentação, sendo vedado o uso de materiais diferentes daqueles listados acima, salvo componentes eletrônicos e ferramentas trazidas pelos grupos com o objetivo de materializar e ilustrar as discussões. O Quadro 2 sintetiza o desempenho dos 8 grupos, levando em conta os parâmetros avaliativos delimitados na seção três.

Quadro 2 - Análise do desempenho dos grupos nos seminários

Grupo analisado	Tema apresentado	Pontos positivos	Pontos específicos de atenção
Grupo 1	Multímetro: características e uso.	<p>Uso adequado do tempo e distribuição equalizada entre os membros.</p> <p>Exposição do multímetro na sala com possibilidade de manuseio pelos outros grupos presentes.</p> <p>Exposição didática com exemplos de funcionalidade e importância do equipamento na eletrônica.</p> <p>Excelente domínio conceitual com forte dialogismo com os outros grupos e visão holística, estando o conteúdo distribuído de forma contínua entre os membros do grupo (não fragmentada).</p>	<p>Não apresentou problemas ilustrativos/de fixação do conteúdo em debate.</p> <p>Não apontou possíveis relações entre o equipamento e o circuito medidor (necessidade de uso durante a montagem).</p> <p>Não discutiu as possíveis limitações do aparelho em dadas condições de uso.</p> <p>Não destacou os possíveis erros de medição causados por mau uso do instrumento.</p>
Grupo 2	O diodo e suas aplicações.	<p>Uso adequado do tempo e distribuição equalizada entre os membros.</p> <p>Excelente domínio conceitual acerca do dispositivo e forte dialogismo com os grupos presentes.</p> <p>Exposição didática com apresentação de 2 problemas lógicos envolvendo o uso do diodo como retificador.</p>	<p>Pouca ênfase nas características químicas do silício, importantes para a compreensão do fenômeno semicondutor.</p> <p>Apresentação restrita ao diodo N4007, não sendo mencionados outros tipos.</p> <p>Fragmentação do conteúdo, sendo cada integrante responsável por apresentar parte</p>

		Correlação entre o diodo e os <i>leds</i> usados no circuito medidor.	<p>deste de forma independente.</p> <p>Ênfase nos aspectos qualitativos, com poucas informações e análises numéricas.</p>
Grupo 3	Osciloscópio: características e uso.	<p>Uso adequado do tempo e distribuição equalizada entre os membros.</p> <p>Domínio das principais informações técnicas sobre o osciloscópio.</p> <p>Exposição didática e com ilustrações detalhadas, destacando os principais comandos do osciloscópio.</p> <p>Forte dialogismo, interagindo com o professor e outros grupos presentes.</p> <p>Destacou os principais tipos de osciloscópio encontrados, com destaque para os equipamentos digitais.</p>	<p>Não trouxe aplicações típicas envolvendo o uso do osciloscópio na eletrônica.</p> <p>Não trouxe exemplos dos principais tipos de sinais observados com o osciloscópio (onda senoidal, dente de serra e quadrada).</p> <p>Não destacou a importância do equipamento como ferramenta diferencial na eletrônica.</p> <p>Não correlacionou as aplicações do equipamento com as possíveis funções do circuito medidor.</p>
Grupo 4	Efeito Joule e aplicações práticas.	<p>Razoável domínio conceitual.</p> <p>Capacidade de relacionar o fenômeno com aplicações do dia a dia envolvendo o funcionamento de eletrodomésticos.</p> <p>Exposição didática, baseada em ilustrações e</p>	<p>Pouco dialogismo e baixa interação com os outros grupos presentes.</p> <p>Divisão do tempo entre os membros do grupo inadequada.</p> <p>Não correlacionou as informações discutidas na apresentação com o circuito medidor.</p>

		<p>resolução de um problema no quadro.</p> <p>Uso adequado do tempo total.</p>	<p>Não discutiu os possíveis danos causados pelo efeito Joule em um circuito, em dadas condições.</p>
Grupo 5	Resistor: importância e funcionamento.	<p>Trouxe aplicações capazes de ilustrar adequadamente o funcionamento de alguns eletrodomésticos.</p> <p>Demonstrou desenvoltura e diálogo com os outros grupos presentes.</p> <p>Organização da apresentação, seguindo um percurso lógico.</p> <p>Foi capaz de correlacionar o valor da resistência elétrica com suas características construtivas.</p>	<p>Uso inadequado do tempo e distribuição irregular deste entre os membros.</p> <p>Não trouxe exemplos ou problemas de fixação do conteúdo apresentado.</p> <p>Frágil domínio conceitual/teórico sobre o tema apresentado.</p> <p>Desconexão (em certos momentos) entre as informações apresentadas nos <i>slides</i> e as ideias desenvolvidas.</p>
Grupo 6	Breve história da eletricidade.	<p>Exposição e análise assertiva acerca dos impactos da eletricidade na evolução humana.</p> <p>Destacou grandes nomes da Física e seus experimentos/invenções no contexto da eletricidade.</p> <p>Correlacionou a importância da eletricidade com o circuito medidor e seu propósito funcional.</p>	<p>Uso inadequado do tempo e distribuição irregular deste entre os membros.</p> <p>Linha histórica e desenvolvimento tecnológico ao longo dos séculos em desacordo. Pouco dialogismo e baixa interação com os outros grupos presentes.</p> <p>Frágil domínio conceitual/teórico sendo necessárias intervenções do professor-pesquisador</p>

		Demonstrou razoável entrosamento entre seus membros, levando à unidade do tema apresentado, evitando sua fragmentação.	para dirimir erros, delimitar conceitos e organizar a apresentação.
Grupo 7	Análise básica de circuitos.	<p>Descreveu de forma razoável a 1º lei de Ohm, expondo seu significado conceitual.</p> <p>Apresentou de forma razoável o conceito de <i>circuito resistivo</i> e como este pode ser formado por redes (associação em série e paralelo).</p> <p>Demonstrou razoável desenvoltura ao apresentar e desenvolver o tema.</p> <p>Produziu material de apresentação (<i>slides</i>) organizado, valorizando esquemas, cores, figuras e um vídeo didático sobre a 1º lei de Ohm.</p>	<p>Uso inadequado do tempo e distribuição irregular deste entre os membros.</p> <p>Resolução inadequada de dois problemas de fixação, sendo necessária intervenção do professor-pesquisador para organização e solução dos problemas.</p> <p>Pouco dialogismo e baixa interação com os outros grupos presentes.</p> <p>Frágil domínio conceitual/teórico/algébrico e ausência de relação entre os conceitos e análises propostas com o circuito medidor.</p>
Grupo 8	A história do transistor.	<p>Desenvolveu o tema privilegiado informações qualitativas.</p> <p>Resgatou a trajetória histórica do transistor desde seus idealizadores nos laboratórios <i>Bell</i> até a substituição progressiva das válvulas eletrônicas nos eletrodomésticos.</p> <p>Mostrou como a evolução tecnológica</p>	<p>Uso inadequado do tempo e distribuição irregular deste entre os membros.</p> <p>Pouca interação com os outros grupos presentes.</p> <p>Frágil domínio conceitual/teórico sendo necessárias intervenções do professor-pesquisador para dirimir erros.</p>

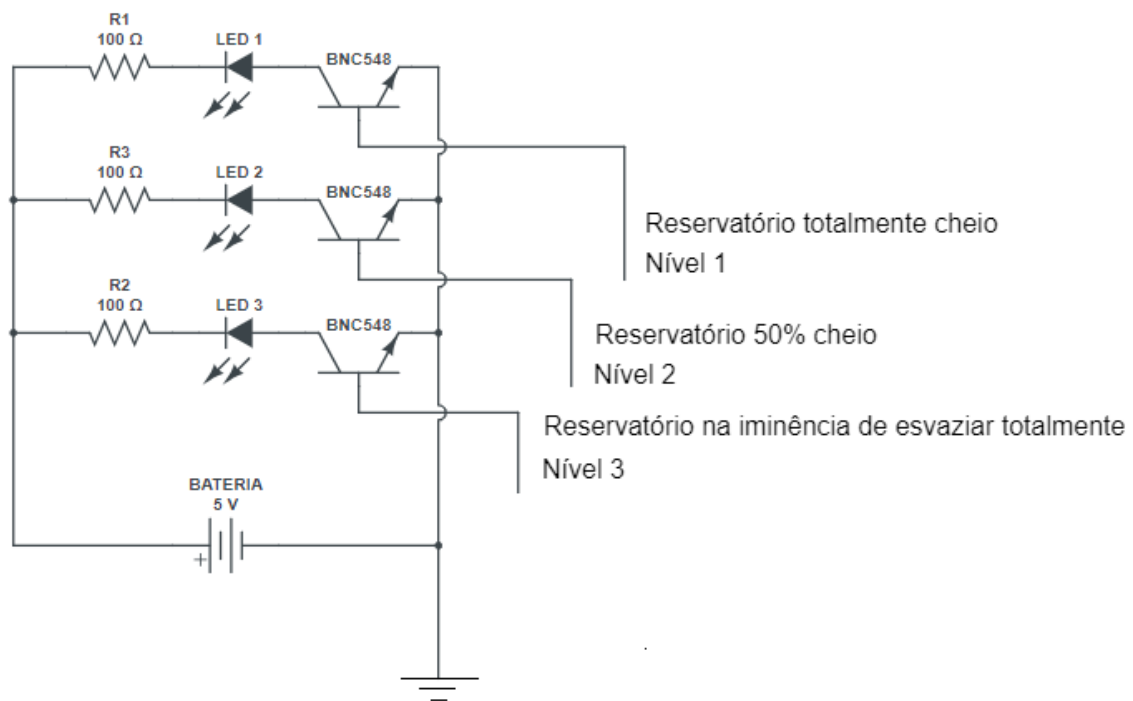
		<p>impacta nosso modo de vida.</p> <p>Foi capaz de correlacionar o transistor com o circuito medidor.</p>	<p>Material expositivo (<i>slides</i>) visualmente pouco atrativo e desorganizado.</p>
--	--	---	--

Fonte: Autores (2023).

5.3. DESEMPENHO DOS GRUPOS NAS OFICINAS

Constituindo a fase final do PI, as oficinas de montagem e teste do circuito medidor objetivaram constatar, na prática, o aprendizado teórico dos estudantes por meio da observação de habilidades e competências técnicas, próprias da eletrônica. O diagrama do circuito medidor é evidenciado na Figura 1, servindo de guia para os estudantes durante a realização das oficinas de montagem e teste.

Figura 1 - Diagrama de circuito do medidor composto por três níveis



Fonte: Autor (2023).

Para a montagem do circuito, fez-se necessário o uso de ferramentas manuais apropriadas, componentes eletrônicos em bom estado e equipamentos específicos, como uma fonte de tensão ajustável para melhor controle do circuito. Para o PI discutido nesta pesquisa, estes materiais foram adquiridos com recursos próprios do professor-pesquisador (totalizando 512,00), porém é possível

realizar o projeto com alguns materiais alternativos, principalmente extraídos de equipamentos eletrônicos sucateados, como listado no Quadro 3, reduzindo o custo. Neste caso, é essencial que todos os componentes e materiais extraídos sejam previamente testados, checando seu estado e funcionalidade.

Na Figura 2, são apresentados os materiais usados com o circuito em funcionamento. Quando o reservatório de água se encontra totalmente cheio, os três *leds* acendem simultaneamente, apagando de forma sequencial, dependendo da distância do nível da água até a borda. Estando o reservatório completamente vazio, todos os *leds* apagam.

Figura 2 - Materiais usados e teste de funcionamento do circuito



Fonte: Autor (2023).

Quadro 3: Relação de materiais usados nas oficinas de montagem

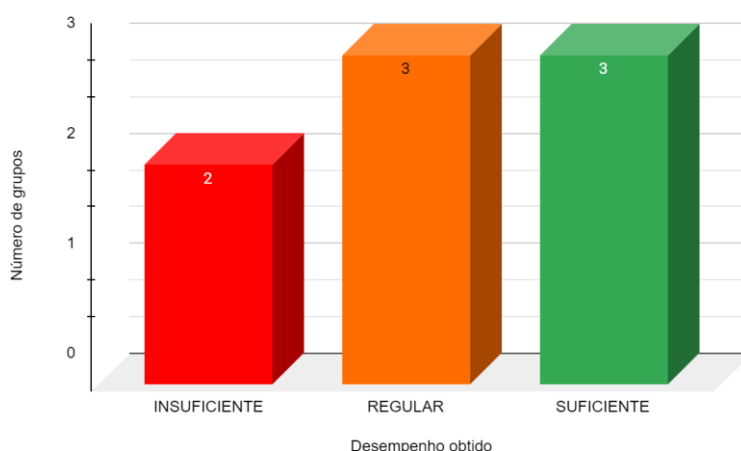
Nº	Material	Quantidade	Custo total em reais	Material alternativo
1	Ferro de solda com suporte	1	35,00	(*****)
2	Placa de fenolite para circuitos	10	15,00	(*****)
3	Fonte de bancada ajustável	1	150,00	Carregador de celular (<i>output</i> 5V)
4	Rolo de estanho (250g)	1	50,00	(*****)
5	Rolo de fio de cobre (100m)	1	65,00	Fios extraídos de sucata eletrônica

6	Pacote de cinta plástica (100p)	1	11,00	Barbante
7	Transistor BC548 (100p)	30	30,00	Componente extraído de sucata eletrônica
8	Resistor de 100 Ω	30	15,00	Componente extraído de sucata eletrônica
9	LED (100p)	30	22,00	Componente extraído de sucata eletrônica
10	Alicate de corte pequeno	1	22,00	(*****)
11	Alicate de bico pequeno	1	20,00	(*****)
12	Chave de fenda pequena	1	17,00	(*****)
13	Tubo de PVC com 20 cm	8	30,00	Lápis de madeira
14	Béquer de 60 ml	1	30,00	Recipiente comum de plástico

Fonte: Autor (2023).

O Gráfico 3 reúne os resultados dos grupos ao final destas oficinas. Nesta etapa, buscou-se fortalecer a interação entre os estudantes, privilegiando o coletivismo, a troca de saberes e experiências. Analisando o Gráfico, nota-se que 2 grupos tiveram desempenho insuficiente, 3 grupos desempenho regular e 3 grupos desempenho suficiente, totalizando 8 grupos presentes nas oficinas.

Gráfico 3 - Desempenho dos grupos nas oficinas de montagem



Fonte: Autor (2023).

Para todos os grupos, foram fornecidos os materiais de montagem discriminados no Quadro 3, sendo oportunizadas orientações contínuas e supervisão do professor-pesquisador acerca do uso correto e noções de segurança, evitando desperdício de material, acidentes e uso inapropriado dos instrumentos. O Quadro 4 resume de forma objetiva o desempenho dos grupos nas oficinas a partir dos parâmetros avaliativos preliminarmente levados em conta.

Quadro 4 - Análise do desempenho dos grupos nas oficinas de montagem

Grupo analisado	Pontos positivos	Pontos específicos de atenção
Grupo 1	<p>Uso organizado dos materiais e ferramentas, permitindo melhor aproveitamento do tempo.</p> <p>Grande interação entre os membros do grupo e capacidade de resolver problemas de montagem.</p> <p>Uso adequado das ferramentas para cada etapa de montagem e teste do circuito.</p> <p>Montagem adequada do circuito medidor com análises e interpretações corretas sobre o papel dos transistores no seu funcionamento.</p>	<p>Divisão de tarefas entre os membros não equalizada, observando-se mais de um membro executando a mesma tarefa.</p> <p>Necessidade de intervenção/orientação do professor-pesquisador acerca do posicionamento correto dos <i>leds</i> no circuito.</p> <p>Necessidade de orientação/intervenção do professor-pesquisador durante o uso do ferro de solda para melhor fixação dos componentes no circuito.</p>

	<p>Montagem realizada em tempo hábil.</p> <p>Inexistência de erros conceituais ao explanarem sobre a função do transistor no circuito.</p> <p>O circuito funcionou corretamente.</p>	<p>Pouca consulta ao esquema de circuito disponibilizado para escolha dos componentes, seleção das ferramentas e montagem.</p>
Grupo 2	<p>Uso organizado dos materiais e ferramentas, permitindo melhor aproveitamento do tempo.</p> <p>Montagem adequada, seguindo padrão lógico, facilitando a conclusão da atividade, evitando erros e defeitos funcionais do circuito.</p> <p>Grande interação entre os membros do grupo e capacidade de resolver problemas de montagem.</p> <p>Extrema habilidade no uso das ferramentas e instrumentos utilizados.</p> <p>Montagem realizada em tempo hábil.</p> <p>O circuito funcionou corretamente.</p>	<p>Divisão de tarefas entre os membros não equalizada, observando-se mais de um membro executando a mesma tarefa.</p> <p>Erros conceituais ao explanarem sobre a função do transistor no circuito.</p> <p>Pouca consulta ao esquema de circuito disponibilizado para escolha dos componentes, seleção das ferramentas e montagem.</p> <p>Necessidade de intervenção/orientação do professor-pesquisador acerca do uso da fonte variável de tensão e corrente.</p>
Grupo 3	<p>Adequada organização e uso dos materiais e ferramentas.</p> <p>Uso do esquema de circuitos, facilitando a montagem e evitando erros.</p> <p>Adequada interação entre os membros do grupo.</p> <p>Uso adequado das ferramentas disponibilizadas e interpretações congruentes acerca do funcionamento do circuito.</p>	<p>Divisão de tarefas entre os membros não equalizada, observando-se mais de um membro executando a mesma tarefa.</p> <p>Necessidade de intervenção/orientação do professor-pesquisador acerca do posicionamento dos <i>leds</i> e transistores no circuito.</p> <p>Pouca capacidade de solucionar problemas eventuais de montagem e teste.</p>

	O circuito funcionou corretamente.	Inobservância do tempo máximo de execução da atividade.
Grupo 4	<p>Adequada interação entre os membros do grupo.</p> <p>Adequado uso das ferramentas necessárias para a montagem do circuito.</p> <p>Adequada interação entre os membros do grupo.</p> <p>Adequado uso das ferramentas necessárias para a montagem do circuito.</p> <p>Montagem realizada seguindo uma sequência lógica.</p> <p>Uso racional dos materiais evitando desperdícios.</p> <p>Montagem final bem realizada, exibindo boa separação entre os componentes, simetria e organização do circuito.</p> <p>O circuito funcionou corretamente.</p>	<p>Desorganização na seleção dos materiais e uso das ferramentas.</p> <p>Pouca capacidade de solucionar problemas eventuais de montagem e teste, sendo necessárias intervenções constantes do professor-pesquisador.</p> <p>Desuso do esquema de circuito disponibilizado para escolha dos componentes, seleção das ferramentas e montagem.</p> <p>Importantes erros conceituais ao explanarem sobre a função do transistor no circuito.</p>
Grupo 5	<p>Grande interação entre os membros do grupo.</p> <p>Uso do esquema de circuito disponibilizado para escolha dos componentes, seleção das ferramentas e montagem.</p> <p>Montagem final bem realizada, exibindo boa separação entre os componentes.</p> <p>Montagem realizada em tempo hábil.</p>	<p>O circuito não funcionou durante o teste, uma vez que os <i>leds</i> foram montados de forma incorreta (polaridade invertida).</p> <p>Pouca capacidade de solucionar problemas eventuais de montagem e teste, sendo necessárias intervenções constantes do professor-pesquisador.</p> <p>Importantes erros conceituais ao explanarem sobre a função do transistor no circuito.</p>

	<p>Adequada distribuição das tarefas de montagem entre os membros do grupo.</p>	<p>Uso inadequado das ferramentas e instrumentos, sendo necessária intervenção/orientação do professor-pesquisador sobre riscos de acidentes.</p>
<p>Grupo 6</p>	<p>Uso organizado dos materiais e ferramentas, permitindo melhor aproveitamento do tempo.</p> <p>Montagem final bem realizada, exibindo boa separação entre os componentes, simetria, organização do circuito e possibilidade de ajustes.</p> <p>Adequada distribuição das tarefas de montagem entre os membros do grupo e interação.</p> <p>Capacidade de solucionar problemas eventuais de montagem.</p> <p>Montagem realizada em tempo hábil.</p> <p>O circuito funcionou corretamente.</p>	<p>Pouca consulta ao esquema de circuito disponibilizado para escolha dos componentes, seleção das ferramentas e montagem.</p> <p>Alguns erros conceituais ao explanarem sobre a função do transistor no circuito.</p> <p>Necessidade de intervenção/orientação do professor-pesquisador para o teste do circuito.</p> <p>Uso inadequado do ferro de solda, sendo necessária intervenção/orientação do professor-pesquisador sobre segurança no uso.</p>
<p>Grupo 7</p>	<p>Uso organizado dos materiais e ferramentas, permitindo melhor aproveitamento do tempo.</p> <p>Adequada distribuição das tarefas de montagem entre os membros do grupo.</p> <p>Montagem realizada em tempo hábil.</p> <p>Montagem final bem realizada, exibindo boa separação entre os componentes, simetria, organização do circuito e possibilidade de ajustes.</p>	<p>Alguns erros conceituais ao explanarem sobre a função do transistor no circuito.</p> <p>Pouca consulta ao esquema de circuito disponibilizado para escolha dos componentes, seleção das ferramentas e montagem.</p> <p>Uso inadequado da fonte de tensão e corrente, sendo necessária intervenção/orientação do professor-pesquisador sobre seu uso.</p> <p>Pouca capacidade de solucionar</p>

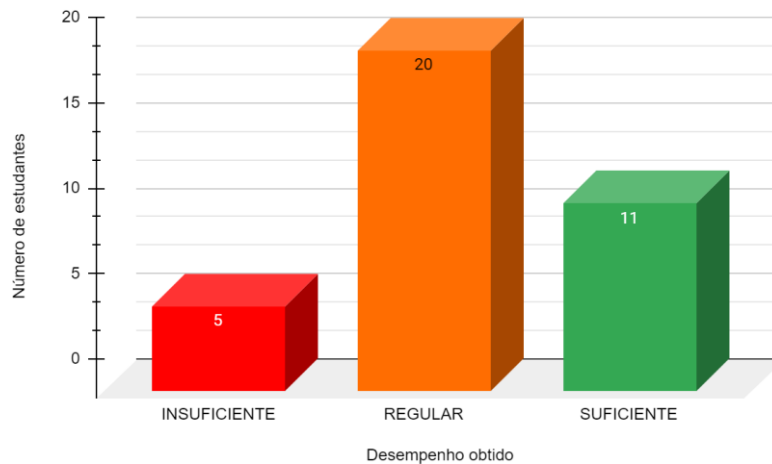
	O circuito funcionou corretamente.	problemas eventuais de montagem sendo necessária intervenção/orientação do professor-pesquisador.
Grupo 8	<p>Uso organizado dos materiais e ferramentas, permitindo melhor aproveitamento do tempo.</p> <p>Adequada capacidade de solucionar problemas eventuais de montagem.</p> <p>Inexistência de erros conceituais ao explanarem sobre a função do transistor no circuito.</p> <p>Montagem final bem realizada, exibindo boa separação entre os componentes.</p> <p>O circuito funcionou corretamente.</p>	<p>Divisão de tarefas entre os membros não equalizada, observando-se mais de um membro executando a mesma tarefa.</p> <p>A montagem realizada não seguiu uma sequência lógica, dificultando o manuseio do ferro de solda.</p> <p>Necessidade de intervenção/orientação do professor-pesquisador acerca do posicionamento dos <i>leds</i> e transistores no circuito.</p> <p>Fixação dos componentes na placa levemente comprometida devido ao uso excessivo do ferro de solda.</p>

Fonte: Autor (2023).

5.4. RESULTADO DO TESTE DE CONHECIMENTOS ADQUIRIDOS

Com o objetivo de dimensionar o aprendizado dos estudantes ao longo do PI, foi aplicado um teste de conhecimentos adquiridos ao final das oficinas de montagem. Neste teste, composto por 20 perguntas, os estudantes foram levados a demonstrar seu aprendizado teórico e prático, com ênfase nos princípios e conceitos eletrodinâmicos relacionados ao funcionamento do circuito medidor e suas implicações práticas no dia a dia. Considera-se essencial tal etapa do PI pela possibilidade do estudante revisitar seu trajeto de aprendizado, buscando, de forma autônoma ou coletiva (entre pares), sanar possíveis lacunas de aprendizado dias antes da realização do teste. Participaram do teste 36 estudantes, cujo desempenho foi exibido no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Desempenho dos estudantes no teste de conhecimentos adquiridos



Fonte: Autor (2023).

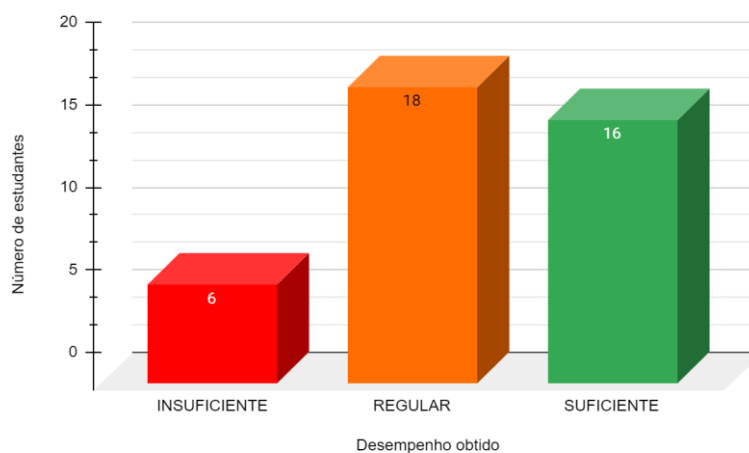
Observando o gráfico, percebe-se que 13% dos estudantes obtiveram desempenho insuficiente, demonstrando fragilidade no uso dos conceitos necessários para a resolução das perguntas, pouca habilidade algébrica e argumentação superficial, quando indagados sobre a importância e relação do circuito medidor no contexto tecnológico e prático. Já 55% dos estudantes demonstram domínio dos principais conceitos solicitados no teste, resolvendo de forma adequada as questões propostas, além de demonstrarem razoável desenvoltura algébrica e sólida argumentação, quando indagados sobre a importância do medidor como produto tecnológico e instrumento para o dia a dia. Demonstrando forte domínio conceitual e algébrico, 30% dos estudantes foram capazes de aplicar os conceitos de forma precisa, além de solucionarem problemas contextualizados envolvendo aplicações do circuito medidor (com diferentes níveis de complexidade), usando adequadamente o ferramental matemático necessário.

Os referidos estudantes também foram capazes de analisar de forma crítico-reflexiva a relevância do circuito medidor como instrumento tecnológico para o dia a dia, enfatizando sua importância como produto científico, resgatando vários pontos de discussão desenvolvidos nas diferentes etapas do PI. De forma geral, 31 estudantes (86%) obtiveram notas $N_D \geq 5,0$ demonstrando aprendizado substantivo dos conceitos abordados no estudo da eletrodinâmica básica e física dos semicondutores, além de serem capazes de localizar, no contexto tecnológico e prático a importância do circuito como instrumento para o monitoramento do nível da água na caixa d' água da escola *lócus* da pesquisa, sendo capazes de expressar a importância da ciência aplicada.

5.5. RESULTADO GLOBAL

Com base nas diversas etapas avaliativas do PI, o Gráfico 5 exibe o desempenho global dos estudantes durante o projeto, sendo possível observar que 15% destes obtiveram desempenho insuficiente ($S < 5,0$). Tal desempenho reflete problemas de aprendizado anteriores ao projeto, caracterizados por lacunas de aprendizado, fragilidades conceituais, inabilidade algébrica, pouca desenvoltura técnica e baixa motivação. De forma majoritária, 45% dos estudantes tiveram desempenho regular ($5,0 \leq S \leq 7,0$) demonstrando interesse na problemática central do projeto, base conceitual, capacidade algébrica, inclinação ao dialogismo e participação ativa nas diversas atividades desenvolvidas. Já 40% dos estudantes apresentaram desempenho suficiente ($S > 7,0$) sendo observado alto grau de engajamento nas atividades, excelente domínio conceitual e teórico dos conteúdos discutidos no projeto, elevada capacidade algébrica, forte inclinação ao dialogismo e compreensão crítica acerca da importância didática-metodológica do projeto, sendo capazes de analisar seu próprio percurso de aprendizado ao final das atividades. De forma geral, 34 estudantes (85%) obtiveram $S \geq 5,0$ demonstrando aprendizado substantivo dos conceitos basilares da eletrodinâmica e da física dos semicondutores.

Gráfico 5 - Desempenho global dos estudantes



Fonte: Autor (2023).

Diante dos resultados observados, tendo em vista os propósitos pedagógicos do PI, é possível constatar que a construção do circuito medidor de nível de água constitui importante estratégia didática para o ensino dos princípios básicos da eletricidade e da física dos semicondutores, tornando possível ao professor desenvolver debates e reflexões coletivas acerca do papel da tecnologia como ferramenta para a solução de problemas. A problematização

representa valioso recurso, permitindo agregar ao processo de ensino situações reais do cotidiano, facilitando a implementação de estratégias direcionadas para a materialização dos conteúdos, fortalecendo a participação ativa dos estudantes, assim como proporcionando espaço de diálogo e interação *estudante-estudante* e *estudante-professor*. Conclui-se também que a montagem e teste do circuito contribuiu com o desenvolvimento de habilidades manuais, melhor percepção dos estudantes sobre os conteúdos, aproximação entre teoria e prática e fortalecimento coletivo, sendo os estudantes capazes de executar a montagem de forma organizada e colaborativa.

É importante destacar que as ideias e conceitos prévios dos estudantes foram importantes para o desenvolvimento das aulas, possibilitando a compreensão de novos conceitos, preponderantes para as fases seguintes do projeto. Por intermédio dos referidos conceitos prévios, os estudantes foram capazes de compreender o processo de deslocamento de cargas elétricas em um condutor e quais fatores interferem neste fenômeno. Ao mesmo tempo, foram capazes de resolver pequenos circuitos resistivos compostos por uma malha, utilizado a 1ª lei de Ohm e analisar associações de resistores, sendo este o ponto de partida para o desenvolvimento da física dos semicondutores. Os estudantes foram capazes de compreender de maneira adequada os princípios que governam o deslocamento de cargas em um semicondutor (diodo e transistor clássicos), identificando e explicando seu comportamento funcional em dada condição de acionamento. A montagem do circuito ganhou significado prático, sendo os estudantes capazes de explicar, qualitativamente, como o transistor pode ser usado como amplificador de sinais, permitindo o funcionamento dos *leds* quando o circuito entra em contato com a água.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sendo o estudo da eletricidade um conteúdo fundamental do 3º ano do Ensino Médio, os estudantes participantes do projeto, pertencentes ao 2º ano, demonstram maturidade intelectual, habilidades e competências adequadas para o desenvolvimento do problema investigado no projeto, sendo oportunizado a estes antever conteúdos importantes do currículo formativo do Ensino Médio. Ademais, concluímos que o projeto proporcionou importante momento de reflexão acerca do papel da Física na formação do cidadão, muitas vezes deslocado da perspectiva material, em que a abstração e resolução mecânica de problemas toma o espaço de práticas de ensino questionadoras e voltadas para a vida cotidiana. A tecnologia torna-se elemento de interesse do

estudante a partir das soluções criadas para resolver problemas típicos ou específicos, estimulando-o ao uso consciente de tais recursos, ao mesmo tempo sendo capaz de identificar os diferentes princípios físicos que governam as várias tecnologias em uso na sociedade.

Sendo o ensino da Física importante para a formação humana no campo científico e tecnológico, concluímos que a física dos materiais semicondutores completa o estudo da eletrodinâmica no Ensino Médio proporcionando ao estudante conhecer as diferentes conjunturas científicas e sociais que levaram ao desenvolvimento destes materiais, como também entender o impacto destes na ressignificação das relações humanas. Diante disso, este estudo confirma a importância e viabilidade da inserção da física dos semicondutores no Ensino Médio, por meio do componente PI, tendo em vista a problematização de situações tecnológicas do dia a dia, favorecendo a formação científica e técnica dos estudantes. Diante disso, estabelecer estratégias de ensino voltadas para a realidade do estudante e sua comunidade, constitui importante objeto de pesquisa, através do qual novos produtos educacionais podem ser desenvolvidos ou aperfeiçoados, ressignificando paradigmas e práticas no escopo da Física como disciplina da educação básica.

Sendo assim, esta pesquisa, baseada no envolvimento coletivo dos estudantes, centrada na materialidade do circuito medidor construído, pode ganhar novos contornos com o uso de *softwares* capazes de simular o circuito virtualmente, aumentando o engajamento dos estudantes em torno de uma ferramenta digital, racionalizando o tempo das atividades, economizando materiais, permitindo antever seu funcionamento e instigando-os à prática tecnocientífica. Esta possibilidade mostra-se viável, considerando as diversas ferramentas computacionais gratuitas disponíveis para uso na *internet*, o domínio e fácil interação pela maioria dos estudantes com estes recursos e acesso através de *smartphones*. Dessa forma, a inclusão de tecnologias digitais de informação e comunicação neste cenário reforça o papel integrador dos diferentes métodos e recursos de ensino, representando objeto de pesquisa vindouro a ser investigado, dadas as potenciais e inter-relações entre os meios digitais pedagógicos considerados e o ensino da física dos semicondutores.

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

BASTOS, Manoel de Jesus. A Importância da Didática na Formação Docente. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 14, n. 1, p. 64-70, 2017. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/didatica-formacao-docente>. Acesso em: 12 fev. 2024.

BATTISTEL, Orildo Luis; HOLZ, Sheila Magali; SAUERWEIN, Ines. Motivação e eficiência em estratégias de ensino de física no nível médio, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 44, n. 6, p. 1-10, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/xVCYzWHwPpgznzBG4CRBgBQ/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

CARNEIRO, Michele Maria Paulino; CAVALCANTE, Artur Araújo; SILVA, Fábio Martins, GUERRA, Marcelo Henrique Freitas Saraiva; SILVA, Brenno Ramy Teodósio da; ROMEU, Mairton Cavalcante; SALES, Gilvandenys Leite. Uma revisão sistemática sobre o ensino de eletrodinâmica, **Revista Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, p. 1-18, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/32622/27723/367812>. Acesso em: 12 fev. 2024.

FERREIRA, Ritiele Cássia de Almeida; PAIVA Edinei Canuto; DOURADO, Lara Fernanda Nunes. Eletricidade: da geração à distribuição; aspectos históricos e proposta didática para o ensino. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo, v. 04, n. 02, p. 51-102, 2019. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/fisica/eletricidade>. Acesso em: 12 fev. 2024.

GIBERT, A. **Origens Históricas da Física Moderna**. Fundação Calouste Gulbenkian, Porto, Portugal, 1982.

ALAGOAS. Governo do Estado. **Programa Alagoano de Ensino Integral - pALei - Ensino Médio. (1ª Edição)**, 2019. Disponível em: Acesso em: <http://www.educacao.al.gov.br/images/SodaPDF-compressed-Documento Orientador do p ALei - 2019-compactado-min compressed compressed reduce 1.pdf>. 23 jun. 2024.

MOREIRA, Marco Antônio. Desafios no ensino da física, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, n. 21, p. 1-8, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxFhgLy/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

MOREIRA, Marco Antônio. **Metodologias de pesquisa em ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA JÚNIOR, Hermes. Indústria 4.0 e novas dimensões tecnológicas no centro da economia-mundo capitalista: perspectivas para o Brasil, **Revista Oikos**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 79-91, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufri.br/index.php/oikos/article/view/52036/28325>. Acesso em: 12 fev. 2024.

OKA, M. M. **História da Eletricidade**, São Paulo, Nov. 2000, (Apostila). Disponível em: <http://www.lsi.usp.br/~dmi/manuais/HistoriaDaEletricidade.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2024.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3a Ed. São Paulo: Editora Atlas SA, 2009.

SIQUEIRA, Kleber Saldanha de. Letramento científico e literacia no ensino da física para a inclusão tecnológica. **Revista Processando o Saber**, Praia Grande, v. 15, n. 01, p. 113-128, 2023a. Disponível em: <https://www.fatecpg.edu.br/revista/index.php/ps/article/view/299>. Acesso em: 12 fev. 2024.

SIQUEIRA, Kleber Saldanha 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, 2023b. Disponível em:

<https://www.fatecpg.edu.br/revista/index.php/ps/article/view/297>. Acesso em: 14 fev. 2024.

SOARES NETO, Raimundo Nonato de Araújo. Revolução informacional, novas tecnologias e consumo imediatista, **Revista Cadernos de Campo**, São Paulo, v. 5, n. 9, p. 111-124, 2018.

Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/cadernos/article/download/7319/5181/18695>. Acesso em: 12 fev. 2024.

TONIDANDEL, Danny Augusto Vieira; Antônio Emílio Angueth de, ARAÚJO; Wallace do Couto, BOAVENTURA. História da Eletricidade e do Magnetismo: da Antiguidade à Idade Média, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 1-8, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/fQ4Ck9MFSK5gHxKnQJy7T3x/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

XIMENES, Priscilla de Andrade Silva; PEDRO, Luciana Guimarães; CORRÊA, Avani Maria de Campos. A pesquisa-formação sob diferentes perspectivas no campo do desenvolvimento profissional docente. **Revista Ensino em Re-Vista**, v. 29, n. Contínua, p. 1-25, 2022. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/emrevista/article/view/64666>. Acesso em: 14 fev. 2024.