



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

JOEL FERNANDES

**A PRÁTICA EXPERIMENTAL COMO INSTRUMENTO DE INCLUSÃO NO
ENSINO DE FÍSICA**

ANÁPOLIS-GO

2024

A PRÁTICA EXPERIMENTAL COMO INSTRUMENTO DE INCLUSÃO NO ENSINO DE FÍSICA

JOEL FERNANDES

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* – Nível Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Clodoaldo Valverde

Coorientador: Prof. Dr. Pablo Diniz Batista

Anápolis-Go

2024



**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TESES E DISSERTAÇÕES NA
BIBLIOTECA DIGITAL (BDTD)**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Estadual de Goiás a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UEG), regulamentada pela Resolução, **CsA n.1087/2019** sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

Dados do autor (a)

Nome Completo: Joel Fernandes

E-mail: jffotomania@gmail.com

Dados do trabalho

Título: **A PRÁTICA EXPERIMENTAL COMO INSTRUMENTO DE INCLUSÃO NO ENSINO DE FÍSICA**

Data da Defesa 06/09/2024

Tipo

☐ Tese ☒ Dissertação

Programa: Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

Concorda com a liberação documento

☒ SIM

☐ NÃO

Assinalar justificativa para o caso de impedimento e não liberação do documento:

- ☐ Solicitação de registro de patente;
- ☐ Submissão de artigo em revista científica;
- ☐ Publicação como capítulo de livro;
- ☐ Publicação da dissertação/tese em livro.

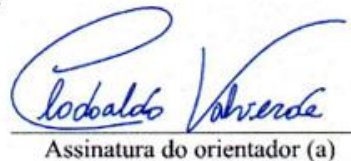
* Em caso de não autorização, o período de embargo será de **até um ano** a partir da data de defesa caso haja necessidade de exceder este prazo, deverá ser apresentado formulário de solicitação para extensão de **prazo** para publicação, devidamente justificado, junto à coordenação do curso.

* Período de embargo é de um ano a partir da data de defesa, prorrogável para mais um ano.

Anápolis, 27/09/2024

Local Data


Assinatura do autor (a)


Assinatura do orientador (a)

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

F F363 Fernandes, Joel
p A PRÁTICA EXPERIMENTAL COMO INSTRUMENTO DE INCLUSÃO
NO ENSINO DE FÍSICA / Joel Fernandes; orientador
Clodoaldo Valverde; co-orientador Pablo Diniz Batista.
-- Anápolis, 2024.
107 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) -- Câmpus
Central - Sede: Anápolis - CET, Universidade Estadual
de Goiás, 2024.

1. Educação Inclusiva. 2. Ensino de Física. 3.
Multissensorialidade. 4. Práticas experimentais. 5.
Vygotsky. I. Valverde, Clodoaldo, orient. II. Batista,
Pablo Diniz, co-orient. III. Título.



Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* - Mestrado Profissional em
Ensino de Ciências

JOEL FERNANDES

Dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* – Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás, **"A PRÁTICA EXPERIMENTAL COMO INSTRUMENTO DE INCLUSÃO NO ENSINO DE FÍSICA"** e Produto Educacional **"A PRÁTICA EXPERIMENTAL COMO INSTRUMENTO DE INCLUSÃO NO ENSINO DE FÍSICA"**, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências, aprovado em **06 de setembro de 2024** pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Clodoaldo Valverde (Presidente)
Universidade Estadual de Goiás - UEG

Prof. Dr. José Divino dos Santos (Membro Interno)
Universidade Estadual de Goiás - UEG

Prof. Dr. Lúcio José Braga dos Santos
(Membro Externo)
Universidade Estadual de Goiás - UEG

"Este trabalho é dedicado aos profissionais da educação que,
a despeito de todos os obstáculos inerentes ao ofício,
acreditam e investem com entusiasmo na
possibilidade do desenvolvimento
de todos os estudantes."

AGRADECIMENTOS

É muito comum que as pessoas se queixem de que normalmente não têm seus potenciais e talentos reconhecidos, sendo alvos de desconfiança e precisando, assim, ante a qualquer grande desafio que se proponham a encarar, provar o seu verdadeiro valor. Entretanto, não é este o meu caso; pelo contrário, as pessoas com as quais compartilhei a intenção de enfrentar o desafio de um mestrado, mesmo depois de muitos anos distante do mundo acadêmico, mostraram-se entusiasmadas com a ideia, depositando em mim muita confiança e, em alguns casos, também suporte, além do que me consideraria merecedor. A todas elas externo minha profunda gratidão, dentre as quais destaco:

Ao meu amigo e coorientador Dr. Pablo Diniz Batista, cuja impressionante facilidade em transitar entre os papéis de amigo e pesquisador é superada apenas por sua generosidade, dedicação e competência, sendo, desta forma, minha grande influência e fonte de inspiração.

Ao meu orientador e agora amigo, Dr. Clodoaldo Valverde, que transformou momentos de orientação em oportunidades de produtividade, aprendizagem e afeto. Sua habilidade em converter angústias em leveza e bem-estar é admirável.

Aos meus amigos e irmãos por consideração: Dr. Heibbe Cristhian B. Oliveira, pela inspiração e apoio; André Augusto Fontes, pelo contagiante entusiasmo e otimismo; Eduardo Calixto, pelo prestígio e entusiasmo; e Henrique Carvalho, pela inspiração e incentivo.

Ao meu amigo, Dr. Luciano Ribeiro pela receptividade, confiança e suporte.

À minha família, por criar um ambiente sempre harmônico e potencializador.

Aos professores membros da banca de qualificação e defesa: Dr. José Divino dos Santos e Dr. Lucio José Braga dos Santos pelas valiosas contribuições.

Ao meu amigo, professor Márcio pela disponibilidade e apoio.

À Seduc, pela concessão da licença que viabilizou o desenvolvimento da pesquisa.

Aos amigos e amigas do Colégio Estadual do Setor Palmito: Jeann Balduino, Rogério Bonfim, Eude Campos, Lyanna Martins, Edineia Pereira e Rivia Jorge, pela inspiração e incentivo.

A todo o dedicadíssimo e generoso corpo docente do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás, e aos colegas de turma, em especial aos amigos e amigas: Gleidson Nunes, pela parceria profícua; Antônio Marcos Bomfim, pelas edificantes interações; Leonildo Marques, pelo compartilhamento sempre oportuno de conhecimentos; Dilma Vilarim, pelas dicas e pelo carinho; e Rosane Lopes, pelas enaltecidas e afetuosas interações.

EPÍGRAFE

Através dos outros, nos tornamos nós mesmos.
Lev Semionovich Vygotsky

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	12
OBJETIVOS	15
• OBJETIVO GERAL	15
• OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
ARTIGO 1 - CONSTRUÇÃO DA EDUCAÇÃO INCLUSIVA NO BRASIL: REFLEXÕES SOBRE AS INFLUÊNCIAS DA TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY SOBRE AS ATUAIS PRÁTICAS ESCOLARES	16
ARTIGO 2 - MOSTRA CIENTÍFICA E PRÁTICAS EXPERIMENTAIS NO ENSINO BÁSICO COMO MEDIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM	37
ARTIGO 3 - ELETROSCÓPIO ELETRÔNICO MULTISSENSORIAL: A PRÁTICA EXPERIMENTAL COMO INSTRUMENTO DE INCLUSÃO NO ENSINO DE ELETROSTÁTICA.....	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
REFERÊNCIAS	82
APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL	83

RESUMO

O número de estudantes com necessidades educacionais especiais (NEE) matriculados em escolas regulares no Brasil tem aumentado. Contudo, a verdadeira inclusão no contexto escolar depende de práticas e atitudes diárias que respeitem a forma singular de aprender de cada estudante. Assim, é essencial elaborar recursos pedagógicos e de acessibilidade que possibilitem a internalização do conhecimento nas salas de aula atuais, que são cada vez mais plurais. Neste cenário, este trabalho investiga e propõe como o uso da prática experimental pode proporcionar uma perspectiva inclusiva ao ensino de Física, com o objetivo geral de desenvolver um aparato experimental multissensorial para tornar as aulas de eletrostática mais atraentes, envolventes e inclusivas. Para isso, nossa pesquisa foi estruturada na forma de três artigos científicos: o primeiro aborda, por meio de uma revisão de literatura, a construção da educação inclusiva no Brasil, com destaque para o aporte teórico fornecido por Lev Vygotsky; o segundo traz um relato de experiência de uma mostra científica realizada em um colégio estadual de Goiânia, que destaca os benefícios do uso da prática experimental como estratégia de ensino e aprendizagem; e o terceiro apresenta o processo de elaboração do nosso produto educacional: um eletroscópio eletrônico multissensorial. A construção do eletroscópio encontrou inspiração e amparo teórico no conceito de compensação social da teoria histórico-cultural de Vygotsky, particularmente em seus estudos em *Defectologia*, que preconiza a importância de oferecer caminhos alternativos para o acesso ao conhecimento. Além disso, buscou-se materializar os princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA), com o objetivo de instrumentalizar professores de Física com um recurso didático que torna alguns fenômenos e conceitos da eletrostática acessíveis a todos os estudantes. Esse aparato também se apoia na abordagem multissensorial trabalhada por Camargo, como sendo um caminho exitoso para a construção de instrumentos didáticos inclusivos. O foco, portanto, é incentivar a reflexão contínua sobre a necessidade de atender às demandas educacionais frequentemente negligenciadas e garantir a inclusão escolar por meio de práticas e recursos didáticos adequados.

Palavras-chave: Educação inclusiva; Ensino de Física; Multissensorialidade; Práticas experimentais; Vygotsky.

ABSTRACT

The number of students with special educational needs (SEN) enrolled in regular schools in Brazil has been increasing. However, true inclusion in the school context depends on daily practices and attitudes that respect the unique way each student learns. Thus, it is essential to develop pedagogical and accessibility resources that enable the internalization of knowledge in today's increasingly diverse classrooms. In this scenario, this study investigates and proposes how the use of experimental practice can provide an inclusive perspective to Physics teaching, with the overall objective of developing a multisensory experimental apparatus to make electrostatics lessons more engaging, immersive, and inclusive. For this, our research was structured in the form of three scientific articles: the first one addresses, through a literature review, the development of inclusive education in Brazil, highlighting the theoretical contributions of Lev Vygotsky; the second presents an experience report of a scientific exhibition held at a state school in Goiânia, which emphasizes the benefits of using experimental practice as a teaching and learning strategy; and the third presents the process of developing our educational product: a multisensory electronic electroscope. The construction of the electroscope was inspired and supported by the concept of social compensation from Vygotsky's cultural-historical theory, particularly in his studies in *Defectology*, which stresses the importance of offering alternative ways to access knowledge. Additionally, it aimed to materialize the principles of Universal Design for Learning (UDL), with the goal of equipping

Physics teachers with a didactic resource that makes certain phenomena and concepts of electrostatics accessible to all students. This apparatus also draws upon the multisensory approach developed by Camargo, seen as a successful path for building inclusive didactic tools. Therefore, the focus is to encourage continuous reflection on the need to address educational demands that are often neglected and to ensure school inclusion through the use of appropriate didactic practices and resources.

Keywords: Inclusive education; Physics teaching; Multisensory approach; Experimental practices; Vygotsky

INTRODUÇÃO GERAL

Resultante de um processo histórico de lutas e conquistas, tanto nos campos teóricos quanto legislativos, prevalece hoje o entendimento da necessidade premente de que a educação seja inclusiva. Logo, a escola precisa se adequar e estar preparada para garantir não apenas o acesso, mas também assegurar a permanência, aprendizagem e o desenvolvimento de todos os estudantes, independentemente de suas singularidades. Porém, para além das determinações legais e dos pressupostos teóricos, a verdadeira inclusão só pode se efetivar através de práticas e atitudes diárias, onde os conhecimentos apresentados levem em consideração o modo singular de aprender de cada estudante. Portanto, é necessário utilizar recursos, abordagens e estratégias que ampliem as possibilidades de apropriação desses conhecimentos pelos estudantes em todas as suas diferenças (ORRÚ, 2017).

Diante desse cenário, acreditamos que o uso da prática experimental, por ser uma abordagem que desvela a relação entre pressupostos teóricos e a realidade material, além de ser uma das importantes formas do fazer científico, se apresenta como uma interessante estratégia didática para o Ensino de Ciências. Porém, é preciso levar em consideração toda a diversidade dos estudantes presentes no contexto da sala de aula, uma vez que pesquisas realizadas recentemente mostram que o número de matrículas de estudantes com necessidades educacionais especiais (NEE), em escolas regulares, vem aumentando de maneira significativa nos últimos anos no Brasil (BATISTA; USTRA, 2021).

Portanto, o desafio dos professores não consiste apenas em lidar com as dificuldades inerentes ao desenvolvimento de práticas experimentais, que, por si só, representam uma tarefa desafiadora, mas também em pensar de tal maneira que essas abordagens contribuam para que todos os estudantes sejam efetivamente incluídos no processo de ensino e aprendizagem, já que as salas de aula são tão plurais quanto as formas de perceber e aprender (MANTOAN, 2010). Para que isso se materialize, acreditamos ser necessário que o aparato experimental proposto oportunize múltiplos canais sensoriais de acesso aos conceitos que se pretenda mediar a internalização. Isso contempla tanto o estilo de aprendizagem de cada estudante quanto pode ser um instrumento de compensação social, que propõe enxergar o sujeito a partir de suas potencialidades e não de possíveis limitações biológicas, no caso do estudante com alguma deficiência sensorial ou intelectual (VIGOTSKI, 2022).

O presente trabalho foi estruturado na forma de três artigos científicos. No primeiro artigo, buscamos traçar um panorama do processo de construção da educação inclusiva no Brasil, destacando os diferentes elementos que a compõem, bem como as importantes contribuições teóricas de Vygotsky¹, consideradas riquíssimas, porém ainda não consolidadas nas atuais práticas escolares. Já no segundo artigo, apresentamos um relato de experiência de uma mostra científica realizada em um colégio da rede estadual de Goiás, situado na periferia da região leste de Goiânia. Este relato demonstra o quanto o uso de práticas experimentais pode enriquecer as oportunidades de aprendizagem dos estudantes, gerando engajamento, vivências únicas e surpreendentes, além de interações distintas daquelas que ocorrem em aulas tradicionais, tanto entre os próprios estudantes quanto em relação aos professores, culminando no desejado e valorizado protagonismo do estudante, que ganha centralidade no processo de ensino e aprendizagem.

No terceiro artigo, apresentamos o processo de elaboração, descrição dos mecanismos de funcionamento, bem como do potencial de uso nas aulas de eletrostática do nosso produto educacional, que se trata de um protótipo denominado eletroscópio eletrônico multissensorial, dando significado, sentido e materialidade à proposta do nosso título: A prática experimental como instrumento de inclusão no ensino de Física. Embora o dispositivo em questão seja destinado especificamente à eletrostática, ele pode também ser compreendido como exemplo de uma ideia mais ampla para a construção de instrumentos didáticos com potencial inclusivo e tem como alvo primário o professor de Física da sala de aula comum, que se sente desamparado em razão da escassez de recursos didáticos que tenham a acessibilidade como premissa e que estejam disponíveis para essa componente curricular. Assim, trata-se de uma proposta inovadora, considerando que as pesquisas por nós realizadas, até o presente momento, identificaram apenas experimentos voltados à superação de uma deficiência específica (SILVA, 2013; SANTOS; CARVALHO; ALECRIM, 2019; RIBEIRO, 2019; BUENO; PICANÇO; NETO, 2021).

Esta pesquisa se orienta na perspectiva da teoria histórico-cultural de Vygotsky, que postula uma lei geral da aprendizagem e do desenvolvimento através de interações sociais mediadas por instrumentos materiais e simbólicos (signos) culturalmente elaborados, os quais permitem a internalização do conhecimento. Esta lei se aplica a todas as pessoas, com ou sem

¹ Optamos, neste trabalho, pela grafia 'Vygotsky' ao nos referirmos ao nosso principal autor. No entanto, respeitamos a grafia utilizada nas fontes citadas, que podem apresentar variações na transcrição do nome.

necessidades educacionais especiais (VIGOTSKI, 2022). Com base nessa teoria, elaboramos o aparato experimental supracitado, destinado ao uso na sala de aula comum, onde estudantes com diversas diferenças, particularidades e estilos de aprendizagem estão presentes. Entretanto, para suplantarmos possíveis barreiras comunicacionais persistentes e garantir a efetividade do dispositivo como instrumento inclusivo, torna-se essencial o trabalho colaborativo com o professor do atendimento educacional especializado (AEE). Assim, ao se apropriar dos princípios de funcionamento do aparato, o professor da sala de aula comum estará em condições de explorar criativamente suas aplicações e potencializar seu uso como um instrumento didático inclusivo.

O produto educacional também foi inspirado e ainda se mostra em linha com a abordagem estadunidense denominada de Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA), que tem como característica principal seguir princípios norteadores que fundamentam a organização de recursos e do espaço educacional para a participação de todos os estudantes, sem segregação, verdadeiramente inclusivo, contemplando toda diversidade dos estudantes (ZERBATO; MENDES, 2018). Em Física, temos como exemplo, a promoção da inclusão de uma estudante com cegueira através do uso do DUA abordando conceitos de cinemática no Ensino Médio, através da fabricação de gráficos em alto relevo, textos de apoio e registros em Braille (PACHECO, 2019). Onde se pôde perceber que grande parte do material apresentado não estava voltado apenas para os alunos com deficiência visual, pois facilitaram a aprendizagem de outros estudantes nessa sala de aula.

Desta forma, o presente trabalho convida os professores de Física a refletirem sobre a importância de uma base teórica sólida para compreender o contexto educacional atual, os fatores determinantes de suas transformações contínuas, suas demandas e necessidades. Além disso, destaca como nossas práticas pedagógicas podem efetivamente contribuir para a construção de uma sala de aula que promova um ensino mais atraente e uma aprendizagem desenvolvendo para todos os estudantes. Ao entender a diversidade como uma característica intrínseca da humanidade, nos credenciamos, por meio de nossas ações educativas, a contribuir para a construção de uma sociedade mais justa e inclusiva, onde todos podem aprender desde que sejam vistos por suas potencialidades e tenham acesso aos instrumentos adequados.

OBJETIVOS

- OBJETIVO GERAL

Desenvolver um aparato experimental que traduza fenômenos e conceitos físicos, simultaneamente, em três canais sensoriais: visual, auditivo e tátil, visando seu uso colaborativo por professores de Física e do atendimento educacional especializado, como um recurso pedagógico inclusivo nas aulas de eletrostática.

- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Compreender o aporte teórico oferecido por Vygotsky para a adoção de práticas inclusivas de ensino.
- ✓ Investigar abordagens didáticas que promovam maior engajamento dos estudantes e tornem as aulas de Física mais atraentes, envolventes e inclusivas.
- ✓ Construir um eletroscópio eletrônico multissensorial para auxiliar professores na mediação de aulas inclusivas de eletrostática.

O artigo a seguir foi publicado na revista *Educação em Contexto*. Disponível em:
<https://revistaseduc.educacao.go.gov.br/index.php/rec/article/view/168>.

ARTIGO 1

CONSTRUÇÃO DA EDUCAÇÃO INCLUSIVA NO BRASIL: REFLEXÕES SOBRE AS INFLUÊNCIAS DA TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY SOBRE AS ATUAIS PRÁTICAS ESCOLARES

Joel Fernandes

Clodoaldo Valverde

RESUMO

O presente artigo tem por escopo traçar um panorama da construção da concepção de educação inclusiva no território brasileiro, examinando os múltiplos elementos — políticos, jurídicos, ideológicos e teóricos — que exercem influência e moldam suas bases. Centralizamos nossa abordagem na teoria histórico-cultural desenvolvida por Lev Vygotsky e nos seus estudos em *Defectologia*, onde postula que a deficiência constitui uma construção social, passível de superação por meio de estratégias de compensação social. Esta perspectiva defende que as adversidades não devem conduzir à submissão, mas sim alavancar a busca por trajetórias alternativas que facilitem o processo de aprendizagem. Ao longo deste estudo, ressaltamos o uso dos preceitos de Vygotsky, particularmente a Zona de Desenvolvimento Proximal, no contexto educacional brasileiro, ao mesmo tempo que mostramos as barreiras e resistências enfrentadas na implementação de tais práticas. Por meio de uma revisão de literatura relevante e a análise de casos selecionados como exemplos, buscamos demonstrar como a adoção da abordagem vygotskyana pode fomentar mudanças importantes na educação inclusiva, potencializando transformações que se alinham aos princípios de equidade e justiça social preconizados pelo ordenamento jurídico brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: *Defectologia*. Educação. Inclusão. Sociocultural. Vygotsky.

CONSTRUCTION OF INCLUSIVE EDUCATION IN BRAZIL: REFLECTIONS ON THE INFLUENCES OF VYGOTSKY'S CULTURAL-HISTORICAL THEORY ON CURRENT SCHOOL PRACTICES

ABSTRACT

The work is dedicated to outline the construction of the concept of inclusive education in Brazil, examining the multiple elements - political, legal, ideological, and theoretical - that influence and shape its foundations. We focus our approach on the cultural-historical theory developed by Lev Vygotsky and his studies in *Defectology*, which postulate that disability is a social construction that can be overcome through social compensation strategies. This perspective argues that adversity should not lead to submission, but rather leverage the search for alternative paths that facilitate the learning process. Throughout this study, we highlight the use of Vygotsky's precepts, particularly the Zone of Proximal Development, in the Brazilian educational context, while also showing the barriers and resistance faced in implementing such practices. Through a review of relevant literature and the analysis of cases selected as examples, we seek to demonstrate how the adoption of the Vygotskian approach can foster important changes in inclusive education, enhancing transformations that align with the principles of equity and social justice advocated by the Brazilian legal system.

KEY WORDS: *Defectology*. Education. Inclusion. Sociocultural. Vygotsky.

INTRODUÇÃO

A influência do pensamento vygotskyano tem sido de grande importância na evolução da educação inclusiva no Brasil. Para compreender seu atual estágio, é necessário entender o processo histórico de sua construção. Sendo esse processo guiado por intensas pesquisas, consistentes referenciais teóricos, convenções internacionais e dispositivos normativos legais, que nos permitem perceber que a Educação Inclusiva não se restringe, nem se encerra na ideia da mera inserção da Educação Especial nas escolas de ensino comum. Salientando que a Educação Especial é uma modalidade de ensino e área de produção de conhecimento que perpassa todos os níveis, etapas da formação e possui um público-alvo definido. Enquanto a Educação Inclusiva é para todos, objetiva alcançar grupos ainda excluídos dos sistemas educacionais e promover a remoção de possíveis barreiras para a aprendizagem, por compreender que cada estudante tem características, interesses, capacidades e necessidades únicas (BREITENBACH; HONNEF; COSTAS, 2016).

A perspectiva inclusiva, tendo como alicerce a convicção do potencial humano e de que todos podem aprender, sustenta que os sistemas de educação devem ser planejados, e práticas inclusivas devem ser implementadas, considerando a vasta diversidade, características e necessidades de cada um, visando assegurar o direito à igualdade de oportunidades. Por isso, entende que as escolas regulares inclusivas devem se adequar e estar preparadas para atender com equidade a todos os estudantes, com ou sem necessidades educacionais especiais (NEE), proporcionando ambientes de aprendizagem que combatam atitudes discriminatórias e hierarquizantes; promovam a construção de comunidades abertas às diferenças, mais justas, solidárias, colaborativas e fraternais (CARVALHO, 2007).

Em resumo, a Educação Inclusiva, balizada por princípios humanizadores, os quais atribuem igualdade de valor a todas as pessoas, é uma abordagem que busca garantir que todos os estudantes tenham acesso à educação de qualidade, independentemente de suas características e/ou necessidades individuais. Seu objetivo final, vai muito além da sala de aula, é a construção de uma sociedade acolhedora e inclusiva, atenta às demandas de todos, na qual todos possam viver com dignidade, desenvolver ao máximo cada potencial e ter acesso aos bens culturais historicamente elaborados e acumulados (BREITENBACH; HONNEF; COSTAS, 2016).

De acordo com a teoria histórico-cultural de Vygotsky, as pessoas aprendem nas interações sociais, no contato com os outros e no uso dos instrumentos materiais e simbólicos culturalmente construídos pela humanidade, os quais permitem ao ser humano modificar a natureza e ao mesmo tempo se transformar, enquanto parte dela. É através dos processos de mediação que nos tornamos capazes de dar significado às práticas sociais e nos apropriamos dessas práticas, sendo, portanto, nas interações sociais que tomamos conhecimento da existência dos instrumentos, bem como aprendemos sobre a função histórica e social de cada instrumento, sendo ele concreto/material ou simbólico/abstrato (RABELLO; PASSOS, 2010).

O processo de aprendizagem das pessoas com NEE não se diferencia do processo de aprendizagem das outras pessoas, necessitando também das interações sociais e da mediação dos instrumentos materiais e simbólicos, sendo o papel do outro determinante no seu processo de desenvolvimento, o qual se inicia com o nascimento e ocorre ao longo de toda a vida. No entanto, segundo Vygotsky, é essencial que a pessoa com NEE tenha acesso a compensações sociais, vistas como meios para superar a deficiência através do desenvolvimento de habilidades compensatórias. Por exemplo, o uso do Braille por pessoas cegas e da LIBRAS por pessoas surdas permite que superem barreiras comunicacionais e se desenvolvam plenamente em seu potencial (DAINEZ; SMOLKA, 2014).

O legado de Vygotsky decorre de um rico conjunto de modelos pedagógicos e reflexões que orientam a prática docente na zona de desenvolvimento proximal, enfatizando a importância de fornecer suporte baseado nas habilidades atuais do estudante com vistas ao que ele pode alcançar com orientação e colaboração adequadas. Esta abordagem requer o desenvolvimento de estratégias de ensino que reconheçam e valorizem as diferenças individuais, garantindo assim um ensino sensível e promovendo o desenvolvimento holístico dos estudantes.

Balizando-nos por concepções de mundo construídas a partir da reflexão crítica da realidade e da necessidade do aperfeiçoamento das instituições de ensino no atendimento às especificidades que revelam toda a pluralidade dos estudantes, as quais exigem do professor linguagem, repertório, recursos e estratégias didáticas, verdadeiramente, inclusivas (MEIRELES-COELHO; IZQUIERDO; SANTOS, 2007). E tendo como parâmetro, tanto os dispositivos normativos legais, quanto a convicção da necessidade de ações educacionais efetivas para que concepções de mundo mais justas sejam implementadas, questionamos: Estamos no processo de construção de uma sociedade inclusiva? De que forma a teoria histórico-cultural de Vygotsky tem influenciado na construção do conceito de educação

inclusiva no Brasil? Através da revisão bibliográfica de artigos que se aprofundam na discussão de diretrizes com perspectiva inclusiva; da análise crítica de práticas educacionais realizadas e atitudes mentais observadas; procuramos mostrar como a implementação da abordagem vygotskyana pode promover mudanças significativas na educação inclusiva, impulsionando transformações que se harmonizam com os princípios de equidade e justiça social estabelecidos pelo ordenamento jurídico brasileiro.

ALGUNS IMPORTANTES MARCOS HISTÓRICOS E LEGAIS DA EDUCAÇÃO INCLUSIVA NO BRASIL

A Declaração Universal dos Direitos Humanos (1948, p.01) estabelece em seu primeiro artigo que, “Todas os seres humanos nascem livres e iguais em dignidade e direitos. São dotados de razão e consciência e devem agir em relação uns aos outros com espírito de fraternidade”. Embora esse documento, do qual o Brasil é signatário, não tivesse força jurídica, ele foi capaz de orientar a elaboração de artigos de leis, como no caso da Constituição Brasileira de 1988, que dentro da perspectiva da igualdade em dignidade e direitos, relativo ao acesso à educação, estabeleceu para a pessoa com deficiência² (PCD), o atendimento educacional especializado (AEE), devendo ser preferencialmente ofertado na rede regular de ensino (art.208, III), cujas atribuições serão delineadas mais adiante (BRASIL, 1988).

Na década de 1970 no Reino Unido e nos Estados Unidos, como resultado das lutas de movimentos sociais liderados por pessoas com deficiência, estudiosos e ativistas, contra a segregação, se consolida uma corrente teórica denominada de modelo social. Essa corrente se contrapõe ao modelo biomédico, o qual é centrado na questão orgânica e nos conceitos de normalidade e anormalidade, perspectivas entendidas pelo novo modelo como inadequadas para descrever ou explicar a deficiência. Pois o modelo social defende que a deficiência não é uma condição restritamente biológica e individual, mas sim, uma experiência de desigualdade forjada socialmente que se materializa através da imposição de obstáculos que restringem a expressão da capacidade de pessoas com deficiência (DINIZ, 2003). Esse modelo disruptivo foi crucial para entender que a exclusão social enfrentada pelas pessoas com deficiência é resultado da existência de barreiras sociais e culturais, e não exclusivamente da condição física, sensorial ou psíquica, como entendido pelo modelo biomédico. Assim, esse novo paradigma abriu caminho para a revisão de marcos legislativos e jurídicos em todo o mundo, com o

² Decidimos por fazer uma atualização terminológica, do que era na época denominado “pessoas portadoras de deficiência”.

objetivo de incorporar seus princípios em políticas públicas voltadas às pessoas com deficiência. Portanto, esse movimento contribuiu tanto para o avanço na atenção à deficiência, buscando promover justiça social, quanto para a consolidação de um campo forte de estudos e produção de conhecimento sobre o conceito de deficiência, dentro das ciências humanas e sociais, como forma de desafiar a hegemonia do modelo biomédico (SANTOS, 2016).

Nesse sentido, o novo entendimento sobre a deficiência, desvelado pelo modelo social, reforça a visão de que a deficiência definitivamente não é um atributo individual, mas sim o resultado de uma sociedade despreparada para lidar com toda a complexidade abarcada pela diversidade humana. Segundo Diniz (2003), entre o modelo social e o modelo médico há uma mudança na lógica da causalidade da deficiência: para o modelo social, a causa da deficiência está na estrutura social incapaz de contemplar demandas da diversidade humana, pois o ser humano só pode ser melhor compreendido em interação com o seu meio e não de forma isolada; já para o modelo médico, a deficiência é uma condição biológica do indivíduo.

A Declaração Mundial sobre Educação para Todos (1990), elaborada na Conferência Mundial sobre Educação para Todos, realizada em Jomtien, na Tailândia, ao destacar a grande quantidade de crianças e jovens com deficiência que estavam à margem da escolarização básica, nos países pobres e em desenvolvimento, chamou a atenção do mundo para a necessidade premente da inclusão (BRASIL, 1990). Pavimentando assim o caminho para que, quatro anos mais tarde, culminasse na construção do documento mais importante na divulgação mundial do ideário da educação inclusiva: a Declaração de Salamanca (1994). Este documento foi elaborado a partir da Conferência Mundial de Necessidades Educacionais Especiais: Acesso e Qualidade, realizada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), na cidade de Salamanca, na Espanha (UNESCO, 1994). Tal Declaração estabeleceu diretrizes importantes para a implementação de políticas públicas inclusivas voltadas a contemplar estudantes que estivessem fora dos sistemas educacionais, que não tinham suas demandas atendidas pela escola ou que tinham necessidades educacionais especiais. Estes últimos, que hoje no Brasil, fazem parte dos estudantes denominados como público-alvo da Educação Especial na perspectiva da Educação Inclusiva (BRASIL, 2008).

A Declaração de Salamanca também contribuiu para o aperfeiçoamento de concepções educacionais, como por exemplo: do avanço da ideia de integração escolar, onde o estudante com NEE precisava se adequar à escola, e esta, por sua vez, promovia apenas inserção desse estudante ao contexto escolar, sem, no entanto, proporcionar-lhe equidade educacional, por não se atentar às suas especificidades; para o conceito de educação inclusiva, que vai muito além

da simples inserção, pois parte do princípio de que a escola é que precisa ser adequada a todos os seus estudantes e deve buscar meios de proporcionar a todos eles um ambiente de: convívio verdadeiro das singularidades, respeito às diferenças, valorização da alteridade, aprendizagem de qualidade e o desenvolvimento pleno de todos; de acordo com a capacidade de cada sujeito (BREITENBACH; HONNEF; COSTAS, 2016).

Ainda sobre os documentos históricos e legais, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394 de 1996, dedica o capítulo V inteiro à Educação Especial. Salvo às controvérsias por parte dos teóricos e estudiosos da área, tal lei pode ser considerada um avanço, especialmente por reforçar a ideia da inserção da Educação Especial ao contexto do ensino regular, garantindo assim o seu espaço, além de preconizar garantias didáticas diferenciadas, bem como atenção às suas demandas específicas (BRASIL, 1996). Porém, ainda se mostrava sob influência do paradigma da integração e não apresentou clareza quanto aos meios de avaliação, sendo esta fundamental para balizar novas ações em qualquer processo. Tampouco deu a devida atenção à necessidade de investimento na formação inicial e continuada de professores (MANTOAN, 2002).

O Plano Nacional de Educação - PNE (2001) estabeleceu metas e diretrizes para garantir o acesso, a permanência e o sucesso de todos os estudantes na escola, independentemente de suas características individuais ou necessidades educacionais especiais, por considerar que o grande avanço para década na educação seria promover a construção de uma escola inclusiva, garantindo o atendimento à diversidade humana. Preferencialmente, no ensino regular, como legalmente previsto. Destacou tanto a necessidade de eliminação das barreiras arquitetônicas e atitudinais nas escolas, isto é, da adequação do espaço escolar, de seus equipamentos e materiais pedagógicos, quanto a qualificação e valorização dos professores e demais profissionais envolvidos, como condições fundamentais para a construção de um ensino regular inclusivo.

Todo esse arcabouço legal e referenciais teóricos, além de outros não mencionados, contribuíram para que um Grupo de Trabalho, junto ao Ministério da Educação/Secretaria de Educação Especial, elaborasse em janeiro de 2008, o documento intitulado: Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva – PNEEPEI (2008), que estabeleceu o público-alvo da Educação Especial, qual seja: “estudantes com deficiências sensoriais, motoras e/ou intelectuais; com transtorno do espectro autista³ ou com altas habilidades/superdotação”. Tendo como escopo: criar todas as condições necessárias para

³ Optamos pela atualização terminológica, pois naquele momento a denominação utilizada pelo documento para descrever tal condição era: Transtornos Globais do Desenvolvimento (TGD).

garantir o acesso, a permanência e aprendizagem de qualidade desses estudantes no contexto da escola regular, desde a educação infantil ao ensino superior, perpassando por todos os níveis.

Tal política delineou diretrizes para o Atendimento Educacional Especializado (AEE) como um serviço da Educação Especial, adotando uma perspectiva inclusiva. Em colaboração com os demais docentes e a família, o AEE aspira identificar, elaborar e organizar recursos pedagógicos e de acessibilidade. Visando eliminar barreiras e garantir a plena participação de todos os estudantes, levando em consideração suas particularidades. Os serviços oferecidos pelo AEE têm um papel complementar para estudantes com deficiências e suplementar para aqueles com altas habilidades ou superdotação, sem substituir o ensino regular (BRASIL, 2008).

Seguindo os avanços culturais, legislativos e jurídicos, a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (LBI), também conhecida como Estatuto da Pessoa com Deficiência, Lei número 13.146, foi promulgada em 6 de julho de 2015, após uma gestação legislativa de quinze anos. A aprovação dessa Lei representa um importante passo na luta por condições de igualdade das pessoas com deficiência, pois nos permite claramente observar que o seu conteúdo contempla a visão do modelo social, que desloca o enfoque da deficiência em si, para as barreiras socioculturais que impedem a participação plena e efetiva das pessoas com deficiência em todas as esferas da nossa sociedade.

Nos seus 127 artigos, a lei aborda as questões fundamentais da vida: saúde, educação, transporte, moradia, trabalho, cultura, lazer, dentre outras, buscando identificar e eliminar as barreiras que impeçam as pessoas com deficiência de viverem experiências, potencialmente enriquecedoras, subjacentes ao desenvolvimento pleno de qualquer ser humano (BRASIL, 2015).

Considerando o percurso histórico e as normativas estabelecidas, fica claro que o caminho para a inclusão é um esforço contínuo, movido por um reconhecimento crescente dos direitos humanos e pela necessidade de adaptar a sociedade para acolher a diversidade. Apesar das variações de época e contexto, as leis pertinentes se alinham na ideia de que a educação é um direito fundamental de todos os seres humanos, e que a inclusão vai além da simples coexistência física. Ela exige mudanças estruturais e culturais que reconheçam e valorizem a diversidade humana como um benefício social.

CONTRIBUIÇÕES DE VYGOTSKY PARA A CONSTRUÇÃO DA EDUCAÇÃO INCLUSIVA

Na primeira metade do século XX, Lev Semenovich Vygotsky (1896-1934) promoveu uma mudança de paradigma na educação de crianças que eram consideradas incapazes de aprender naquele momento. Guiado pela convicção de que concepções são norteadoras das ações, ele sistematizou ideias, pesquisas e proposições que provocaram mudanças nas formas de pensar, tratar e educar crianças com deficiência na escola. Sendo esta, por ele entendida, como ambiente enriquecido em possibilidades a partir do convívio de todas as diferenças, onde o seu papel principal é de contribuir para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, isto é, das funções especificamente humanas. E para isso deve mediar uma aprendizagem que esteja adiantada em relação ao nível de desenvolvimento em que o estudante se encontra (CAVALCANTI, 2005). No entanto, para compreender com maior profundidade a obra desse brilhante teórico é necessário conhecer sua ampla formação, influências teórico-metodológicas, parcerias, aspirações e o seu contexto histórico, político e cultural (REGO, 2013).

A formação acadêmica de Vygotsky abrangeu cursos de Direito, Filologia, História, Filosofia e Medicina, evidenciando sua disposição singular, quicá inigualável (considerando a fragilidade de sua saúde durante a maior parte da sua vida adulta) em compreender os diversos saberes construídos pela humanidade e contribuir para o seu avanço. Nascido na cidade de Orsha, próxima a Minsk, capital da então Bielorrússia, e formado em Moscou, ele realizou pesquisas em toda a ex-União Soviética e publicou cerca de 200 trabalhos. Lutou bravamente por 14 anos contra a tuberculose, que infelizmente lhe ceifou a vida antes de completar 38 anos de idade (REGO, 2013). Coube, principalmente, a dois grandes pesquisadores: Alexander Romanovich Luria (1902-1977) e Alexei Nikolaievich Leontiev (1904-1979) do grupo de estudos liderado por Vygotsky, denominado *troika*, a continuidade de suas pesquisas, bem como a grande divulgação e valorização mundial de seus trabalhos e convicções (VIGOTSKI; LURIA; LEONTIEV, 2017).

Com o advento da Revolução Russa, a Filosofia e a Pedagogia ganham prestígio. Esta, por ser um importante instrumento de projeção da educação russa, e aquela, por estabelecer a desejada relação entre a psique e a cultura, o que mais tarde fundamentou, através de estudos de consistência metodológica incontestável, a compreensão do caráter histórico e cultural do desenvolvimento da psique, intensamente, trabalhada e desenvolvida por Vygotsky (CAVALCANTI, 2005). Foi num contexto de tensão entre proeminentes figuras da psicologia russa, no início do século XX (Kornilov x Chelpanov), discípulo e mestre, em função de divergências quanto à corrente ideológica a ser adotada, que Vygotsky ganhou projeção

nacional na psicologia russa, dentro de um evento acadêmico organizado por Kornilov, em 1924, com quem Vygotsky se identificava com a ideia do desenvolvimento de uma psicologia de base teórica marxista⁴, bem como a inserção desse método na ciência psicológica.

Vygotsky buscava uma alternativa mediada pelo materialismo histórico-dialético para a superação do que ele denominava crise da psicologia, resultante do conflito entre as concepções idealista e mecanicista. Pois ele compreendia que essas abordagens eram inadequadas para explicar o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, ou funções especificamente humanas (REGO, 2013).

A partir dos anos de 1924/25, em Moscou, Vygotsky promoveu intensas pesquisas e uma consistente produção acadêmica em *Defectologia*⁵, termo este usado no início do século XX para se referir ao estudo de pessoas com deficiência. Sua concepção metodológica era profundamente divergente dos psicólogos da época, os quais ainda estavam ancorados na exacerbação biológica do chamado modelo médico. Este modelo priorizava a identificação e mensuração da deficiência por meio de exames psicométricos, tratando-a como uma condição estática, imutável e não um processo (VIGOTSKI, 2022). Enquanto Vygotsky, defendia que as limitações não podiam ser vistas como permanentes, tornando o sujeito enfraquecido e impossibilitado de avanços em suas funções psíquicas. Estabelecendo, dessa forma, uma nova visão do conceito de deficiência, com foco constante na possibilidade de superação, através do uso de mecanismos compensatórios, que são caminhos alternativos elaborados a partir das interações sociais mediadas pela cultura. Defendendo que uma realidade social favorável é capaz de promover a superação de barreiras impostas pela deficiência (VYGOTSKY, 2011).

Dentro da concepção de compensação, à época, havia duas vertentes: uma mística e outra biológica, enquanto esta considerava que a perda de uma função orgânica seria naturalmente compensada com o funcionamento de outros órgãos, aquela atribuía à compensação uma espécie de dom divino. Vygotsky, divergindo das duas visões, defendia a teoria da compensação social, em que a problemática da deficiência é deslocada das ordens dogmática e orgânica (lesão), para o campo educacional/pedagógico, entendendo que cabia à educação a criação de formas alternativas para a mediação da aprendizagem. Convicção esta

⁴ A teoria histórico-cultural de Vygotsky está profundamente enraizada no materialismo dialético e histórico de Marx, que entende o desenvolvimento humano como um processo social e histórico. Segundo Vygotsky, as funções psicológicas superiores se formam a partir das interações sociais e do uso de ferramentas culturais, refletindo o papel das relações de produção e das condições materiais na formação da consciência. Para uma análise mais aprofundada dessa influência, consulte as obras de Zoia Prestes, que discute a vinculação de Vygotsky com a filosofia marxista em seus estudos sobre educação e desenvolvimento humano.

⁵ A *Defectologia*, na época de Vygotsky, era o campo da educação e psicologia voltado ao estudo e atendimento de crianças com deficiências físicas, sensoriais ou intelectuais.

construída a partir da realização de intensas pesquisas, as quais evidenciavam que o comprometimento de algumas funções ou órgãos não anulava o processo de desenvolvimento dos sujeitos, mas sim exigiam a adoção de outros caminhos (VIGOTSKI, 2022).

Considerava a ideia da compensação biológica ingênua, ao desprezar as instâncias sociopsicológicas humanas e tratar diferentes órgãos sensoriais como aqueles que funcionam aos pares, como quando um rim sadio compensa um doente, por exemplo. Pois, no caso de uma criança cega, como exemplo, não ocorre uma compensação natural com aumento automático do tato e da audição. Mas sim, a falta da visão lhe possibilita uma reorganização psíquica, potencializadora de outras funções psicológicas superiores como: a atenção consciente, a memória e as habilidades verbais que, se forem mais bem trabalhadas, num contexto social que seja favorável, podem se desenvolver. Dessa forma, a criança estaria sendo vista em sua totalidade, com ênfase em suas potencialidades, em interação com o meio e não a partir apenas do déficit orgânico (VIGOTSKI, 2022).

De fato, enquanto a deficiência traz dificuldades e impõe restrições, a mediação proporcionada por instrumentos culturais compensatórios abre um campo de possibilidades ilimitadas para a construção de caminhos alternativos. Estes são constituídos por instrumentos materiais e sistemas simbólicos, que facilitam o acesso e a apropriação da linguagem, do cálculo e da escrita. Sendo, portanto, de natureza histórico-cultural o desenvolvimento cognitivo humano, onde através do princípio da internalização das práticas sociais, são estruturadas e se desenvolvem as funções psicológicas superiores (pensamento conceitual, linguagem racional, memória lógica, atenção voluntária etc.). Desse modo, promove-se a conversão de fatores interpessoais em intrapessoais, sendo esta, uma lei geral do desenvolvimento humano, válida para todas as pessoas com ou sem deficiência (VIGOTSKI, 2022).

Outro conceito fundamental da obra de Vygotsky, muito conhecido, porém, ainda não devidamente apropriado por todos, é o da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que é o campo de atuação de todos os instrumentos mediadores (pedagógicos/pessoas ou simbólicos/signos) do processo de ensino-aprendizagem. Onde a ZDP estabelece a ponte/relação/intercâmbio entre o nível de desenvolvimento real (NDR), que representa o conhecimento já consolidado na estrutura cognitiva do estudante, isto é, seus conhecimentos prévios; e o nível de desenvolvimento potencial (NDP), conhecimento que pode ser aprendido. Dessa forma, aquilo que a criança faz por imitação ou com o auxílio do professor ou de um colega mais experiente, indicando o seu NDP; ela será capaz de internalizar e fazer em outro momento com autonomia, avançando dessa forma o seu NDR. Portanto, a ZDP estabelece a

relação existente entre a aprendizagem e o desenvolvimento (VIGOTSKI, 2003, 2009). E ainda, segundo Vygotsky (2011), não é possível prever um limite definitivo para o NDP de uma criança (com ou sem deficiência), sendo este, tanto maior, quanto maiores e mais ricas forem as oportunidades de aprendizagem proporcionadas pelas interações sociais mediadas pela cultura.

Portanto, sob o ponto de vista vygotskyano, é possível trabalhar com uma criança com comprometimento biológico e criar condições para a superação da deficiência através do uso da mediação que lhe seja apropriada. Um exemplo disso é a alfabetização de crianças com Síndrome de Down, que outrora eram consideradas incapazes, porém, hoje em dia entende-se que, com as devidas mediações pedagógicas, muitas podem ser alfabetizadas, sendo assim fundamental que a escola esteja preparada para oferecer o suporte adequado, exigido pela diferença, necessidade e peculiaridade de cada aprendiz (SOUSA; SÁ-LIMA; VALVERDE, 2017). Outro exemplo é o ensino de línguas estrangeiras para crianças surdas, por meio da língua de sinais, que possibilita o desenvolvimento de habilidades linguísticas e a inclusão social desses sujeitos (BARBOSA, 2018). Além disso, o uso de tecnologias assistivas, como softwares de voz e comunicação alternativa, também possibilitam a inclusão de crianças com deficiência intelectual em atividades acadêmicas e sociais (SOUSA *et al.*, 2021). Logo, na perspectiva da mediação vygotskyana, é possível promover o desenvolvimento pleno de crianças com necessidades educacionais especiais e viabilizar a inclusão delas, não apenas no meio escolar, como na sociedade em geral.

METODOLOGIA

O percurso metodológico adotado baseia-se na pesquisa de revisão bibliográfica com abordagem qualitativa, que busca explorar relações entre conceitos, características e ideias. Essa abordagem permite que o pesquisador se aproxime da questão em análise, oferecendo uma visão ampla da produção científica, suas particularidades e aplicações. Assim ao investigar a evolução do tema ao longo do tempo, torna-se possível identificar e analisar contribuições significativas para o campo em estudo. Logo, este artigo em questão propõe reflexões sobre a construção da perspectiva inclusiva no ensino brasileiro, considerando seus fundamentos teóricos, aspectos políticos, históricos, sociológicos e pedagógicos. Destacamos ainda a importância de visões que apontem caminhos para a superação de deficiências e a construção de uma sociedade humanizada e mais acolhedora.

Para a busca de trabalhos como fontes de pesquisa, foram utilizadas palavras-chave relevantes: Educação Especial e Inclusiva; Políticas Inclusivas e Vygotsky, nas bases de dados do *Google Acadêmico* e na *Scientific Eletronic Library Online (Scielo)*, no período de outubro de 2022 a junho de 2023. Foram selecionados somente textos completamente liberados para consulta, e a análise das informações foi realizada por meio de leitura exploratória do material encontrado. Não foi utilizada uma filtragem temporal, aproveitando todas as publicações que atenderam ao recorte temático proposto no projeto.

Na Tabela 1 abaixo, estão relacionados em ordem cronológica os artigos selecionados para a análise mais aprofundada daquilo que representa o escopo deste trabalho em questão, que versa acerca da compreensão das influências e usos da teoria vygotskyana no contexto da educação inclusiva no Brasil, bem como das complexas variáveis presentes em cada contexto.

Tabela 1 – Relação dos artigos selecionados para subsidiar as discussões

Título	Autores	Palavras-chave do artigo	Local de publicação	Ano
Superando Limites: a contribuição de Vygotsky para a Educação Especial	Dóris Anita Freire Costa	Educação especial; Vygotsky; Intervenção psicopedagógica	Revista psicopedagogia v. 23, n. 72, p. 232-240.	2006
Inclusão socioeducativa na escola: avaliação do processo e dos alunos	Neli Klix Freitas	Legislação e inclusão. Educação inclusiva. Alunos com necessidades educativas especiais. Avaliação. Teoria de Vygotsky.	Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação, v. 16, n. 60, p. 323-336.	2008
A inclusão de alunos com DID na perspectiva de Vygotsky	Priscila de Sousa Barbosa e Thelma Helena Costa Chahini	Dificuldade intelectual e desenvolvimental, Atendimento Educacional Especializado, Vygotsky	<i>Journal of Research in Special Educational Needs</i> , v. 16 n.1, p. 80-84.	2016
As Contribuições de Vygotsky para o Desenvolvimento das Crianças com Deficiência	Maria Marilê Rodrigues	Vygotsky, aprendizagem, deficiência	<i>Id Online Revista Multidisciplinar e de Psicologia</i> v.10, n. 33, p. 320-328.	2017

A abordagem de Vygotsky em relação à deficiência no contexto dos debates e desafios contemporâneos: Mapeando os próximos passos (Apresentação para a “Edição Especial – a Defectologia de Vygotsky”)	Anna Stetsenko, Bento Selau	-	Revista Educação v. 41, n. 3, p. 315-324.	2018
As contribuições de Vygotsky à concepção de educação inclusiva	Adelaide de Sousa Oliveira Neta, Romária de Menezes do Nascimento, Giovana Maria Belém Falcão	Vygotsky, Defectologia, Educação Inclusiva	Anais VI Congresso Nacional de Educação (CONEDU)	2019
Vygotsky e a defectologia: contribuições para a educação dos estudantes com deficiência nos dias atuais	Cristiane, Ruppel; Ana Flavia, Hansel; Lucimare, Ribeiro	Defectologia, Aprendizagem, Estudantes com deficiência.	Revista Diálogos e Perspectivas em Educação Especial, v.8, n.1, p. 11-24.	2021

Fonte: os autores

Essa metodologia segue os princípios de Lakatos e Marconi (2010), que preconizam a importância de definir claramente o problema, selecionar fontes relevantes e realizar uma análise crítica e sistemática dos dados encontrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em busca de compreender, na perspectiva de cada trabalho selecionado, de que forma o grande arcabouço teórico construído por Vygotsky tem influenciado nos rumos adotados da educação inclusiva no Brasil, bem como os fatores externos e internos determinantes na dinâmica do contexto escolar, seguem as apresentações, análises e discussões dos artigos estudados e relacionados na Tabela 1.

Costa (2006) considera Vygotsky uma das maiores autoridades na compreensão da educação de crianças com necessidades educacionais especiais. Através de seus estudos teóricos e empíricos na *Defectologia* soviética, ele estabeleceu novas bases para a compreensão

da psique humana, que oferecem caminhos alternativos para intervenções que podem favorecer a educação especial e inclusiva no enfrentamento das exclusões educacionais e sociais. Ele aponta que, para Vygotsky, qualquer defeito é também um estímulo, e deficiências podem ser superadas a partir de elaborações promovidas no contexto sociocultural que podem ir ao encontro da Zona de Desenvolvimento Proximal. Vygotsky defendia que a inteligência não é estática, mas sim dinâmica e plástica, construída nas trocas com o ambiente, e que qualquer criança pode aprender, desde que as estratégias, expectativas e os recursos de ensino sejam adequados. Isso contraria as crendices do imaginário popular, normalmente enraizadas em modelos inatistas excludentes, ainda que não se esteja consciente disso.

Assim, existe expectativa de aprendizagem para todos os alunos, com ou sem necessidades educacionais especiais, o que os diferencia são os caminhos usados para acessar a inteligência de cada um deles. Portanto, as atividades devem ser elaboradas visando explorar o potencial dos alunos, e não como uma terapia para a deficiência, mantendo sempre a perspectiva de superação de limitações e de acesso ao conhecimento e à cultura. Argumenta ainda que o defeito/deficiência, enquanto causa orgânica primária, é um fator secundário na constituição psicológica e no desenvolvimento da personalidade da criança, sendo neste contexto, o fator primário a existência de barreiras impostas pela sociedade, portanto cabe a ela a construção dos instrumentos de compensação/superação. Nessa perspectiva, as mediações (pedagógicas, realizadas por pessoas; ou semióticas, por signos, em que ambas se complementam) são, de fato, determinantes para os resultados da aprendizagem e do desenvolvimento do sujeito.

O artigo de Freitas (2008) promove um mapeamento dos parâmetros legais, teóricos, metodológicos e avaliativos que norteiam as políticas públicas voltadas à inclusão de estudantes com necessidades educacionais especiais (NEE) em turmas de ensino regular no Brasil. Chama a atenção para a necessidade de mudanças estruturais, didático-pedagógicas e na formação dos professores, que são consideradas questões fundamentais para a escola atender ao direito universal à educação, conforme determinado por lei. A autora ainda enfatiza a necessidade premente de substituir as ideias de normalidade e anormalidade pelo conceito de diferença, que melhor nos define enquanto humanos. Ela defende que essa diferença deve ser contemplada na elaboração de avaliações, que não devem priorizar métricas e comparações entre alunos, mas sim devem ser formativas, coerentes e inclusivas.

Fundamentada na teoria de Vygotsky, Freitas (2008) argumenta que a escola regular inclusiva é um ambiente fértil para a construção de conhecimentos, que beneficia a todos os

alunos, com ou sem necessidades educacionais especiais, por ser um meio plural que propicia uma rica interação social, sendo esta, somada à mediação pedagógica, promovida pelo professor, uma condição imprescindível para aprendizagem, desenvolvimento e a promoção de uma sociedade fraterna, colaborativa e justa. A autora afirma ainda que, por não existir um modelo único de ser humano o mesmo não pode ser adotado na educação. Porém, a inclusão se apresenta como a melhor forma de aceitar as diferenças e, a partir delas, com o envolvimento de todos os segmentos da sociedade, torna-se possível construir alternativas para todos os desafios que se apresentem.

O artigo de Barbosa e Chahini (2016) traz um estudo realizado junto a Superintendente da Área de Educação Especial da Rede Municipal de Educação de São Luís-MA e professoras que atuam no Atendimento Educacional Especializado (AEE) em salas de Recursos Multifuncionais, no atendimento a estudantes com hipótese de Deficiência Intelectual e Desenvolvimento (DID). Essa investigação desvelou uma série de desafios enfrentados pelas profissionais envolvidas na Educação Especial e de que forma a teoria histórico-cultural de Vygotsky e suas pesquisas, na área da *Defectologia*, contribuíram como subsídio às práticas educacionais com perspectiva inclusiva adotadas por essas profissionais.

O estudo apontou para um baixo nível de conhecimento por parte dessas professoras quanto à legislação que rege o funcionamento do AEE, o que acaba gerando uma falta de clareza quanto às suas complexas atribuições. Além disso, as professoras também enfrentam dificuldades relacionadas à falta de estrutura física e de materiais adequados para a realização do trabalho, bem como no estabelecimento de parceria com os professores regentes da sala de aula comum. A existência desses obstáculos indicou uma falta de articulação efetiva entre as instâncias deliberativas, encarregadas da implementação das políticas educacionais inclusivas do município, e os profissionais que executam essas ações no chão da escola, resultando em uma dissonância entre o que é preconizado e o que é efetivamente realizado.

O planejamento das atividades realizadas com os estudantes com DID é norteado por uma avaliação prévia realizada pela equipe multidisciplinar da Superintendência da Área de Educação Especial, a qual visa promover o acesso, a permanência e aprendizagem do estudante atendido na sala de Recursos Multifuncionais, segundo o órgão. O artigo ainda destaca que, a mediação pedagógica da teoria vygotskyana seria aplicável aos estudantes com DID e que tal abordagem teórica é trabalhada pelo MEC nos cursos de formação continuada à distância, ofertados aos professores do AEE. Porém, em razão da não apropriação dos conceitos basilares da teoria, ela não é efetivamente aplicada, o que revela a necessidade de uma maior atenção

quanto à formação dessas profissionais, que precisam compreender esses estudantes enquanto seres socioculturais, e que não devem ser vistos sob a óptica da deficiência, mas sim, pelas suas potencialidades.

A pesquisa de Rodrigues (2017) considera o arcabouço teórico construído por Vygotsky, nos seus estudos em *Defectologia* e o conceito de zona de desenvolvimento proximal, como suportes potencialmente incomensuráveis e atemporais para a aplicação no contexto escolar. Por apresentarem perspectivas verdadeiramente inclusivas, na medida em que apontam que o comprometimento de algumas funções biológicas, não anula a possibilidade de desenvolvimento do sujeito, mas exigem a construção de caminhos alternativos, os quais podem ser culturalmente elaborados.

Porém, chama a atenção que a aplicação desses conhecimentos ainda não tem sido verificada nas práticas escolares, segundo ela, em razão da não apropriação da teoria vygotskyana pela maioria das pessoas envolvidas nesse processo. Entretanto, a autora salienta que a riqueza desse referencial teórico, com perspectiva inclusiva, torna possível acreditar que, havendo articulação entre todos os agentes envolvidos no processo educacional, o desafio da inclusão pode ser suplantado pela escola.

O trabalho de Stetsenko e Selau (2018) trouxe ao debate a abordagem de Vygotsky, que propõe a substituição do conceito de deficiência pela ideia da diferença, em que essa mudança de entendimento substitui o valor negativo do defeito/deficiência pela possibilidade da sedimentação de um solo fértil/diferença para o aprimoramento da compreensão do desenvolvimento da psique humana. Nesse cenário, cabe à educação ter clareza sobre sua tarefa pedagógica de construir, junto à sociedade em geral, o entendimento de que a real normalidade reside na diferença e que a verdadeira deficiência consiste na tentativa da padronização humana.

Por ser o meio sociocultural o contexto no qual a diferença é tratada como deficiência, cabe também a ele elaborar ferramentas compensatórias que permitam a superação de qualquer obstáculo imposto por possíveis limitações biológicas. Pois, só a sociedade é capaz de proporcionar ou privar o sujeito da plena participação social, sendo esta fundamental para o desenvolvimento do ser em toda a sua potencialidade.

Por fim, o artigo destaca que os estudos realizados pelo grupo liderado por Lev Vygotsky, juntamente com Alexei Leontiev e Alexander Luria, deixaram contribuições significativas. Essas incluem a organização sistêmica das funções psicológicas superiores e influências no campo da neurociência. Atualmente, a neurociência está desafiando a crença tradicional de que as funções cerebrais estão rigidamente compartimentadas, reconhecendo

cada vez mais a plasticidade neural como um processo influenciado pela cultura. Esse entendimento está em consonância com a teoria da mediação cultural vygotskyana.

O artigo de Oliveira Neta, Nascimento e Falcão (2019) atribui a Vygotsky o mérito de fornecer um aporte teórico sem precedentes à educação inclusiva. Ele promove uma mudança paradigmática ao deslocar a centralidade do estudo da deficiência de uma seara restritamente biológica para o contexto sócio-histórico-cultural. Em vez de focar no estabelecimento de leis que regem o desenvolvimento atípico e induzem à segregação, Vygotsky fundamenta práticas pedagógicas que criam oportunidades de experiências comuns a todos. Ele defende essa abordagem com a convicção de que o desenvolvimento das funções psicológicas superiores é mediado pelas interações sociais.

Segundo as autoras, com a teoria de Vygotsky as ações educacionais deixam de ser baseadas exclusivamente no diagnóstico da deficiência e passam a valorizar o papel do professor enquanto mediador, que deve se utilizar de estratégias adequadas para conduzir a aprendizagem e o desenvolvimento do estudante. Ainda alerta que essas estratégias são potencializadas e validadas pelo convívio em ambientes diversos e plurais, que são vistos como a maior fonte de energia capaz de promover a superação da deficiência. Com isso, a teoria de Vygotsky se opõe a qualquer perspectiva segregacionista e enfatiza a importância das interações sociais para o desenvolvimento pleno de todos os estudantes.

O artigo de Ruppel, Hansel e Ribeiro (2021) propõe uma reflexão sobre os efeitos atuais das práticas educacionais relacionadas ao uso dos estudos disruptivos de Vygotsky na *Defectologia*. Entendem que esses estudos revolucionaram a compreensão acerca dos indivíduos com deficiência, que passaram a ser vistos não como menos capazes, mas sim com uma organização cognitiva distinta da considerada “normal”. E, essa mudança de perspectiva, teve um impacto significativo na compreensão de como esses estudantes devem ser atendidos, mudando o foco do defeito psicométrico, em que a ênfase era na mensuração da deficiência, para a potencialidade. Porém, segundo os autores, o abismo entre teoria e prática ainda precisa ser superado. Para isso, é fundamental que se tenha clareza dos papéis do professor enquanto mediador pedagógico, da escola que precisa ser adequada/inclusiva, e da cultura como validadora das ações. Assim, os referenciais estabelecidos por Vygotsky podem balizar as ações de todos os entes envolvidos no processo educativo, promovendo uma educação que seja de fato inclusiva.

Os sete estudos analisados destacam o potencial e a relevância da teoria de Vygotsky na promoção de uma educação inclusiva no Brasil, ressaltando a necessidade de mudanças

estruturais, formativas e atitudinais para a inclusão efetiva de estudantes com necessidades educacionais especiais. A profundidade das análises e a diversidade dos contextos abordados fornecem uma compreensão substancial e valiosa sobre o tema, mas a complexidade da questão sugere que mais pesquisas são necessárias para fornecer uma visão mais completa sobre o impacto da teoria de Vygotsky na educação inclusiva, demonstrando a necessidade de continuar explorando e expandindo este campo de pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os múltiplos estudos e perspectivas exploradas proporcionam uma profunda reflexão sobre a influência significativa do pensamento vygotskyano na educação inclusiva brasileira. A ênfase de Vygotsky na *Defectologia*, ao focar na capacidade dinâmica e plástica da inteligência humana e na interação sociocultural como catalisadora do desenvolvimento, desloca o paradigma da deficiência de um cenário estritamente biológico para um contexto sócio-histórico-cultural.

Ao se analisar os trabalhos, constata-se a visão revolucionária de Vygotsky que percebe as diferenças não como deficiências, mas como variações que enriquecem o tecido social, pautando a necessidade de considerar os sujeitos em suas potencialidades e não apenas em suas limitações. Esta perspectiva não só enfatiza o poder das interações sociais para o pleno desenvolvimento de todos os estudantes, como também ressalta a importância do educador como mediador que, munido de estratégias pedagógicas adequadas, possui o potencial de alavancar a aprendizagem e o desenvolvimento do estudante.

Entretanto, ao observar a prática educacional, nota-se resistência no ensino regular à inclusão. Tal resistência revela um sistema educacional que precisa ser mais acolhedor e adaptável, reconhecendo que, muitas vezes, a verdadeira deficiência está na infraestrutura e metodologia da escola, e não no estudante. Pois, o ensino regular com sua riqueza em oportunidades de trocas sociais, é vital para o desenvolvimento de todos os estudantes com ou sem deficiência.

Assim, enquanto mediadores pedagógicos devemos estar cientes e, permanentemente dispostos, à reflexão acerca das nossas ações educativas. Em que estas não podem ser norteadas, exclusivamente, por nossas bases empíricas, que muitas vezes representam apenas a cristalização de visões pessoais pouco embasadas ou distorcidas. Em outras palavras, encontrar os melhores caminhos para a elaboração de práticas educacionais inclusivas requer lastrear

nossas ações em referenciais teóricos consolidados, estando ainda atentos às múltiplas variáveis envolvidas em cada contexto. Pois, é a sociedade que precisa mudar suas atitudes em relação àqueles que são diferentes (MANTOAN, 2004). Compreendendo que as percepções acerca da deficiência são construções sócio-históricas e, devemos reconhecer que elas refletem mais a cultura vigente na sociedade do que uma compreensão genuína da questão em si.

Quanto às questões que nortearam nosso estudo e discussões, a partir da pesquisa de revisão bibliográfica e das ponderações realizadas, construímos a convicção de que o aporte teórico oferecido pela psicologia histórico-cultural, que tem em Vygotsky seu maior expoente, pode subsidiar a promoção de uma educação verdadeiramente inclusiva no Brasil. Isso se deve tanto à consistência epistemológica de seus pressupostos quanto à validação histórica materializada por práticas pedagógicas compensatórias já consolidadas. Estas práticas permitem fundamentar uma visão otimista acerca da aprendizagem e do desenvolvimento de todos os estudantes, com ou sem necessidades educacionais especiais, desde que lhes sejam oferecidos os instrumentos mediadores adequados, considerando-os a partir de suas possibilidades e não de suas deficiências. Porém, ainda se faz imperativo superar a persistente lacuna entre esse rico repertório teórico e sua aplicação prática nas escolas, almejando um futuro em que todos os estudantes sejam reconhecidos por suas potencialidades e não por suas limitações.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, P. S.; CHAHINI, T. H. C. A inclusão de alunos com DID na perspectiva de Vygotsky. **Journal of Research in Special Educational Needs**, v. 16, p. 80-84, 2016.
- BARBOSA, R. B. F. Aprendizagem da língua estrangeira em crianças surdas. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 1, p. 285-297, 2018.
- BRASIL, Lei 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão das Pessoas com Deficiência (**Estatuto da Pessoa com Deficiência**). Diário Oficial da União, 7 jul. 2015
- _____. MEC. Política nacional de educação especial na perspectiva da educação inclusiva. **Inclusão: revista da educação especial**, v. 4, n. 1, p. 7-17, 2008.
- _____. SENADO FEDERAL. Lei n. 010172, de 9 de janeiro de 2001, aprova o Plano Nacional de Educação e dá outras providências, 2001.
- _____. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, Senado, 1988.
- _____. **Declaração Mundial sobre Educação para Todos**: plano de ação para satisfazer as necessidades básicas de aprendizagem. UNESCO, Jomtiem/Tailândia, 1990.

_____. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.** Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 dez. 1996.

BREITENBACH, F. V.; HONNEF, C.; COSTAS, F. A. T. Educação inclusiva: as implicações das traduções e das interpretações da Declaração de Salamanca no Brasil. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 24, p. 359-379, 2016.

CARVALHO, R. E. **Educação inclusiva com os pingos nos “is”.** 5. ed. Porto Alegre: Mediação, 2007.

CAVALCANTI, L. S. Cotidiano, mediação pedagógica e formação de conceitos: uma contribuição de Vygotsky ao ensino de geografia. **Cadernos Cedes**, v. 25, p. 185-207, 2005.

COSTA, D. A. F. Superando limites: a contribuição de Vygotsky para a educação especial. **Revista Psicopedagogia**, v. 23, n. 72, p. 232-240, 2006.

DAINEZ, D.; SMOLKA, A. L. B. O conceito de compensação no diálogo de Vigotski com Adler: desenvolvimento humano, educação e deficiência. **Educação e Pesquisa**, v. 40, p. 1093-1108, 2014.

DINIZ, D. Modelo social da deficiência: a crítica feminista. *Série Anis*, Brasília, n.28, p.1-8, 2003.

FREITAS, N. K. Inclusão socioeducativa na escola: avaliação do processo e dos alunos. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 16, n. 60, p. 323-336, 2008.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos da metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2010.

MANTOAN, M. T. E. A educação especial no Brasil: da exclusão à inclusão escolar. **Universidade Estadual de Campinas. Unicamp**, v. 25, 2002.

_____. O direito à diferença nas escolas—questões sobre a inclusão escolar de pessoas com e sem deficiências. **Revista Educação Especial**, p. 17-23, 2004.

MEIRELES-COELHO, C.; IZQUIERDO, T.; SANTOS, C. Educação para todos e sucesso de cada um: do Relatório Warnock à Declaração de Salamanca. In: **Actas do IX Congresso da SPCE: Educação para o sucesso: políticas e actores.** p. 178-189, 2007.

OLIVEIRA NETA, A. S.; NASCIMENTO, R. M.; FALCÃO, G. M. B. As contribuições de Vygotsky à concepção de Educação Inclusiva. VI Congresso Nacional de Educação CONEDU Editora Realize, 2019. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/59176>>. Acesso em: 07/06/2023

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração Universal dos Direitos Humanos, 1948.** Disponível em: <<https://www.unicef.org/brazil/declaracao-universal-dos-direitos-humanos>>. Acesso em: 12 dez. 2022.

RABELLO, E. T.; PASSOS, J. S. Vygotsky e o desenvolvimento humano. **Portal Brasileiro de Análise Transacional**, p. 1-10, 2010.

REGO, T. C. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. Editora Vozes Limitada, 2013.

RODRIGUES, M. M. As contribuições de Vygotsky para o desenvolvimento das crianças com deficiência. **Id on Line Revista de Psicologia**, v. 10, n. 33, p. 320-228, 2017.

RUPPEL, C.; HANSEL, A. F.; RIBEIRO, L. Vygotsky e a defectologia: contribuições para a educação dos estudantes com deficiência nos dias atuais. **Revista Diálogos e Perspectivas em Educação Especial**, v. 8, n. 1, p. 11-24, 2021.

SANTOS, W. Deficiência como restrição de participação social: desafios para avaliação a partir da Lei Brasileira de Inclusão. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 3007-3015, 2016.

SOUSA, I. F. et al. Tecnologias assistivas no ensino-aprendizagem: transtorno específico da aprendizagem e deficiência intelectual. **Tecnologias Aplicadas em Educação e Saúde**, p. 33, 2021.

SOUSA, P. B.; SÁ-LIMA, M. A. C.; VALVERDE, C. A inclusão escolar de alunos com Síndrome de Down na última década. **Pedagogia em Foco**, v. 12, n. 8, p. 44-60, 2017.

STETSENKO, A.; SELAU, B. A abordagem de Vygotsky em relação à deficiência no contexto dos debates e desafios contemporâneos: Mapeando os próximos passos (Apresentação para a “Edição Especial—a Defectologia de Vygotsky”). **Educação**, v. 41, n. 3, p. 315-324, 2018.

UNESCO. **Declaração de Salamanca**: sobre princípios, políticas e práticas na área das necessidades especiais. Salamanca, 1994.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

_____. **A formação social da mente**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

_____. **Obras completas - Tomo Cinco: Fundamentos de Defectologia**. Cascavel, PR: EDUNIOESTE, 2022.

VIGOTSKI, L. S.; LURIA A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 16. ed. São Paulo: Ícone, 2017.

VIGOTSKY, L. S. A defectologia e o estudo do desenvolvimento e da educação da criança anormal. **Educação e Pesquisa**, v. 37, n. 4, p. 863-869, 2011.

O artigo a seguir foi publicado na *Revista Científica FacMais*. Disponível em: <https://revistas.facmais.edu.br/index.php/revistacientificafacmais/article/view/157>

Joel Fernandes

Gleidson Nunes Ferreira

Karen Cristine Pereira Dutra

Letícia Oliveira Martins

Clodoaldo Valverde

ARTIGO 2

MOSTRA CIENTÍFICA E PRÁTICAS EXPERIMENTAIS NO ENSINO BÁSICO COMO MEDIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM

RESUMO

O ensino de ciências é constituído por componentes curriculares de fundamental importância no processo de escolarização. Quando realizado através de atividades experimentais, pode auxiliar para que ocorra uma melhor aprendizagem científica, pois as atividades práticas propiciam uma maior interação entre professores e os estudantes. Entretanto, em grande parte das escolas públicas, normalmente, não é possível realizar tais práticas, devido à carência de equipamentos e/ou mesmo a inexistência de laboratório. Uma possível solução para esta problemática seria a realização das chamadas “Feiras de Ciências” ou “Mostras Científicas” as quais são eventos em que os estudantes, sob orientação dos professores, são responsáveis por divulgar projetos executados por eles próprios. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo analisar as práticas experimentais de estudantes do Ensino Médio durante a 1ª Mostra Científica realizada no Colégio Estadual do Setor Palmito, no município de Goiânia/GO. O estudo se trata de um relato de caso, com pesquisa bibliográfica e descritiva. A coleta de dados ocorreu por meio de questionário semiestruturado. Aproximadamente, 20 projetos foram apresentados na Mostra Científica. Durante as exposições, cada grupo teve a liberdade de escolha da metodologia para explanar seu trabalho. Durante o desenvolvimento e nas apresentações dos projetos foi possível identificar a criatividade e o interesse dos estudantes. A atividade proporcionou oportunidades de aprendizagem, através da utilização de procedimentos próprios da ciência, como observar, questionar, formular e testar hipóteses, onde resultados inesperados aconteceram e contribuíram para melhorar o entendimento de fenômenos. Apesar dos percalços que permearam a construção do evento, essa experiência mostrou que a escola pública pode oferecer mais possibilidades de ensino e aprendizagem, tanto para os docentes quanto para os estudantes, numa perspectiva mais diversificada, que vá para além dos conteúdos tradicionais. Por fim, podemos concluir que houve um grau de satisfação positivo de todos os envolvidos.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade; Experimentação; Conhecimento científico.

ABSTRACT

Science teaching is one of the curricular components of fundamental importance in the schooling process. When performed through experimental activities it can help for scientific learning to occur, because practical activities provide a greater interaction between teachers and students. However, in most public schools, it is usually not possible to perform such practices, due to the lack of equipment and/or even the lack of laboratory. A possible solution to this problem would be the realization of the so-called "Science Fairs" or "Scientific Exhibitions" which are events in which students are responsible for disseminating projects carried out by themselves. In this sense, this work aims to analyze the experimental practices of high school students during the 1st Scientific Exhibition held at the State College of the Palmito Sector, in the municipality of Goiânia/GO. The study is a case report, with bibliographic and descriptive research. Data were collected through a semi-structured questionnaire. Approximately 20 projects were presented at the Scientific Exhibition. During the exhibitions, each group had the freedom to choose the methodology to explain their work. In the creation and during the presentations of the projects it was possible to identify the creativity and interest of the students. The activity provided learning opportunities through the use of procedures specific to science, such as observing, questioning, formulating and testing hypotheses, where unexpected results happened and contributed to a better understanding of the phenomenon. Despite the mishaps that permeated the construction of the event, this experience showed that the public school can offer more possibilities of teaching and learning, both for teachers and students, in a more diversified perspective that goes beyond the traditional contents. Finally, we can conclude that there was a degree of positive satisfaction from all involved.

Keywords: Interdisciplinarity; Experimentation; Scientific knowledge.

INTRODUÇÃO

O mundo contemporâneo tem estabelecido grandes desafios para as políticas públicas na área de educação, principalmente para que sejam implementadas mudanças na escola que atendam às necessidades de uma sociedade do conhecimento, potencializada pela revolução digital (CABRAL; BARROSO, 2020). É inegável a relevância e a influência da Ciência/Tecnologia na vida moderna e, por isso, ter uma boa formação científica pode contribuir para que cada indivíduo seja capaz de compreender, argumentar, enfrentar problemas de diferentes naturezas e participar socialmente (KRASILCHIK, 2004). Fato é que o ser humano sempre esteve em busca de respostas para seus anseios, inquietações, angústias, curiosidades e suas dúvidas (REGERT; BAADE, 2022).

E na incessante busca para explicar diferentes fenômenos que se manifestam à sua volta, o Ensino de Ciências (EC), enquanto área de Ciências da Natureza, representa componentes curriculares de fundamental importância no processo de escolarização das crianças e adolescentes (KRASILCHIK, 2004). O EC realizado através de atividades experimentais práticas pode auxiliar para que ocorra uma aprendizagem científica significativa, pois além das atividades práticas propiciarem uma maior interação entre professores e os estudantes, elas potencializam a internalização de conceitos abstratos, já que estes adquirem materialidade (ROSITO, 2008).

Ensinar Ciências fazendo Ciência traz no seu bojo o método da investigação científica, pressupostos e princípios sócio-histórico-construtivistas (e.g. PIAGET, 1976; VYGOTSKY, 1989); ciência como método de pensamento e atitude mental (não mera reprodução de experimentos); transformação das formas de pensamento por meio de etapas e procedimentos, que caracterizam o chamado método científico, fomentando atitudes indagativas de planejamento e estratégias; buscar evidências, explicações e comunicação.

No que diz respeito ao ensino de Física, a aplicação de diversas técnicas em atividades experimentais é notavelmente relevante. No entanto, a literatura acadêmica, representada por periódicos e conferências nacionais, apresenta uma lacuna de estudos voltados para a avaliação dessas atividades (DE ANDRADE, 2022). Os smartphones, por exemplo, emergem como ferramentas promissoras nas atividades experimentais graças à sua adaptabilidade e capacidade de realizar uma vasta gama de medições. Este estudo destaca o valor dos smartphones, compartilhando uma experiência bem-sucedida de sua implementação em aulas de Física do ensino médio em uma escola pública no Ceará (ARISTON, 2022).

Além disso, a incorporação de tecnologias modernas como a impressão 3D e Arduino no currículo propõe um método inovador e eficaz para aprimorar a instrução experimental de Física. Isso é exemplificado por uma atividade realizada com alunos do ensino médio em escolas públicas de Concórdia (EVANGELISTA, 2023). Essas práticas experimentais podem, ainda, favorecer um aumento na concentração e no engajamento dos estudantes, tornando o aprendizado mais significativo (ANDRADE; COSTA, 2016).

A utilização da experimentação em sala de aula pode motivar os aprendizes, aliando teoria e prática na resolução de problemas. Pode contribuir para que o ensino de ciências ganhe um significado mais próximo da realidade do estudante, transformando-se numa ferramenta didática com capacidade de tornar o ensino mais prazeroso, desafiador e instigante (BATISTA; FUSINATO, BLINI, 2009). Entretanto, devido à carência de equipamentos e/ou mesmo a inexistência de laboratório em grande parte das escolas públicas, normalmente, não é possível realizar tais práticas (ANDRADE; COSTA, 2016).

Assim sendo, uma possível solução para esta problemática seria a realização das chamadas “Feiras de Ciências” ou “Mostras Científicas” as quais são eventos em que os estudantes, sob orientação dos professores, são responsáveis por divulgar projetos executados por eles próprios; apresentam trabalhos sobre os quais buscaram informações, reuniram e interpretaram dados; organizaram informações para comunicação (divulgação); e, em alguns casos, construíram alguma ferramenta tecnológica(protótipo) e, dessa forma, vivenciaram uma iniciação científica júnior (HARTMANN; ZIMMERMANN, 2009).

As Feiras de Ciências (FC) ou Mostras Científicas (MC) costumam estar no calendário anual de muitas escolas no Brasil, configurando-se como exposições de projetos científicos desenvolvidos por estudantes, apresentados a um público diferente daquele que rotineiramente compõe a sala de aula (DECLUE *et al.*, 2000; DORNFELD; MALTONI, 2011). Em função do envolvimento dos estudantes com um público diverso, do protagonismo por eles exercido, da posição não burocrática e não hierarquizada dos saberes e sujeitos, as FC/MC podem criar cenários favoráveis para que os estudantes tenham uma aprendizagem com protagonismo, mais participativa, pautada na contextualização, além de viabilizar a alfabetização científica/letramento científico (FRANCISCO; COSTA, 2013).

No âmbito da BNCC, o Ensino Médio deve promover aos estudantes a compreensão e a apropriação desse modo de “se expressar”, próprio das Ciências da Natureza (BRASIL, 2018). Na prática, isso significa: garantir o uso pertinente da terminologia científica, de processos e dos diferentes conceitos; identificar a utilização de unidades de medida adequadas para diferentes grandezas físicas; envolver os estudantes em processos de leitura, comunicação e divulgação do conhecimento científico, fazendo uso de imagens, gráficos, vídeos, notícias, com aplicação ampla

das tecnologias da informação e comunicação. Tudo isso é fundamental para que os estudantes possam entender, avaliar, comunicar e divulgar o conhecimento científico, permitindo uma maior autonomia em discussões, analisando, argumentando e posicionando-se criticamente em relação a temas da ciência e tecnologia que afetam toda a sociedade aos quais todos devemos estar atentos.

Apesar dos impactos positivos, as FC / MC esbarram numa série de obstáculos: concepções educacionais dos professores que impedem a contextualização e/ou a interdisciplinaridade (HARTMANN; ZIMMERMANN, 2009); limitação por crenças, impedindo a reprodução dos experimentos (FARIAS; GONÇALVES, 2007); falta de tempo para planejamento (FRANCISCO; SANTOS, 2014) dentre outros aspectos.

Tendo em vista que muitos estudantes do Ensino Básico não irão focar seus estudos na área acadêmica, vale ressaltar a responsabilidade social que a escola possui de formar cidadãos críticos quanto ao meio em que vivem e habitam (GUIDOTTI; COSTA; LIMA, 2022). Diante disso, essa atividade denominada “Práticas Experimentais no Ensino Básico como Mediação do Processo de Ensino Aprendizagem” teve como objetivo analisar as Práticas Experimentais dos alunos do Ensino Médio durante a 1ª Mostra Científica realizada no Colégio Estadual do Setor Palmito, localizado região leste do município de Goiânia/GO.

METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida no Colégio Estadual do Setor Palmito e, conforme consta na página oficial da Secretaria Estadual de Educação de Goiás (SEDUC-GO) (GOIÁS, 2022), essa unidade escolar está localizada no endereço: Avenida Cristóvão Colombo s/nº, Bairro Jardim Novo Mundo, CEP: 74705-130, situado na região leste do município de Goiânia, Goiás (Figura 01).

Figura 1. Colégio Estadual do Setor Palmito. Fonte: Adaptado pelos autores.



A idealização da “Mostra Científica” se deu, exclusivamente, pelo estímulo recebido e pela incumbência da realização do “*Projeto de Popularização da Ciência na Escola*”. Este projeto está integrado à disciplina de “*Educação Científica em Espaços Não-Formais*” do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás (UEG). O percurso metodológico adotado para realizar a 1ª Mostra Científica da unidade escolar, teve início com a fase de planejamento. Nessa primeira etapa, ocorreu a realização de algumas reuniões somente entre os docentes da área de Ciências da Natureza ($n = 4$), sendo: dois professores de Física, um de Biologia e uma professora de Química. Não foi possível a participação dos demais docentes em razão do envolvimento das demais disciplinas com outras demandas concomitantes da unidade escolar: Projeto Podcast, Halloween e aulas preparatórias para o ENEM determinadas pela SEDUC-GO.

Ficou estabelecido que seriam quatro grupos de trabalho por cada sala de aula (turma). A construção dos projetos ficou restrita às turmas de 1º e 2º anos do Ensino Médio, sendo, quatro turmas de 1º ano e cinco turmas de 2º ano, totalizando nove turmas e 36 projetos. Pois as turmas de 3º ano, em razão de estarem envolvidas nos demais projetos supracitados, participaram apenas com a presença, visitação e

arguições/questionamentos dos colegas no dia da exposição final. Já em relação a temática para desenvolvimento dos seus projetos, os estudantes tiveram livre escolha. Não houve obrigatoriedade na indicação de experimentos por parte dos docentes. Os professores apenas orientaram quanto a algumas fontes de pesquisa: o próprio livro didático e principalmente a internet. Portanto, foi dada liberdade de escolha para os estudantes, todavia, sempre levando em conta questões que representassem riscos e/ou perigo de acidente. A integridade física de todos os envolvidos foi um ponto de atenção entre todos os participantes.

Na construção do presente relato de experiência, optamos pela escolha das seguintes metodologias: pesquisa bibliográfica e a pesquisa descritiva. O objeto da pesquisa foram alguns estudantes do 1º e 2º anos do Ensino Médio, com idade entre 15 e 18 anos, os quais participaram de acordo com as suas disponibilidades, de forma voluntária e aleatória. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica seguindo as orientações determinadas por Gil (2002): busca por artigos científicos indexados na base de dados do Google Acadêmico e utilizando as seguintes palavras-chave: “Feira de Ciências”, “Mostra Científica” “Ensino de Ciências” e “Práticas Experimentais”. Em seguida, para observação e análise das atividades adotamos a pesquisa descritiva a qual analisa, observa, registra e correlaciona as variáveis envoltas aos fatos ou fenômenos, sem manipulá-los (CERVO; BERVIAN, 2002). Nessa pesquisa o “os fenômenos humanos ou naturais são investigados sem a interferência do pesquisador que apenas “procura descobrir, com a maior precisão possível, a frequência com que um fenômeno ocorre, sua relação e conexão com outros, sua natureza e características”.

No intuito de obtermos um *feedback* com relação aos objetivos propostos pelo evento, complementarmente, fizemos uso de um questionário semiestruturado com 05 (cinco) perguntas abertas o qual é apresentado logo abaixo. Os questionários (n = 20) foram distribuídos de forma aleatória para os estudantes que foram convidados a responder de forma não-obrigatória.

- (1). *Para você o que é uma Mostra Científica?*
- (2). *O que você mais gostou de ver na Mostra Científica? Por quê?*
- (3). *Em sua opinião, qual a importância desse tipo de atividade?*
- (4). *Você acha que a Mostra Científica pode ser um lugar para aprender além da sala de aula? Por quê?*

(5). Em sua opinião, você acha que algum assunto apresentado aqui na Mostra Científica poderia te ajudar no seu dia a dia? Por quê?

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aproximadamente 20 projetos foram apresentados na 1ª Mostra Científica realizada no Colégio Estadual do Setor Palmito. Durante as exposições, cada grupo teve a liberdade de escolha da metodologia para explanar seu trabalho. Em razão do curto tempo de preparação dos projetos, a maioria dos estudantes optou pela apresentação de algum tipo de experimento prático o qual esteve intimamente relacionado com as áreas da Ciências da Natureza, conforme pode ser observado nos registros fotográficos a seguir:

Na Figura 2, temos um experimento sobre líquidos miscíveis e imiscíveis, bem como a observação das densidades. Diferentes líquidos são dispostos em recipientes transparentes, revelando camadas distintas formadas pela diferença na capacidade de miscibilidade e densidade entre eles. Essa visualização nos permite entender quais líquidos se misturam harmoniosamente e quais preferem permanecer isolados, com a posição das camadas elucidando a densidade relativa de cada substância. Embora este experimento seja o destaque, um detalhe adicional também chama a atenção: um prato contendo uma vela acesa sobre a qual é colocado um recipiente transparente. A vela rapidamente se apaga, e o líquido no prato é parcialmente sugado para dentro do recipiente, demonstrando de forma prática a relação entre temperatura, pressão e volume nos gases. Juntos, estes experimentos compõem uma cena rica em aprendizado, evidenciando aspectos fundamentais dos líquidos e gases e sua interação no ambiente.

Figura 2. Líquidos miscíveis, imiscíveis e densidades. Estudo dos Gases: pressão, volume e temperatura. Fonte: Elaborado pelos autores.



Passando para a Figura 3, temos a visão de um experimento de Química focado em indicadores ácido-base. A fotografia exibe várias soluções de cores variadas, resultado da adição de diferentes indicadores, que mudam de cor conforme a natureza ácida, básica ou neutra do meio.

Figura 3. Experimento de Química, indicador ácido-base. Fonte: Elaborado pelos autores.



A Figura 4 nos leva ao fascinante mundo da Biologia, onde o DNA humano é extraído. Pode-se visualizar materiais típicos desse tipo de experimento, como tubos de ensaio contendo uma substância viscosa e translúcida, que é o DNA, e outros reagentes e equipamentos usados no processo de extração.

Figura 4. Experimento de Biologia: Extração de DNA Humano. Fonte: Elaborado pelos autores.



Em seguida, a Figura 5 apresenta um experimento de Química que explora a produção de espuma. O cenário inclui a efervescência vigorosa de uma reação, com a espuma transbordando do recipiente, resultado da combinação de bicarbonato de sódio e vinagre ou outro reagente que libere gás.

Figura 5. Experimento de Química: Produção de Espuma. Fonte: Elaborado pelos autores.



Na Figura 6, somos introduzidos ao fascinante mundo da Física por meio de um experimento sobre condutores e isolantes elétricos. A imagem captura uma lâmpada de LED, que, no contexto do experimento, foi conectada a uma bateria de 12V. O que torna esta imagem particularmente intrigante é a demonstração

subsequente da adição de sal. Onde a lâmpada de LED, quando se acende, evidencia o papel do sal na condução elétrica. Esta representação ilustra de maneira didática como certas substâncias, ao serem dissolvidas, podem alterar a capacidade de um líquido em conduzir eletricidade.

Figura 6. Experimento de Física: condutores e isolantes elétricos. Fonte: Elaborado pelos autores



Finalmente, a Figura 7 apresenta outro experimento de Física, desta vez sobre a força centrípeta. Aqui, observamos um objeto leve e uma caneca de vidro amarrados às extremidades de um barbante. No ponto médio do barbante, o conjunto é apoiado sobre um lápis (eixo), estando a caneca na direção vertical e o objeto leve na direção horizontal. Quando o conjunto é abandonado à ação da gravidade, para a surpresa de todos, a caneca não se espatifa no chão, pois a força de tração no barbante atua como força centrípeta sobre o objeto leve, que o mantém em uma trajetória espiralada em torno do lápis, no qual o barbante se enrola, impedindo a queda da caneca.

Figura 7. Experimento de Física: Força centrípeta. Fonte: Elaborado pelos autores.



A explanação dos projetos/experimentos pelos estudantes foi realizada na própria sala de aula após o desenvolvimento dos temas escolhidos. Essas apresentações ajudaram a fomentar habilidades tais como: oralidade, capacidade de articulação, postura, interação entre os estudantes, entendimento dos conteúdos, organização, coerência, disciplina e a criatividade dos estudantes (MANCUSO, 2000; NASCIMENTO; COSTA; AMORIN, 2021).

O público que visitou a 1ª Mostra Científica foi constituído pelos estudantes de outras turmas, professores e demais funcionários da escola. Durante a dinâmica de exibição pública dos projetos, os estudantes se envolveram com os visitantes na explicação das principais características de seus projetos. Alguns estudantes relataram que nunca haviam tido aulas práticas das referidas disciplinas. As oficinas serviram, portanto, para esclarecer dúvidas ao longo do desenvolvimento dos experimentos, bem como corrigir erros conceituais que os discentes possuíam.

Conforme já relatamos, os estudantes puderam escolher livremente os temas para desenvolvimento dos seus projetos. Não houve obrigatoriedade na indicação de experimentos pelos docentes. Nesse sentido, é possível afirmar que os educandos que participaram do desenvolvimento do projeto e das apresentações se mostraram

motivados e criativos como em uma análise similar observada por Castro Junior *et al.* (2019) que avaliaram como foram elaborados os projetos da Feira de Ciências Estadual de Roraima, enquanto espaço de divulgação científica.

Santos (2012) pontua que a apresentação pública de trabalhos (experimentos) por estudantes referentes a projetos de feiras de ciências pode contribuir para aumentar o potencial criativo dos estudantes, além da intensificação das interações sociais. Além disso, também favorece o desenvolvimento cognitivo, o exercício da cooperação e a construção da autonomia de professores e estudantes envolvidos no trabalho.

No que diz respeito aos questionários, podemos afirmar que uma quantidade significativa de estudantes respondeu às perguntas (80%; $n = 16$ / total de $n = 20$), ainda mais se levarmos em consideração a não obrigatoriedade de resposta. Através dos questionários, foi possível extrair e analisar algumas respostas proferidas pelos estudantes, bem como as contribuições da “Mostra Científica” no processo de aprendizagem desses estudantes. Um dos objetivos do relato é a obtenção de um *feedback* dos estudantes. Logo abaixo apresentamos a transcrição de algumas das diferentes respostas desses estudantes ao questionário aplicado:

1ª Pergunta: “Para você o que é uma Mostra Científica?”

“Um tipo de ‘Feira Científica’ em que os alunos possam usar a criatividade, trabalho em grupo, e conhecimento científico para trabalhar a curiosidade relacionado aos estudos em sala de aula” (Estudante 2º ano).

“É um espaço para exposição, apresentação e discussão de trabalhos e projetos técnico-científicos” (Estudante 1º ano).

2ª Pergunta: “O que você mais gostou de ver na Mostra Científica? Por quê?”

“Eu gosto do fato que além estarmos aprendendo também aprendemos de forma divertida” (Estudante 2º ano).

“As ideias criativas que cada um teve” (Estudante 2º ano).

“Para ser sincero o sorriso no rosto de cada um” (Estudante 1º ano).

3ª Pergunta: “Em sua opinião, qual a importância desse tipo de atividade?”

“Não é só sobre estudo, é sobre interação convivência e o compartilhamento do sentimento de alegria de cada um ao ver seu mérito” (Estudante 1º ano).

“Na minha opinião deve ter sempre, pois além de ser divertido é educativo” (Estudante 1º ano).

“Promover um espaço para aprendizado na prática e de ficar divertido [...]” (Estudante 2º ano).

Observamos que a interdisciplinaridade esteve presente, mesmo que de uma forma distante da ideal, de modo que os conceitos e linguagens dos diferentes componentes curriculares foram relacionados. Entretanto, foi preciso existir um contexto histórico, social ou ambiental em que o conhecimento científico foi tangenciado pelos estudantes. O caráter interdisciplinar se manifestou através da construção de aparatos experimentais, cujas explicações necessitavam de bases teóricas em diversas áreas do conhecimento. Como exemplo, podemos relatar o caso da confecção de um “protótipo simulador do sistema respiratório” o qual a estudante acreditava pertencer, exclusivamente, à Biologia; porém, nesse experimento também estavam ali presentes conceitos advindos da Física e da Química.

Quanto às fragilidades, merecem atenção nas próximas edições, caso venham ocorrer: o fato da participação de uma parcela pequena dos estudantes, se levarmos em consideração todas as turmas da unidade escolar; a predominância de experimentos envolvendo as componentes curriculares de física, química e biologia, trabalhados de forma isolada, isto é, sem estabelecer o necessário diálogo com as demais componentes; e a pouca prática de vários profissionais do Ensino Básico, em desenvolvimento de projetos de iniciação científica, apesar de boa parte dos profissionais estarem há bastante tempo atuando na docência. Complementarmente, o tempo na preparação do evento e o envolvimento efetivo de um maior número de docentes, são pontos críticos que devem ser considerados para maximizar o impacto positivo destas atividades em toda a comunidade escolar.

Outro ponto de atenção é que as atividades como “Feira de Ciências” ou “Mostras Científicas” e as práticas experimentais devem ser desenvolvidas ao longo de um período maior (ADAMS; ALVES; NUNES, 2020), uma vez que os quatro

docentes participantes e os estudantes tiveram aproximadamente três semanas para organizarem e desenvolverem todo projeto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A 1ª Mostra Científica do Colégio Estadual do Setor Palmito serviu como modelo e experiência para a realização de futuros eventos na escola. A avaliação dos questionários demonstra que a "Mostra Científica" exerceu um papel significativo no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes, incentivando a criatividade, o trabalho em grupo e a aplicação do conhecimento científico. As respostas dos estudantes enfatizam a importância da interação, convivência e o prazer em aprender.

A "Mostra Científica" oferece uma plataforma inestimável para o desenvolvimento do pensamento crítico e a aplicação prática do conhecimento científico, embora seja crucial melhorar a implementação desta atividade para garantir seu máximo benefício para todos os estudantes. Os desafios e oportunidades identificados neste estudo fornecem um valioso ponto de partida para futuros esforços no sentido de otimizar a experiência da "Mostra Científica".

A avaliação final da "Mostra Científica" teve um balanço altamente positivo, principalmente no que diz respeito ao envolvimento dos estudantes durante as atividades de construção dos projetos (experimentos), bem como na explanação dos seus respectivos trabalhos. Apesar dos percalços, referentes ao relacionamento entre docentes e à infraestrutura deficitária da unidade escolar, os quais permearam a construção do evento, essa primeira experiência mostrou que uma escola pública periférica pode oferecer mais possibilidades de ensino e aprendizagem, tanto para os docentes quanto para os estudantes, numa perspectiva mais diversificada que vá para além dos conteúdos tradicionais. Por fim, podemos concluir que houve um grau de satisfação consideravelmente positivo de todos os envolvidos.

REFERÊNCIAS

ADAMS, F. W.; ALVES, S. D. B.; NUNES, S. M. T. A construção de conhecimentos científicos e críticos a partir de feiras de ciências. **Revista Eletrônica Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 13, p. 144-160, 2020.

ANDRADE, T. Y. I.; COSTA, M. B. O laboratório de ciências e a realidade dos docentes das escolas estaduais de São Carlos-SP. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 3, p. 208-214, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160029>

ARISTON, M. M. et al. O uso de smartphones para o desenvolvimento de atividades experimentais no ensino de física. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v. 5, n. 3, p. 105-124, 2022.

BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A.; BLINI, R. B. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de Física. **Acta Scientiarum Human and Social Sciences**, v. 1, n.1, p. 43-49, 2009.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ministério da Educação. 2018.

CABRAL, A. M. D. O.; BARROSO, M. C. S. Scientific show: way to scientific literacy in schools municipal Maracanaú. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i2.2036>

CASTRO JUNIOR, A.; SOUSA, M.; BOLDRINI, B.; RIZZATTI, I. A Avaliação da Feira de Ciências de Roraima enquanto espaço de Divulgação Científica. **Revista Insignare Scientia**, v. 2, n. 1, p. 75-90, 2019. DOI: <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2019v2i1.10723>

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

DECLUE, M. E.; JOHNSON, K.; HENDRICKSON, H.; KECK, P. Stimulate high school science fair participation by connecting with a nearby college. **Journal of Chemical Education**, v. 77, n. 5, p. 608–609, 2000.

DE ANDRADE, R. R. D. Avaliação de Atividades Experimentais no Ensino de Física: uma revisão. **Revista do Professor de Física**, v. 6, n. 1, p. 33-45, 2022.

DINIZ, B. P. et al. METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE FISICA. **Caderno Impacto em Extensão**, v. 3, n. 1, 2023.

DORNFELD, C. B.; MALTONI, K. L. A feira de ciências como auxílio para a formação inicial de professores de ciências e biologia. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 5, n. 2, p. 42–58, 2011.

EVANGELISTA, F. L. et al. De estudante para estudante: atividade experimental envolvendo arduino, impressão 3d e física. **CONTRAPONTO: Discussões científicas e pedagógicas em Ciências, Matemática e Educação**, v. 4, n. 5, p. 144-160, 2023.

FARIAS, L. N.; GONÇALVES, T. V. O. Feira de ciências como espaço de formação e desenvolvimento de professores e alunos. **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 3, n. 6, p. 25-33, 2007.
<https://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/view/200>

FRANCISCO, W.; COSTA, W. L. Qual a influência de um projeto de feira de ciências para uma escola da rede pública de ensino? Um olhar dos professores participantes.

In: Congreso Internacional sobre Investigaci3n en Didáctica de las Ciencias, 9., 2013, Girona. **Anais [...]**. Girona, 2013.

FRANCISCO, W.; SANTOS, I. H. R. A feira de ciências como um meio de divulgação científica e ambiente de aprendizagem para estudantes-visitantes. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 7, n. 13, p. 96-110, 2014.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUIDOTTI, C. S.; COSTA, P. V.; LIMA, A. M. G. (Org.). **Caderno de Registros e Relatos 2021**: XIII Mostra de Ciências e do Conhecimento de Santo Antônio de Patrulha. 1ª. ed. Porto Alegre/RS: Editora Mundo Acadêmico, 2022.

HARTMANN, A. M.; ZIMMERMANN, E. Feira de Ciências: a interdisciplinaridade e a contextualização em produções de estudantes de ensino médio. *In*: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. 7., 2009, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://www2.unifap.br/rsmatos/files/2013/10/178.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2022.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4. ed. São Paulo: EDUSP, 2004.

MANCUSO, R. Feiras de Ciências: produção estudantil, avaliação e consequências. **Revista digital de Educación y Nuevas Tecnologías**, v. 6, n. 1, p. 1-5, 2000.

NASCIMENTO, D. S.; COSTA, C. R. M.; AMORIM, A. G. N. A Prática pedagógica da feira de ciências integrada aos componentes curriculares do Ensino Fundamental II na Escola Família Agrícola Santa Ângela (EFASA). **REVISTA SOMMA**, v. 7, p. e090721, 2021. <https://doi.org/10.51361/somma.v7i1.161>

PIAGET, J. **Equilíbrio das Estruturas Cognitivas**. Penna. Rio de Janeiro, Zahar. 1976.

REGERT, R.; BAADE, J. H. O Ser Humano, A Educação e a Sociedade. **Revista Informação em Cultura**, v. 4, p. 01-20, 2022.

ROSITO, B. A. O ensino de Ciências e a experimentação. *In*: Roque Moraes (Org.). **Construtivismo e ensino de ciências**: reflexões epistemológicas e metodológicas. 3. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

SANTOS. A. B. Feiras de Ciência: Um incentivo para desenvolvimento da cultura científica. **Revista Ciência em Extensão**, v. 8, n. 2, p.155-166, 2012.

GOIÁS. SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO. **Escolas**. 2022. Disponível em: <http://www.seduc.go.gov.br/escolas/> Acesso em: 14 nov. 2022.

VYGOTSKY L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo -SP: Martins Fontes, 1989.

O artigo a seguir será submetido à revista *Caderno de Física da UEFS*. As regras para a submissão estão disponíveis em: <https://periodicos.uefs.br/index.php/cadfis>

ARTIGO 3

ELETROSCÓPIO ELETRÔNICO MULTISSENSORIAL: A PRÁTICA EXPERIMENTAL COMO INSTRUMENTO DE INCLUSÃO NO ENSINO DE ELETROSTÁTICA

Joel Fernandes

Pablo Diniz Batista

Clodoaldo Valverde

RESUMO

Este artigo apresenta a elaboração de um eletroscópio eletrônico multissensorial como uma proposta de ferramenta inclusiva no ensino de eletrostática. Alinhado aos princípios da educação inclusiva, como a igualdade de oportunidades, a valorização das diferenças e a acessibilidade, e fundamentado na teoria histórico-cultural de Vygotsky, o dispositivo visa atender à diversidade presente nas salas de aula contemporâneas, permitindo a percepção de fenômenos eletrostáticos por meio de três canais sensoriais: visual, auditivo e tátil. A multissensorialidade incorporada ao eletroscópio desenvolvido não se limita à tradução de fenômenos e conceitos eletrostáticos, mas também se configura como um recurso pedagógico que contribui tanto para a construção de um ambiente de aprendizagem efetivamente inclusivo quanto para o fortalecimento de uma cultura colaborativa no ambiente escolar. O artigo descreve a construção e o funcionamento do aparato, discute sua relevância no contexto da educação inclusiva e sugere possíveis aplicações pedagógicas que potencializam o uso deste dispositivo na superação das barreiras sensoriais e na promoção de um ensino acessível a todos.

Palavras-chave: Educação Inclusiva; Eletroscópios; Ensino de Física; Multissensorialidade; Práticas Experimentais; Produtos Educacionais.

ABSTRACT

This article presents the development of a multisensory electronic electroscope as a proposal for an inclusive tool in the teaching of electrostatics. Aligned with the principles of inclusive education, such as equal opportunities, valuing differences, and accessibility, and based on Vygotsky's cultural-historical theory, the device aims to address the diversity present in contemporary classrooms by enabling the perception of electrostatic phenomena through three sensory channels: visual, auditory, and tactile. The multisensory nature incorporated into the developed electroscope goes beyond the translation of electrostatic phenomena and concepts and is also configured as a pedagogical resource that contributes both to the creation of a truly inclusive

learning environment and to the strengthening of a collaborative culture in the school setting. The article describes the construction and functioning of the device, discusses its relevance in the context of inclusive education, and suggests possible pedagogical applications that enhance the use of this device in overcoming sensory barriers and promoting education accessible to all.

Keywords: Inclusive Education; Electroscopes; Physics Education; Multisensory Approach; Experimental Practices; Educational Products.

INTRODUÇÃO

O ensino de ciências aborda conhecimentos que não podem ser vistos como fins em si mesmos, mas sim compreendidos como fundamentais para o pleno exercício da cidadania, pois tal exercício exige difíceis e frequentes tomadas de decisões, num mundo contemporâneo imerso e altamente dependente de ciência e tecnologia. Para a condução do processo de ensino-aprendizagem, é sumamente importante que o professor esteja atento à necessidade do uso de abordagens e recursos que libertem os estudantes do senso comum e, através da negociação de significados, promovam a apropriação de conceitos científicos. Mas para que isso ocorra, é preciso que esses conceitos façam sentido e se tornem significativos para os estudantes (MOREIRA, 2018).

É notório que, nos últimos anos, tem ocorrido uma significativa transformação no ambiente escolar brasileiro, impulsionada pelo avanço das políticas inclusivas que têm promovido a inserção de estudantes com deficiência no ensino regular/sala de aula comum. Nesse contexto, é importante ressaltar a existência de uma série de marcos legais e políticas que têm contribuído para esse processo, dentre as quais destacamos: a Constituição Federal de 1988, que estabelece a educação como um direito fundamental de todos os cidadãos e especifica diretrizes para garantir igualdade de condições para os educandos com deficiência, estabelecendo o Atendimento Educacional Especializado (AEE) (BRASIL, 1988); a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394 de 1996 que menciona, em seu capítulo V, no artigo 58, a Educação Especial como uma modalidade a ser preferencialmente oferecida na rede regular de ensino (BRASIL, 1996); a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (PNEEPEI), a qual promoveu uma mudança de paradigma, passando da concepção de integração para o conceito atual de inclusão, buscando assegurar a participação plena e efetiva

de todos os estudantes (Brasil, 2008); a Lei Brasileira de Inclusão (LBI), Lei nº 13.146 de 2015 fundamentada no modelo social, o qual entende o conceito de deficiência como resultado de barreiras impostas por uma sociedade despreparada para lidar com a diversidade humana, e não como um atributo individual, reforçando, assim, a importância da acessibilidade e da promoção da igualdade de oportunidades (BRASIL, 2015); além de outras leis e decretos que complementam e fortalecem o arcabouço legal em prol da inclusão educacional no Brasil.

Porém, para além das determinações legais e das burocracias, está a necessidade de traduzir os princípios da educação inclusiva em ações práticas e efetivas, capazes de abarcar toda a complexidade de individualidades que constitui a realidade plural da sala de aula que temos hoje. Isso exige que os professores, enquanto atores responsáveis pela condução desse processo junto aos estudantes, não se sintam apenas cobrados, despreparados e impotentes, mas sim adequadamente instrumentalizados. E ainda, conscientes de que, em ambientes tão heterogêneos como o da escola inclusiva, é preciso ter uma permanente disposição na construção e reelaboração de novas e criativas alternativas, pois a verdadeira inclusão se faz nas ações cotidianas (ORRÚ, 2017).

Outrossim, pensar num ensino justo e inclusivo pressupõe o oferecimento de ferramentas que possibilitem a cada um, independentemente de sua singularidade, a construção do conhecimento, considerando que incluir não significa apenas inserir, mas, antes de tudo, reconhecer e valorizar as diferenças, permitindo, dessa forma, que todos possam ser contemplados em suas especificidades (JACAÚNA NETO; SILVA; SILVA, 2021).

Segundo a teoria histórico-cultural de Vygotsky, os elementos que constituem as funções psicológicas superiores (atenção consciente, percepção, pensamento lógico, fala, imaginação, criatividade etc.) da psique humana têm seu desenvolvimento caracterizado por dois momentos. O primeiro se dá no mundo externo, na cultura, nas relações interpessoais; para, num segundo momento, serem internalizados através da mediação pedagógica e/ou simbólica, com o uso de instrumentos concretos e/ou abstratos, tornando-se, assim, parte da personalidade de cada sujeito, isto é, convertendo-se em elementos intrapessoais. Sendo esta uma lei geral da aprendizagem e do desenvolvimento de todas as pessoas, com ou sem deficiência. Isso pode ser melhor compreendido a partir do entendimento de como se dá a

apropriação da língua, já existente no mundo externo e que, inicialmente, tem para a criança a função comunicacional, para, só depois de internalizada, se tornar instrumento do pensamento (VIGOTSKI, 2009).

Dessa forma, a condição não suficiente, porém fundamental para garantir a efetividade do processo de ensino e aprendizagem de forma justa e, verdadeiramente, numa perspectiva inclusiva, passa pela disponibilidade de recursos pedagógicos e de acessibilidade que ofereçam a cada aprendiz as ferramentas necessárias à apropriação do conhecimento. Assegurando, deste modo, o desenvolvimento de todos os estudantes presentes no contexto da sala de aula comum, que pelas razões supracitadas têm se tornado ambientes cada vez mais ricos em diversidade (MENDES; REIS, 2021).

Assim, considerando que a aprendizagem não se dá através da ação direta com o objeto do conhecimento, mas de forma mediada, é fundamental reconhecer a necessidade de utilizar instrumentos, estratégias e recursos adequados (VIGOTSKI, 2022). No ensino de Física, é notável a dificuldade de aprendizagem dos estudantes com as abordagens tradicionais, que priorizam o uso excessivo de abstrações matemáticas por meio de equações. Embora, estas equações expressem conceitos de maneira elegante e com uma inquestionável capacidade de síntese (PIETROCOLA, 2002), muitas vezes elas exigem uma sofisticação de pensamento que ainda não está consolidada na estrutura cognitiva do estudante, representando um obstáculo adicional ao processo de apropriação dos conceitos (MOREIRA, 2011).

Logo, para potencializar e facilitar a aprendizagem, é necessário estar atento à utilização de meios que consigam dar materialidade, sempre que possível, a conceitos abstratos. Nesse sentido, acreditamos que a apreensão desses conceitos pode ser facilitada pelo uso de práticas experimentais, já que estas desvelam a conexão entre pressupostos teóricos e os fenômenos físicos (PEREIRA; MOREIRA, 2017).

E ainda, balizados por princípios humanistas e legais que estabelecem que a educação tem que ser inclusiva, entendemos que na elaboração dessas práticas experimentais é preciso levar em consideração a necessidade de que elas sejam acessíveis a todos os estudantes. Para isso, uma alternativa interessante é que possuam em sua estrutura uma variedade de canais que permitam a percepção dos fenômenos que representam; contemplando assim, além do estilo peculiar de

aprendizagem de cada estudante, um meio de compensação social para a superação de alguma deficiência física, sensorial ou intelectual existente (VIGOTSKI, 2022).

Diante deste cenário o presente artigo tem como objetivo apresentar e discutir a elaboração de um eletroscópio eletrônico multissensorial, o qual trata-se de um produto educacional vinculado à dissertação do programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás, intitulada: “A Prática Experimental como Instrumento de Inclusão no Ensino de Física”. Sendo esta pesquisa norteada pela pergunta: De que forma a prática experimental pode dar uma perspectiva inclusiva ao ensino de Física?

A escolha pela elaboração de tal produto educacional surgiu como resultado de uma inquietação gerada ao observar que estamos atualmente em um contexto escolar marcado pela diversidade. Dessa forma, é necessário que as abordagens, recursos e instrumentos de ensino utilizados estejam em consonância com essa realidade, visando alcançar a todos os estudantes. Tal necessidade encontra respaldo nos três princípios norteadores da abordagem denominada Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA), quais sejam: múltiplas formas de representação, variadas formas de ação e expressão, e o engajamento como premissa (ZERBATO; MENDES, 2018).

Acreditamos que esses princípios estão materializados no eletroscópio multissensorial construído, uma vez que ele pode ser considerado um modelo prático para maximizar as oportunidades de aprendizagem de conceitos eletrostáticos. Isso é possível porque esse eletroscópio representa fenômenos elétricos de forma visual, auditiva e tátil, diversificando os canais comunicacionais e ampliando as possibilidades de estratégias de ensino a serem adotadas. Dessa forma, mais itinerários de aprendizagem estarão potencialmente disponíveis, aumentando a probabilidade de atender estudantes que, por alguma razão, se sentem excluídos, mesmo frequentando uma sala de aula que se propõe a ser inclusiva (CARVALHO, 2004).

Não temos a pretensão de que o produto educacional proposto seja uma panaceia para a inclusão nas aulas de eletrostática, mas sim que ele seja um instrumento capaz de acompanhar e contribuir para o fortalecimento da perspectiva de que a inclusão é um processo permanente, construído a partir de ações efetivas

que respondam às demandas diárias. Para isso, é fundamental que o professor, enquanto mediador pedagógico e organizador do espaço educativo, esteja munido de instrumentos e repertórios que viabilizem e facilitem tal processo. Nessa perspectiva, o uso desse dispositivo que recruta múltiplos sentidos mostra-se relevante, pois é capaz de promover a remoção de barreiras sensoriais e permitir o acesso a diversos fenômenos elétricos presentes no seu funcionamento (MARQUES; VILAR; BARBOSA, 2023).

Além disso, esse dispositivo, por meio dos componentes responsáveis pelo seu funcionamento, abrange uma infinidade de fenômenos e conceitos físicos historicamente construídos, como eletrização, condutividade elétrica, carga elétrica, força elétrica, campo elétrico, indução eletrostática, modelos atômicos, potencial elétrico, entre outros. Portanto, tal abordagem pode representar para o estudante a possibilidade de uma melhor compreensão de como a ciência se desenvolve em suas múltiplas dimensões (histórica, metodológica, política, sociológica), sem perder de vista a importância da apropriação intelectual dos conceitos científicos, que ganham maior significado na concretude da eletrônica (BATISTA; SILVA, 2018).

Entendemos que não é suficiente apenas identificar os meios pelos quais a exclusão ocorre em sala de aula; é imperativo apontar alternativas exequíveis para suplantar essa realidade injusta. Orientamo-nos pela premissa de que compreender a realidade é um passo fundamental para transformá-la (FREIRE, 2011). Afinal, se a realidade atual, apesar dos avanços, ainda é excludente, é possível concebê-la de outra forma, justa e acessível a todos. Nesse contexto, a tomada de consciência nos impele a assumir a responsabilidade de elaborar recursos materiais, aliados a estratégias e atitudes assertivas, que superem possíveis inadequações das nossas práticas cotidianas no chão da escola.

EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO ELETROSCÓPIO E SUA ABRANGÊNCIA CONCEITUAL

O marco inicial da eletrostática que se tem registro histórico é atribuído a um experimento realizado pelo filósofo grego Tales de Mileto (624 - 546 a.C), no século VI a.C, onde ele observou que o atrito entre uma resina vegetal fóssil petrificada, o

âmbar (em grego, *eléktron*), e pele de animal ou tecido, produzia na resina a capacidade de atrair objetos leves (YAMAMOTO; FUKE, 2010).

Apenas no final do século XVI, mais de dois mil anos depois, temos o próximo registro na história da eletrostática, segundo o qual o físico e médico inglês, William Gilbert (1544-1603), ao realizar novos experimentos, verificou que a capacidade de atrair objetos leves, após o atrito, não era uma propriedade exclusiva do âmbar. Suas experiências foram publicadas em sua famosa obra, *De Magnete* (1600), onde ele apresentava estudos que demonstravam a distinção entre a atração exercida por materiais eletrizados por atrito e a atração exercida por ímãs (YAMAMOTO; FUKE, 2010). É também atribuído a William Gilbert a construção do primeiro eletroscópio, denominado *Versorium*, composto por um pivô que dava sustentação a uma agulha ou palha, permitindo-lhe girar livremente e aprontar para o corpo eletrizado, conforme representa a **Figura 1**.

Figura 1: *Versorium*, conforme descrito por William Gilbert em *De Magnete* (1600).



Fonte: Wikimedia Commons

Já no século XVII, o físico alemão Otto von Guericke (1602-1686), ao reproduzir as experiências de Gilbert, observou a possibilidade de atração e repulsão após a eletrização por atrito, usando a primeira máquina da história da eletrostática, criada por ele. Guericke introduziu a ideia da existência de diferentes "corpos elétricos" e a possibilidade da transferência das chamadas "virtudes elétricas" dos corpos por simples contato, hoje denominada eletrização por contato (FERRARO; TORRES; PENTEADO, 2012).

O físico inglês Stephen Gray (1666-1736), no século XVIII, utilizou um eletroscópio rudimentar feito com penas de aves, inspirado no eletroscópio de linhas de seda criado por Francis Hauksbee e com ele Gray verificou que os efeitos elétricos de uma esfera de vidro eletrizada podiam ser observados ao longo de um tubo metálico quando uma de suas extremidades tocava a esfera de vidro. Dessa forma,

Gray descobriu a condutividade elétrica, observando que essa condutividade não ocorria em todos os materiais. Com isso, ele superou a ideia de corpos “não elétricos” e “elétricos” de Gilbert e introduziu os conceitos de condutores e isolantes elétricos, nos quais a eletricidade podia ou não fluir, respectivamente. Isso desvelou um novo entendimento sobre a natureza da eletricidade, percebida agora como um fluido elétrico e não mais como uma “virtude” dos materiais (MEDEIROS, 2002).

Segundo Medeiros (2002), nesse mesmo século, John Canton (1718-1772) e Abraham Bennet (1749-1799), também britânicos, desenvolveram o pêndulo de bolinhas envelhecidas de sabugueiro e o eletroscópio de folhas de ouro, respectivamente. Esses instrumentos são as maiores inspirações para os dois tipos de eletroscópios mais citados por livros didáticos e usados em experiências demonstrativas em sala de aula atualmente. O pêndulo eletrostático utiliza um fio isolante que mantém suspensa uma pequena esfera leve de isopor ou cortiça, a qual se desloca na presença de um corpo eletrizado. Já o eletroscópio de folhas consiste em uma esfera condutora conectada através de uma haste condutora a duas folhas leves de alumínio que se afastam quando carregadas.

Charles François Du Fay (1698-1739), filósofo natural francês, inspirado pelas publicações de Hauksbee e Gray, buscava compreender a natureza dos fenômenos elétricos. Ele realizou uma sistemática reprodução de experimentos, bem como novas investigações, e verificou que os materiais assumiam apenas dois comportamentos possíveis: quando atritados com lã, por exemplo, dois bastões de vidro passavam a se repelir entre si, enquanto um bastão de vidro e outro de resina, também atritados com lã, se atraíam. Repetindo o experimento com diversos materiais, Du Fay estabeleceu os conceitos de eletricidade vítrea e eletricidade resinosa, para os materiais que, após o atrito, se comportavam como o vidro ou como a resina (TELLES; NETTO, 2018). Cabe ressaltar que o entendimento da repulsão elétrica é também atribuído a Du Fay, embora já tenha sido observado anteriormente por Guericke (PEDUZZI; RAÍCIK, 2015).

Posteriormente, ainda no século XVIII, os conceitos de eletricidades vítrea e resinosa foram substituídos pelo cientista e inventor estadunidense Benjamin Franklin (1706-1790) pela ideia da eletricidade como um fluido elétrico único, que podia ser transferido entre os corpos, deixando-os com excesso (positivos) ou com falta (negativos) desse fluido. Porém, nenhum efeito elétrico seria percebido se o corpo

estivesse com sua quantidade natural de fluido elétrico. No entanto, foi somente com os conhecimentos advindos das teorias e experimentos do século XX, relacionados à estrutura do átomo, que se chegou à atual compreensão de como se dá a eletrização dos corpos (SILVA; PIMENTEL, 2008). Cabe, entretanto, destacar que os sinais: positivo (+) e negativo (-), a partir de então, não mais representam o excesso ou falta do fluido elétrico de Franklin, mas sim referem-se à carga elétrica, que é uma propriedade fundamental da matéria, não observada nos nêutrons e apresentada pelos prótons (p+) e pelos elétrons (e-), os quais subsidiam a explicação dos princípios de funcionamento dos eletroscópios.

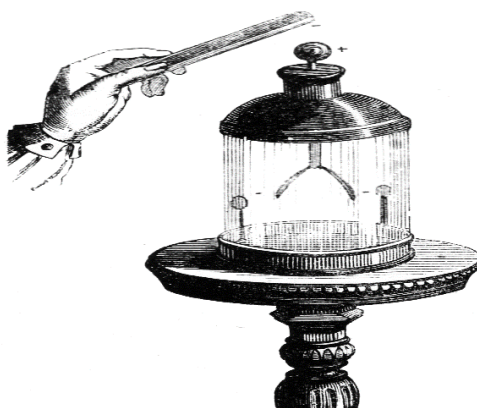
Portanto, um eletroscópio pode ser conceituado como um dispositivo destinado a indicar a presença de cargas elétricas, ou seja, a determinar se um corpo está ou não eletrizado. Estar eletrizado positivamente significa apresentar perda ou falta de elétrons, resultando no predomínio de prótons, e negativamente, ganho ou excesso de elétrons. É importante salientar que, para a eletrização, somente um tipo de partícula – o elétron – pode ser transferido entre os corpos; sendo assim, representa-se o excesso (-) ou a falta (+) dessa partícula por sinais opostos aos adotados por Franklin. Se o corpo apresentar prótons e elétrons em quantidades iguais, ele estará eletricamente neutro, isto é, não eletrizado (YAMAMOTO; FUKU, 2010).

Seu funcionamento ocorre por meio da indução eletrostática, uma interação à distância mediada pelo campo elétrico. Esse campo gera, sobre as cargas elétricas no corpo do eletroscópio, forças elétricas atrativas e repulsivas, causando a polarização, ou seja, a separação de cargas positivas e negativas, em sua estrutura sensível (esfera e/ou folhas). As cargas elétricas atraídas, por estarem mais próximas do corpo eletrizado em estudo (corpo indutor), fazem com que a força de atração prevaleça sobre a repulsão. Isso resulta na atração da esfera leve (corpo induzido), como no caso do pêndulo eletrostático.

No caso do eletroscópio de folhas, podemos citar como exemplo, conforme ilustrado na **Figura 2**, o eletroscópio de folhas de ouro semelhante ao desenvolvido por Abraham Bennet (1749-1799), um instrumento clássico utilizado para a detecção de cargas elétricas. Ele consiste em duas folhas de ouro suspensas de uma haste metálica. Ao aproximar um objeto carregado negativamente do terminal superior, ocorre a separação das cargas na estrutura condutora: as positivas são atraídas para o terminal superior e as negativas são repelidas para as folhas, que se afastam devido

à repulsão mútua. O dispositivo também conta com duas tiras condutoras nas laterais das folhas, que limitam a sua abertura. No caso da presença de uma carga muito grande, as folhas tocarão essas tiras condutoras e descarregarão, prevenindo danos ao instrumento.

Figura 2: Eletroscópio de folhas de ouro



Fonte: Wikimedia Commons (2007).

É possível perceber que o uso e o desenvolvimento do eletroscópio têm uma relação significativa com cada contexto de desenvolvimento da eletricidade. Embora as descobertas feitas com o uso dos eletroscópios tenham desdobramentos impossíveis de prever enquanto ocorriam, hoje sabemos que os pressupostos teóricos e conceitos elaborados associados ao uso desse dispositivo foram fundamentais para se alcançar o estágio atual. Para citar apenas dois exemplos: a condutividade elétrica, descoberta por Gray com seu rudimentar eletroscópio de penas, e a abordagem quantitativa da força elétrica, introduzida por Coulomb com sua balança elétrica de torção, um instrumento que, embora não seja um eletroscópio, foi inspirado nos princípios de “medição de carga elétrica” proporcionados pelos eletroscópios, contribuíram significativamente para a sedimentação do caminho que levou aos impressionantes avanços tecnológicos dos dias atuais (MEDEIROS, 2002). Entre outras inúmeras possibilidades, esses avanços incluem a criação de componentes eletrônicos que permitem a elaboração de eletroscópios eletrônicos, analógicos ou digitais, muito mais sensíveis que os tradicionais de folhas ou pendulares.

ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Inicialmente, realizou-se uma revisão da literatura sobre o tema da eletricidade, com o objetivo de evidenciar a importância histórica do uso do eletroscópio no desenvolvimento de conceitos fundamentais da eletrostática. Essa revisão teórica também destacou a necessidade e os benefícios da utilização de instrumentos adequados ao ensino inclusivo. Tal investigação fundamentou a convicção no potencial de um dispositivo multissensorial, fornecendo uma base consistente para o desenvolvimento do eletroscópio eletrônico, direcionando a etapa experimental subsequente, que permitiu validar tecnicamente o dispositivo. Essa validação foi assegurada por suas funcionalidades – como a sequência de LEDs, o sinal sonoro e a vibração tátil – operando conforme o esperado e garantindo que ele estivesse apto para futuras aplicações práticas.

Segundo Marconi e Lakatos (2002), trata-se de uma pesquisa aplicada em sua finalidade e natureza, já que o estudo se concentrou no desenvolvimento de um produto educacional específico com aplicação imediata dos resultados na solução de problemas relativos à necessidade de promover o ensino de eletrostática com uma perspectiva inclusiva.

Quanto aos objetivos, a pesquisa se caracteriza como exploratória, descritiva e de abordagem qualitativa. A vertente exploratória visou investigar as potencialidades de um novo instrumento didático, examinando como este poderia ser utilizado para atender diferentes necessidades de aprendizagem e inclusão. Simultaneamente, a pesquisa assume um caráter descritivo ao detalhar as características do eletroscópio multissensorial, suas funcionalidades e os benefícios que pode proporcionar tanto para estudantes com deficiência quanto para aqueles sem deficiência. Já a abordagem qualitativa permitiu uma compreensão mais aprofundada do alcance do dispositivo e do contexto educacional no qual ele pode ser inserido, contribuindo para a construção de um ambiente de ensino efetivamente inclusivo.

Em resumo, a pesquisa adotou uma metodologia aplicada, exploratória e descritiva, com uma abordagem qualitativa, utilizando métodos bibliográficos e experimentais. Essa combinação metodológica assegurou uma fundamentação teórica robusta e a validação técnica do eletroscópio multissensorial, posicionando-o

como uma ferramenta pedagógica potencialmente inclusiva para o ensino de eletrostática.

CONSTRUÇÃO E FUNCIONAMENTO DO ELETROSCÓPIO ELETRÔNICO MULTISSENSORIAL

Os eletroscópios tradicionais pendulares ou de folhas, usados para demonstração de fenômenos eletrostáticos em sala de aula, se limitam à representação visual das informações geradas nesses aparatos. O dispositivo aqui proposto, além do visual, oferece os canais auditivo e tátil, podendo assim ser funcional para estudantes com deficiência visual, auditiva ou sem deficiência, caracterizando-se dessa forma como um dispositivo multis sensorial e inclusivo.

Os materiais utilizados na construção do projeto seguem relacionados na **Tabela 1**.

Tabela 1: Relação dos materiais utilizados

Material	Valor/especificação	Quantidade
Transformador	12V+12V;300mA	1
Diodos	1N4001	4
Capacitores	10nF;1μF;1000μF	4
Regulador de tensão	L7805; L7808; L7908	3
Resistores	100Ω; 1k; 3k; 5k; 10k; 12k;100kΩ	25
Potenciômetro	1kΩ	1
LEDs	3.0 mm;2V;3,2V	13
CI's	LM358; LM3914; KA331	5
Transistores	MPF102; TP141	2
Alto-falante	32Ω;10mW	1
Vibracall	5V;60mA;9000rpm	2
Proto board	-12V/0V; +5V/+12V;600mA	1
PCB	9,6cmx7,2cm	1
Placa de fenolite	10cmx5cm	1
Fios conectores	1,0mm ²	20
Invólucro 3D	18cmx10cm	1

Fonte: Autores (2023).

O componente chave do aparato trata-se de um transistor de efeito de campo de junção (*JFET*) de canal n, que possui três terminais: dreno (D), fonte (S) e porta (G). O canal n, é o caminho condutor entre o dreno e a fonte. As regiões da porta, que são do tipo p, formam junções p-n com o canal n. Quando não há tensão na porta, o canal n está aberto, permitindo a passagem de corrente do dreno para a fonte (I_{DS}). Aplicando uma tensão negativa na porta ($V_{GS} < 0$) as regiões de depleção⁶ ao redor das junções p-n se expandem, estreitando o canal n. Isso aumenta a resistência do canal, reduzindo a corrente que pode fluir entre o dreno e a fonte. O desafio da construção do aparato foi converter esta variação de corrente no canal n do *JFET* em sinais perceptíveis para todos os estudantes.

Na construção do eletroscópio eletrônico multissensorial desenvolvido neste trabalho, a primeira etapa consistiu em desenhar o esquemático do circuito no programa *KiCad EDA*⁷. A utilização desse tipo de plataforma permite a criação de esquemas eletrônicos organizados, que facilitam a compreensão e a reprodução, seja na *protoboard* (matriz de contatos) ou placa de circuito impresso (*PCB*).

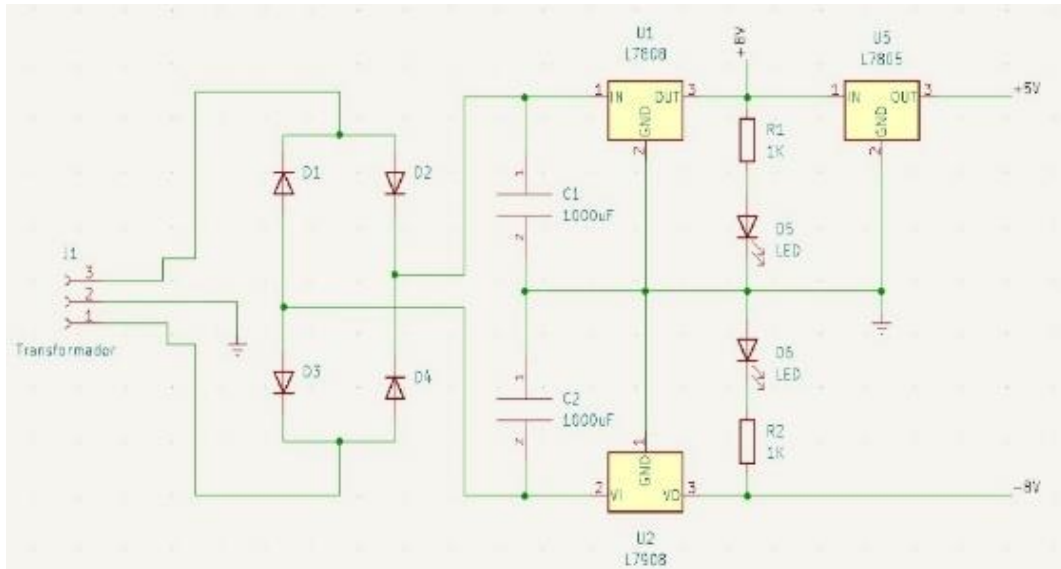
Para melhor compreensão, tal esquemático será apresentado em cinco partes. A primeira delas é a fonte de tensão, responsável por fornecer tensões contínuas a todos os componentes do circuito, a partir de uma entrada de 220 V em corrente alternada. A fonte linear⁸ é composta por um transformador, 4 diodos, 2 capacitores e três reguladores de tensão, conforme representa a **Figura 3**:

⁶ As regiões de depleção são áreas que se formam devido à recombinação de elétrons e buracos nas interfaces (junção p-n), que são pobres em cargas livres (elétrons e buracos). Elas criam uma barreira de potencial que dificulta o fluxo de corrente através da junção.

⁷ *KiCad EDA* é um software de código aberto (*open-source*) para desenho de esquemáticos e *layout* de placas de circuito impresso (*PCBs*). Ele oferece um conjunto de ferramentas para criação, visualização e simulação de circuitos eletrônicos.

⁸ Construímos uma fonte linear usando um transformador com derivação central, que permite a criação de duas tensões alternadas simétricas em relação ao terra, retificação de onda completa com quatro diodos, filtro capacitivo com dois capacitores e três reguladores de tensão. O transformador reduz a tensão AC, o retificador converte-a em DC pulsante, e o filtro capacitivo suaviza essa tensão. Os reguladores garantem uma saída DC estável.

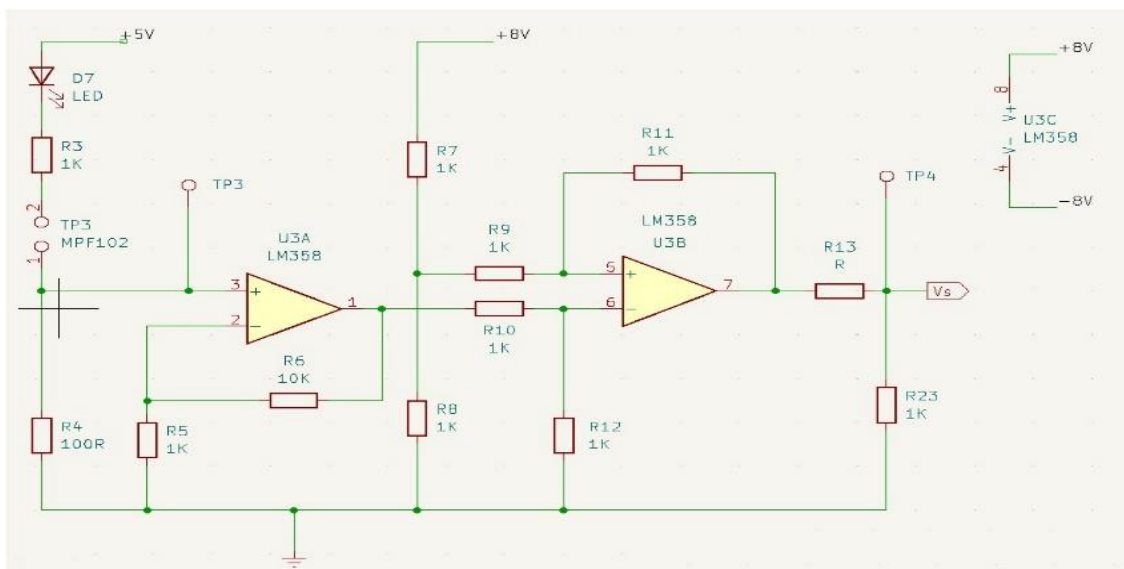
Figura 3 - Fonte de tensão simétrica de 8 V, 5 V e - 8 V



Fonte: Autores (2023).

O segundo circuito (**Figura 4**) é responsável por detectar e quantificar o campo elétrico, utilizando para isso um *JFET* canal n MPF102 e um amplificador operacional LM358.

Figura 4: Circuito sensor e condicionador de sinal



Fonte: Autores (2023).

O MPF102 atua como sensor de modo que o campo elétrico na porta é capaz de modular a corrente elétrica entre o dreno e a fonte (I_{DS}) de acordo com a equação (1):

$$I_{DS} = K(V_{GS} - V_T)^2 \quad (1)$$

onde, K é a constante de transcondutância do dispositivo, que depende das propriedades físicas do transistor e das dimensões do canal, V_{GS} é a tensão entre a porta e a fonte e V_T é a tensão limiar (*threshold*).

Esta corrente é convertida em tensão através do resistor *shunt* R_4 e amplificada pelo LM358 configurado como amplificador não inversor com ganho definido através da relação entre os resistores como mostra a equação 2:

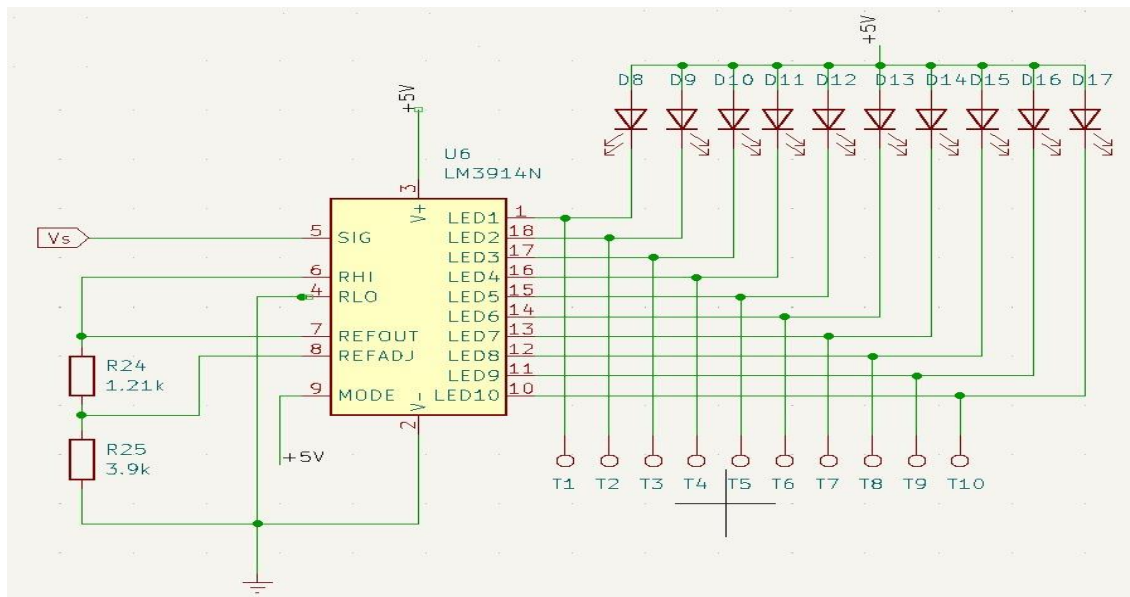
$$V_A = \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) R_4 I_{DS} \quad (2)$$

onde, V_A é a tensão de saída amplificada, R_F e R_1 são as resistências que definem o ganho do amplificador não inversor.

Nota-se que a presença de um campo elétrico na porta do MPF102 reduz a corrente elétrica I_{DS} . Por isso, é proposto um segundo amplificador operacional LM358 configurado como um subtrator, de tal forma que a tensão V_S seja diretamente proporcional ao campo elétrico detectado pelo MPF102 como mostra a equação (3). A tensão de referência (V_{REF}) é ajustada utilizando um potenciômetro. O amplificador subtrator permite a subtração entre dois sinais.

$$V_S = V_{REF} - \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) R_4 I_{DS} \quad (3)$$

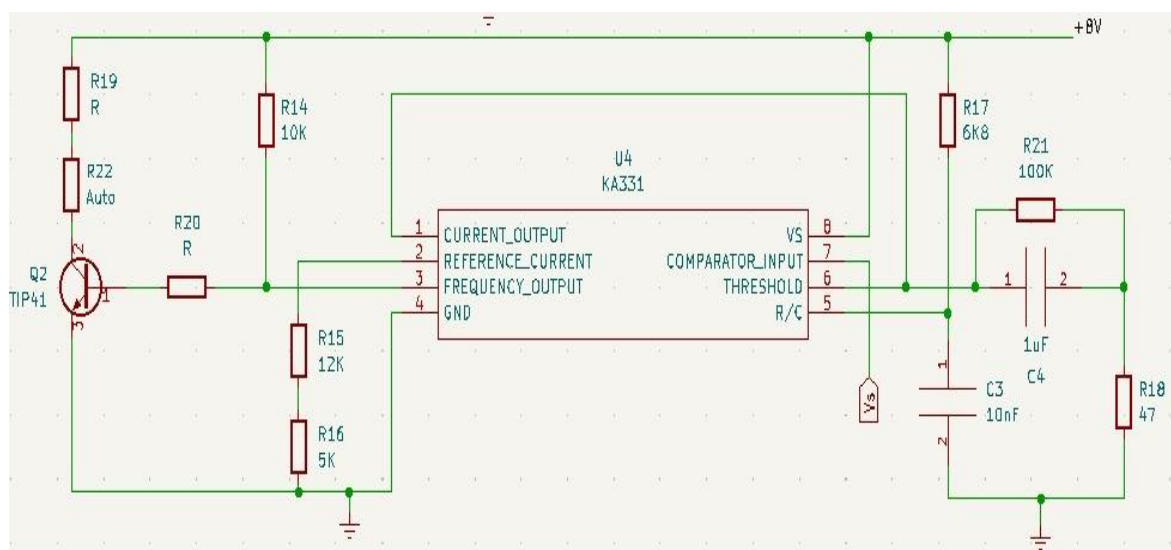
A tensão V_S é utilizada como entrada para três outros circuitos. O primeiro deles (**Figura 5**) é responsável por representar a intensidade do campo elétrico por meio de uma barra gráfica de 10 LEDs através do circuito integrado LM3914.

Figura 5: Indicação dos níveis de tensão através de LEDs

Fonte: Autores (2023).

Portanto, na medida em que o campo elétrico detectado pelo MPF102 aumenta, os LEDs sequencialmente se ascendem, uma vez que a tensão V_S é diretamente proporcional ao campo elétrico devido ao circuito subtrator.

A tensão V_S também é a entrada para o circuito integrado KA331, cuja saída está conectada a um alto-falante (R_{22}) através do transistor de potência TP141. Conforme representa a **Figura 6**:

Figura 6: Conversor de tensão para frequência

Fonte: Autores (2023).

Este circuito eletrônico atua como um conversor de tensão para frequência, convertendo a tensão de entrada V_S em um trem de pulsos cuja frequência (f_{out}) é proporcional a essa tensão de entrada, conforme representa a equação (4):

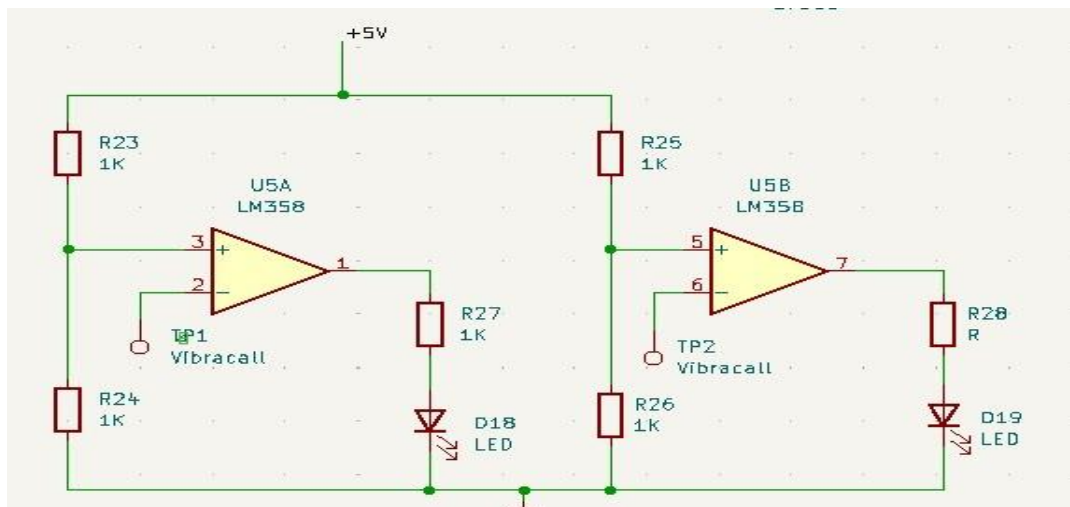
$$f_{out} = \frac{V_S}{2.09} \frac{R_S}{R_L} \frac{1}{R_L C_t} \quad (4)$$

onde, R_S é a resistência da fonte, R_L é a resistência da carga (componente que está recebendo o sinal de saída) e C_t é a capacitância total.

Dessa maneira, o KA331 permite que o campo elétrico seja representado em um sinal sonoro de modo que a variação de frequência é determinada pelos valores dos capacitores, conforme representado na equação (4).

Finalmente, a tensão V_S também alimenta dois motores elétricos de vibração (*vibracall*), convertendo a energia elétrica em mecânica e possibilitando a percepção tátil da presença de corpos negativamente eletrizados, detectados pelo sensor *JFET* do eletroscópio eletrônico multissensorial do projeto (**Figura 7**).

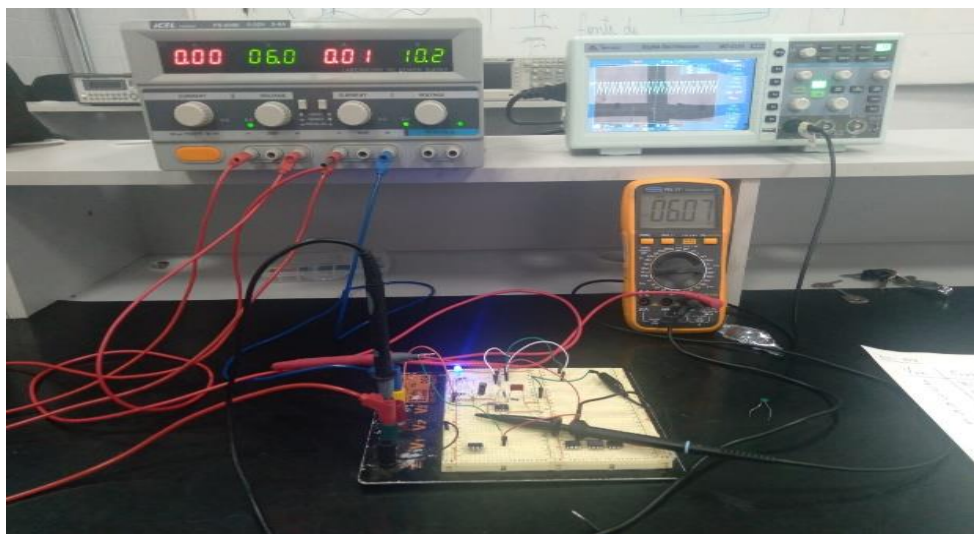
Figura 7: Comparador de tensão para acionamento dos motores de vibração



Fonte: Autores (2023).

Após a elaboração do esquemático geral, que foi detalhado nas **Figuras 3 a 7**, iniciou-se a fase de montagem e testes dos componentes na matriz de contatos, realizados no Laboratório de Física do Instituto Federal de Ceilândia-DF, permitindo importantes ajustes e correções, conforme mostra a **Figura 8**:

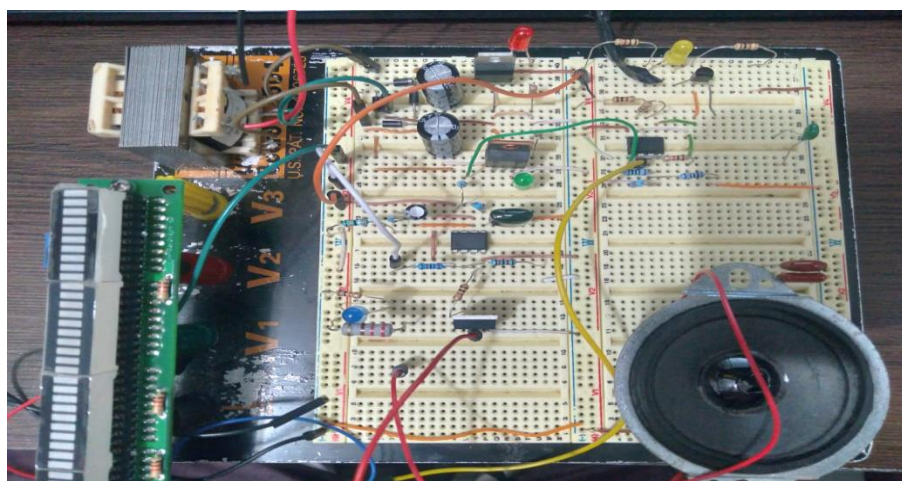
Figura 8: Montagem e testes na *protoboard*



Fonte: Autores (2023).

A **Figura 09** mostra o aparato montado na *protoboard*, já com todos os componentes. Para assistir a uma demonstração prática do dispositivo em funcionamento, acesse o vídeo que disponibilizamos no *YouTube*⁹.

Figura 9: Montagem e teste completo em *protoboard*



Fonte: Autores (2023).

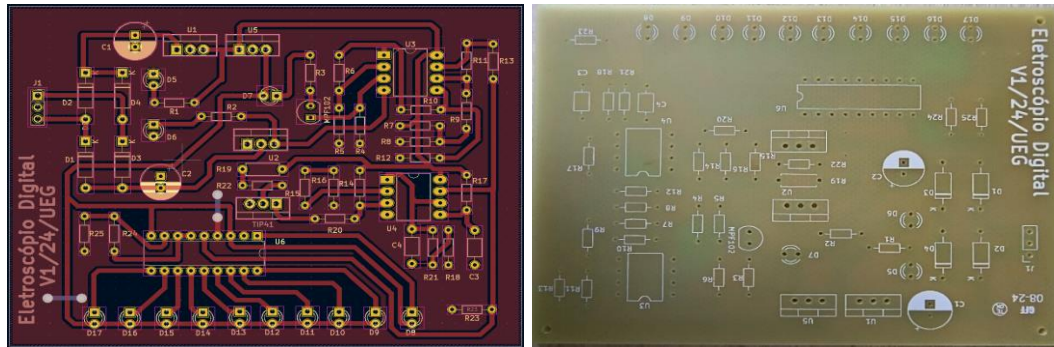
Após todos os testes e ajustes realizados, foi feito o desenho da placa de circuito impresso a partir do esquema eletrônico projetado no *KiCAD EDA*, em apenas uma camada. Um arquivo *Gerber*¹⁰, que é padrão na fabricação de *PCBs*, foi gerado

⁹ Disponível em: <https://youtube.com/shorts/HImUit73nZ0?feature=share>

¹⁰ Um arquivo *Gerber* é um formato padrão de arquivo usado para descrever a imagem de cada camada de uma placa de circuito impresso. Ele contém informações sobre as trilhas, furos e demais características da *PCB*.

e encaminhado para fabricação a uma empresa nacional especializada. A **Figura 10** mostra, respectivamente, o desenho da placa e a placa fabricada:

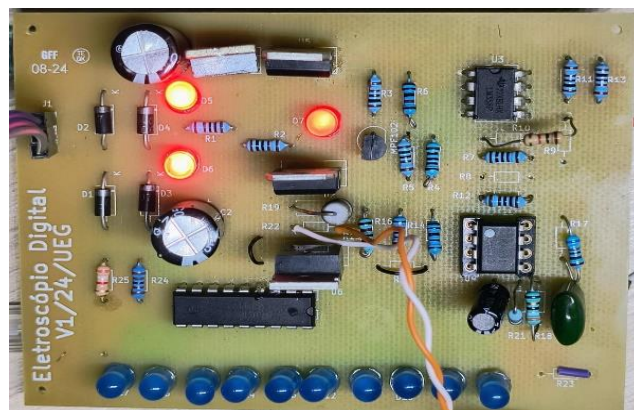
Figura 10: Desenho da placa de circuito impresso em uma única camada. À esquerda tem-se o projeto da placa e à direita a placa fabricada.



Fonte: Autores (2023).

A **Figura 11** mostra a parte superior da placa com os principais componentes soldados. As dimensões do protótipo são de 9,6 cm por 7,2 cm.

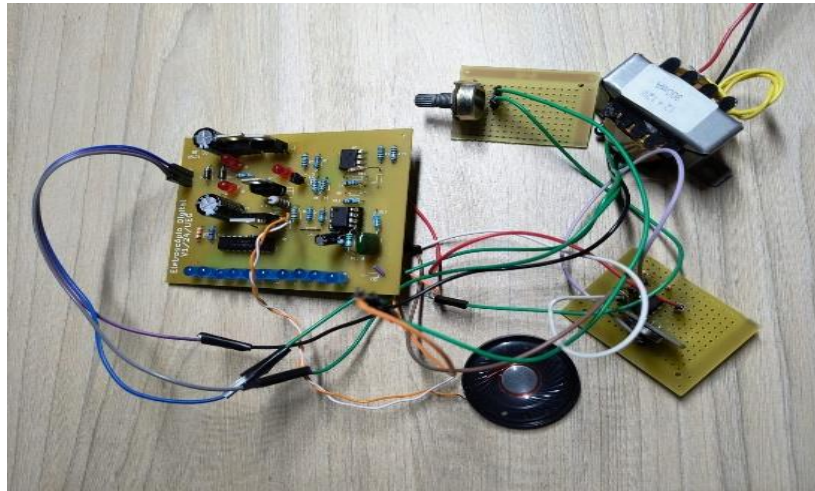
Figura 11: Montagem da placa de circuito impresso.



Fonte: Autores (2024).

Na **Figura 12**, apresentamos o protótipo montado com todos os componentes. No entanto, cabe ressaltar que, devido à mudança no design do invólucro feito em impressora 3D, que será mostrado na **Figura 14**, buscando um maior apelo visual, foram necessários ajustes. Utilizamos uma placa de fenolite, que foi dividida para acomodar o motor de vibração e o potenciômetro de forma mais funcional.

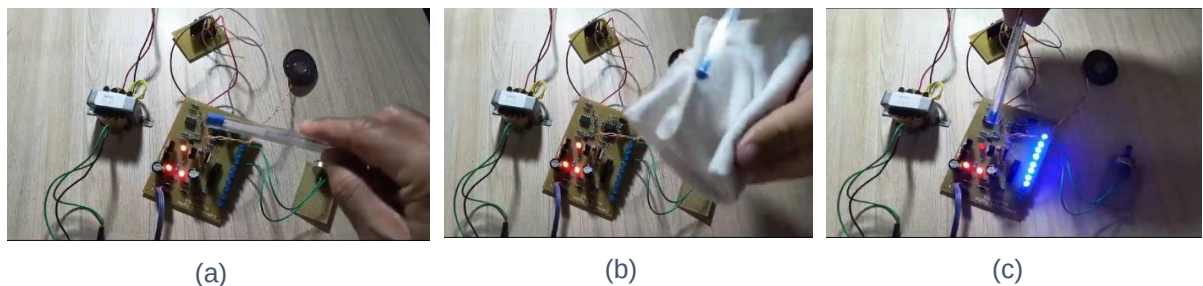
Figura 12: Protótipo com todos os componentes soldados



Fonte: Autores (2024).

Disponibilizamos um vídeo¹¹ com o aparato em funcionamento ainda fora do invólucro, o qual demonstra que, ao aproximar uma caneta inicialmente não eletrizada (neutra, $Q = 0$) do sensor *JFET*, nada acontece. Porém, após ser atritada com uma flanela de algodão, a caneta de tubo plástico (polietileno) fica eletrizada negativamente ($Q < 0$), de acordo com a série triboelétrica. O dispositivo indica visualmente essa eletrização através do acionamento de uma sequência de LEDs, que representa a variação da intensidade do campo elétrico detectada pelo sensor devido à aproximação da caneta eletrizada. Simultaneamente, há a emissão de sinais sonoros com variação de frequência e o acionamento dos motores de vibração. Esses momentos são ilustrados na **Figura 13**, que apresenta três cenas: (a) a caneta neutra sem detecção, (b) o atrito da caneta com a flanela e (c) a detecção da eletrização pelo dispositivo.

Figura 13: Sequência de *prints* do protótipo indicando a detecção de carga elétrica



Fonte: Autores (2024).

¹¹ Para visualizar o protótipo em funcionamento, acesse o vídeo no *YouTube* através do link: <https://youtu.be/sok5-Hk496Q>

Assim, tanto o fenômeno eletrostático (eletrização) quanto uma série de conceitos científicos, como campo elétrico, força elétrica, potencial elétrico, transformações de energia, entre outros, podem ser qualitativamente percebidos de forma simultânea por três canais sensoriais (visual, auditivo e tátil¹²). Ao final, a caneta é descarregada pelo pesquisador, que está aterrado, o que é verificado ao aproximá-la novamente do dispositivo, momento em que o dispositivo não detecta mais a eletrização.

Finalmente, para acomodar o circuito eletrônico analógico em seu interior, foi realizada a impressão 3D do invólucro do protótipo, idealizado na forma de um disco voador, buscando um apelo visual atraente e evitando os riscos associados a instrumentos com quinas. Nesta etapa, enfrentamos o desafio de fazer adaptações para acomodar o circuito de maneira funcional¹³ e estética. Substituímos os *LEDs* azuis por vermelhos. O resultado de todo o processo pode ser visto na **Figura 14**:

Figura 14: Invólucro em impressão 3D



Fonte: Autores (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Atualmente, a maioria dos instrumentos pedagógicos inclusivos é projetada para atender à superação de uma deficiência específica, o que pode limitar seu uso

¹² Para visualizar o protótipo em funcionamento com ênfase na percepção tátil, acesse o vídeo no *YouTube*: <https://youtube.com/shorts/4mI6CHEXPmk>

¹³ Acesse o vídeo do funcionamento do protótipo na sua versão final em: <https://youtu.be/8aSpHU8XKuU>

em ambientes educacionais marcados pela pluralidade. Nesse contexto, o uso de um dispositivo ancorado na concepção do multissensorialismo mostra-se potencialmente adequado ao ensino de estudantes com diferentes tipos de deficiência ou sem deficiência (CAMARGO, 2012).

Camargo (2012) destacou a dificuldade de um licenciando em tornar acessível um experimento demonstrativo de eletrização por atrito, que envolvia friccionar uma bexiga no cabelo e aproximá-la de um eletroscópio de lâminas, cuja resposta era observada visualmente pela abertura das lâminas, tornando o experimento inacessível a estudantes com deficiência visual. A dependência da percepção visual do fenômeno criou uma barreira significativa, que poderia ser superada pela utilização de um eletroscópio eletrônico multissensorial, capaz de traduzir o fenômeno eletrostático em linguagens visual, sonora e tátil. Com essa abordagem, sinais sonoros e táteis permitiriam que estudantes com deficiência visual também percebessem e compreendessem o fenômeno, promovendo uma inclusão efetiva no ensino de eletrostática.

Gomes et al. (2018), em uma pesquisa quantitativa detalhada, verificaram que o clássico eletroscópio de folhas é altamente influenciado pela variação da umidade relativa do ar ao longo do dia, apresentando baixa sensibilidade em condições de alta umidade, além da já conhecida dificuldade de eletrização de corpos nessas condições.

Em contraste, o trabalho de Sampaio, Rodrigues e Souza (2017) demonstrou que um eletroscópio eletrônico, utilizando um transistor de efeito de campo, apresenta uma sensibilidade muito maior na detecção de campos eletrostáticos. Corroborando com estes autores e adicionando a sensibilidade do olhar inclusivo, percebemos que, ao ser associado a outros componentes eletrônicos, esse tipo de eletroscópio permite a representação desses campos eletrostáticos em diversas formas de energia mais perceptíveis, como luminosa, sonora e mecânica. Isso torna o eletroscópio eletrônico uma ferramenta mais eficaz e versátil para a detecção e visualização de fenômenos eletrostáticos.

É importante destacar que na ausência do circuito subtrator o eletroscópio do projeto, quando ligado ($V_{DS} > 0$), sem a detecção de um corpo negativamente eletrizado ($V_{GS} = 0$), por apresentar I_{DS} de saturação no *JFET* canal n, de imediato já estaria

emitindo os sinais luminosos, auditivos e táteis que o caracterizam. E o seu funcionamento, a partir da detecção de carga negativa, que, como sabemos, promove a expansão da região de depleção e consequente estreitamento do canal n , faria cessar gradualmente esses sinais. Percebemos que esta configuração de funcionamento era menos interessante, isso justificou o uso do circuito subtrator, a despeito da necessidade da presença e do necessário ajuste de um potenciômetro.

Segundo Santos, Carvalho e Alecrim (2019), as representações concretas proporcionadas por um aparato experimental podem posicionar o estudante como descobridor, método pelo qual estudantes com deficiência intelectual demonstram maior engajamento e, conseqüentemente, melhor desempenho na apropriação dos conceitos científicos.

A pesquisa de Valle (2024), através da elaboração de um modelo tridimensional de célula animal, estabeleceu um diálogo entre a teoria histórico-cultural vygotskyana, que enfatiza a importância do uso de instrumentos mediadores concretos e simbólicos adequados ao ensino; o DUA, como uma abordagem didática inclusiva ancorada em princípios que contemplam a aprendizagem de todos os estudantes; e a multissensorialidade, que representa a materialização dos princípios do DUA, já que disponibiliza em sua estrutura signos mediadores fundamentais no processo de ensino-aprendizagem. Essa integração teórica e metodológica promove um ambiente educativo inclusivo, onde cada estudante, independentemente de suas necessidades específicas, pode acessar e se apropriar dos conceitos científicos de maneira significativa.

O eletroscópio eletrônico construído também se configura como um exemplo dessa integração teórica e metodológica, sendo uma ferramenta potencialmente inclusiva e versátil para o ensino de eletrostática. Ele oferece uma abordagem multissensorial que utiliza três canais sensoriais — visual (sequência de LEDs), auditivo (alto-falante) e tátil (motores de vibração). Isso permite que estudantes com e sem deficiência acessem e compreendam fenômenos como eletrização, blindagem eletrostática, aterramento e a variação do campo elétrico com a distância, além de conceitos fundamentais como carga elétrica, campo elétrico, força elétrica, potencial elétrico e a natureza de materiais condutores e isolantes.

Essas aplicações não só enriquecem o aprendizado em sala de aula, mas também garantem que todos os estudantes, independentemente de suas características sensoriais, possam efetivamente se apropriar dos conhecimentos de eletrostática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão educacional é um desafio complexo, especialmente no desenvolvimento de instrumentos pedagógicos que atendam às diversas necessidades dos estudantes. A maior parte dos trabalhos publicados sobre o tema tende a focar na superação de uma deficiência específica, dada a grande dificuldade imposta pela principal barreira à inclusão efetiva, que é a comunicacional (CAMARGO; NARDI; VERASZTO, 2008). Embora esse enfoque seja importante, ele não contempla plenamente a pluralidade de necessidades presentes nas salas de aula contemporâneas. Este estudo buscou superar essa limitação ao propor a criação de um aparato experimental que pode ser utilizado para permitir a percepção de fenômenos eletrostáticos por três canais sensoriais de forma simultânea. Assim, somado a uma mediação pedagógica adequada, esse dispositivo tem potencial para atender estudantes sem ou com diferentes tipos de deficiência.

Porém, mesmo ancorado na multissensorialidade, seu potencial como instrumento de compensação social vygotskyano (que oferece caminhos alternativos de acesso ao conhecimento) está condicionado a uma abordagem colaborativa, tanto entre professores da sala de aula comum e do AEE, quanto entre os estudantes com e sem deficiência que aprendem e se desenvolvem juntos (BRAUN, 2016; GLAT, 2018). Esse tipo de abordagem não só promove a inclusão, mas também valoriza a diversidade e reconhece os diferentes estilos de aprendizagem, possibilitando que todos os estudantes se beneficiem de práticas pedagógicas inovadoras e adaptadas às suas necessidades.

Acreditamos que as práticas experimentais, quando bem conduzidas, podem contribuir para que o estudante perceba com clareza que, para investigar um fenômeno, são necessários pressupostos teóricos, constituindo uma complexa relação teoria-observação. Com essa abordagem, equações passam a ter maior significado. Além disso, a análise histórica da construção, bem como da evolução dos eletroscópios através dos tempos, pode ser uma forma interessante para

compreender tanto o processo de desenvolvimento dos dispositivos propriamente ditos quanto a construção histórica de conceitos basilares da eletrostática (FERRARO; TORRES; PENTEADO, 2012). Integrar essas práticas experimentais com a análise histórica pode oferecer uma perspectiva mais rica e abrangente, permitindo aos estudantes uma compreensão mais profunda e contextualizada dos fenômenos eletrostáticos.

REFERÊNCIAS

BATISTA, Renata FM; SILVA, Cibelle Celestino. A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências. **Estudos avançados**, v. 32, p. 97-110, 2018.

BRAUN, Patrícia; MARIN, Márcia. Ensino colaborativo: uma possibilidade do Atendimento Educacional Especializado. **Revista Linhas**, v. 17, n. 35, p. 193-215, 2016.

CADERNO BRASILEIRO DE ENSINO DE FÍSICA. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1984

CAMARGO, Eder Pires de. Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de Física. 2012.

CAMARGO, Eder Pires de; NARDI, Roberto; VERASZTO, Estéfano Vizconde. A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de óptica. **Revista brasileira de Ensino de Física**, v. 30, p. 3401.1-3401.13, 2008.

CARVALHO, Rosita Edler. Educação inclusiva com os pingos nos “is”. 2004.

FERRARO, Nicolau Gilberto; TORRES, Carlos Magno; PENTEADO, Paulo Cesar. Física, volume único. **Nicolau Gilberto**, 2012.

GLAT, Rosana. Desconstruindo representações sociais: por uma cultura de colaboração para inclusão escolar. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 24, p. 9-20, 2018.

GOMES, Salete Rodrigues et al. Eletroscópio de folhas: confecção, funcionalidade e aplicabilidade no ensino intercultural de física em São Gabriel da Cachoeira, Estado do Amazonas. **REVISTA IGAPÓ-Revista de Educação Ciência e Tecnologia do IFAM**, v. 12, n. 2, p. 42-54, 2018.

JACAÚNA NETO, Antônio Francisco; DA SILVA, Flávia Junqueira; DA SILVA, Lázara Cristina. Formação de professores na perspectiva da inclusão. **Educação inclusiva, especial e políticas de educação**, p. 79-93, 2021.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Técnicas de Pesquisa. revista e ampliada. **São Paulo: Editora Atlas SA**, 2002.

MARQUES, T. M., VILAR, A. B.; BARBOSA, M. C. A. Multissensorialidade no ensino de física: por quais sentidos estamos caminhando? **Caderno de Física da UEFS**, v. 21, n. 02, p. 2202.1-07, 2023.

MEDEIROS, A. **As origens históricas do eletroscópio**. Recife, 2002.

MENDES, Luciana Canário; DOS REIS, Deyse Almeida. Políticas públicas de educação inclusiva no Brasil e na Bahia: avanços e recuos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e5110312989-e5110312989, 2021.

MOREIRA, Marco Antônio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, v. 32, p. 73-80, 2018.

ORRÚ, Silvia Ester. **O re-inventar da inclusão: os desafios da diferença no processo de ensinar e aprender**. Editora Vozes Limitada, 2017.

PEREIRA, Marcus Vinicius; MOREIRA, Maria Cristina do Amaral. Atividades prático-experimentais no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 265-277, 2017.

PIETROCOLA, Maurício. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno brasileiro de ensino de física**, v. 19, n. 1, p. 93-114, 2002.

RAICIK, Anabel Cardoso; PEDUZZI, Luiz OQ. Potencialidades e limitações de um módulo de ensino: uma discussão histórico-filosófica dos estudos de Gray e Du Fay. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 2, p. 138-160, 2015.

SAMPAIO, Thiago Alves de Sá Muniz; DA SILVA RODRIGUES, Eriverton; DE MORAIS SOUZA, Cícero Jailton. Aparato experimental para o ensino de tópicos da eletrostática: o eletroscópio com transistor de efeito de campo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 298-309, 2017.

SANTOS, Ângela Maria; CARVALHO, Paulo Simeão; ALECRIM, Janeide Lima. O ensino de física para jovens com deficiência intelectual: uma proposta para facilitar a inclusão na Escola Regular. **Revista Educação Especial**, v. 32, p. 1-18, 2019.

SILVA, Cibelle Celestino; PIMENTEL, Ana Carolina. Uma análise da história da eletricidade presente em livros didáticos: o caso de Benjamin Franklin. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 141-159, 2008.

TELLES, Dirceu D.'Alkmin; NETTO, João Mongelli (Ed.). **Física com aplicação tecnológica: Eletrostática, eletricidade, eletromagnetismo e fenômenos de superfície**. Editora Blucher, 2018.

VALLE, Reinaldo Venancio do. Elaboração de um modelo tridimensional multissensorial de célula animal para o ensino de Ciências. 2024.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

VIGOTSKI, Lev Semionovich. **Obras completas** - Tomo Cinco: Fundamentos de Defectologia. Tradução do Programa de Ações Relativas às Pessoas com Necessidades Especiais (PEE); revisão da tradução por Guillermo Arias Beatón. - Cascavel, PR: EDUNIOESTE, 2022. 488p. e-Book. ISBN: 978-6587438-31-3.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. Eletrostática. *In*: YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe: **Física para o Ensino Médio**, v.3, São Paulo; Saraiva, p.10-24, 2010.

ZERBATO, Ana Paula; MENDES, Enicéia Gonçalves. Desenho universal para a aprendizagem como estratégia de inclusão escolar. **Educação Unisinos**, v. 22, n. 2, p. 147-155, 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação, composta por três artigos inter-relacionados, propôs uma reflexão abrangente sobre a inclusão no ensino de Física, fundamentada na teoria histórico-cultural de Vygotsky. O primeiro artigo delineou o nosso referencial teórico, destacando como a mediação pedagógica e a utilização de instrumentos culturais adequados — materiais e simbólicos — possibilitam a aprendizagem e o desenvolvimento de todos os estudantes, com ou sem deficiência. A perspectiva vygotskyana enfatizou que a aprendizagem é um processo social, que ocorre através de práticas educacionais desenvolventes, levando em consideração as habilidades atuais dos estudantes. Dessa forma, essas práticas devem atuar na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), permitindo um progressivo avanço do nível de desenvolvimento real do estudante, favorecendo a internalização de conceitos científicos de maneira colaborativa e ampliando continuamente as oportunidades de aprendizagem.

No segundo artigo, o relato de experiência de uma mostra científica sublinhou a importância das práticas experimentais no ensino de Ciências. Embora essa experiência não tenha adotado uma abordagem inclusiva explícita, ela reforçou o valor do envolvimento para o aprendizado e mostrou que a prática experimental pode promover o engajamento necessário para que os estudantes se apropriem de conceitos científicos. Essa prática, apesar de contribuir para o envolvimento dos estudantes, evidenciou a necessidade de aprofundar a inclusão, o que foi tratado de forma mais direta no terceiro artigo, que se concentra no desenvolvimento do eletroscópio eletrônico multissensorial.

No terceiro artigo, então, apresentamos o eletroscópio eletrônico multissensorial como uma proposta inovadora de aparato experimental inclusivo. Este dispositivo, ao oferecer três canais sensoriais distintos para a percepção de fenômenos eletrostáticos, estabeleceu um diálogo entre os conceitos de compensação social e multissensorialidade. Embora não tenha sido aplicado em sala de aula, sua validação técnica foi assegurada através de testes rigorosos, que demonstraram sua funcionalidade e potencial inclusivo. Assim, o eletroscópio multissensorial se apresenta como um recurso pedagógico que não apenas compensa as barreiras sensoriais de estudantes com deficiências visuais ou auditivas, mas também atende a diferentes estilos de aprendizagem, servindo a todos os estudantes, com ou sem deficiência.

REFERÊNCIAS

- BATISTA, Heloisa Fernanda Francisco; USTRA, Sandro RV. Inclusão no ensino de Física: caracterizando desafios a partir de uma análise de artigos da SciElo. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista–ENCITEC**, v. 11, n. 2, p. 53-68, 2021.
- BUENO, Ana Victoria Marques; PIKANÇO, Lucas Teixeira; NETO, Agostinho Serrano Andrade. Desenvolvimento de recursos de tecnologia assistiva para o ensino de física para alunos surdos. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, v. 1, n. 19, 2021.
- MANTOAN, Maria Teresa Eglér. **O desafio das diferenças nas escolas**. Editora Vozes Limitada, 2010.
- ORRÚ, Silvia Ester. **O re-inventar da inclusão: os desafios da diferença no processo de ensinar e aprender**. Editora Vozes Limitada, 2017.
- PACHECO, Elisete Freire. Inclusão de Deficiente Visual no Ensino da Física com o Uso de Desenho Universal para a Aprendizagem. 2019.
- RIBEIRO, Carlos de Souza et al. Ensino de Física, inclusão e deficientes visuais: aparatos experimentais acessíveis para a eletrodinâmica e eletromagnetismo. 2019.
- SANTOS, Ângela Maria; CARVALHO, Paulo Simeão; ALECRIM, Janeide Lima. O ensino de física para jovens com deficiência intelectual: uma proposta para facilitar a inclusão na Escola Regular. **Revista Educação Especial**, v. 32, p. 1-18, 2019.
- SILVA, Jucivagno Francisco Cambuhy. **O ensino de Física com as mãos: Libras, bilinguismo e inclusão**. 2013. Dissertação de Mestrado. USP.
- VIGOTSKI, Lev Semionovich. **Obras completas** - Tomo Cinco: Fundamentos de Defectologia. Tradução do Programa de Ações Relativas às Pessoas com Necessidades Especiais (PEE); revisão da tradução por Guilherme Arias Beatón. Cascavel, PR: EDUNIOESTE, 2022. 488p. e-Book. ISBN: 978-6587438-31-3.
- ZERBATO, Ana Paula; MENDES, Enicéia Gonçalves. Desenho universal para a aprendizagem como estratégia de inclusão escolar. **Educação Unisinos**, v. 22, n. 2, p. 147-155, 2018.

The background is a solid blue color with a white circuit board pattern. The pattern consists of various lines, dots, and circles representing electronic components and connections. In the center of the cover is a large white rectangular shape that resembles a microchip or integrated circuit. This shape has several small white pins or connectors extending from its top, bottom, left, and right edges. The title and subtitle are printed in dark blue text on this white chip, and the authors' names are printed in white text on the blue background below the chip.

ELETROSCÓPIO ELETRÔNICO MULTISSENSORIAL

**A PRÁTICA EXPERIMENTAL COMO INSTRUMENTO
DE INCLUSÃO NO ENSINO DE FÍSICA**

**JOEL FERNANDES
CLODOALDO VALVERDE
PABLO DINIZ BATISTA**



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Produto Educacional

ELETROSCÓPIO ELETRÔNICO MULTISSENSORIAL
A PRÁTICA EXPERIMENTAL COMO INSTRUMENTO DE
INCLUSÃO NO ENSINO DE FÍSICA

JOEL FERNANDES
CLODOALDO VALVERDE
PABLO DINIZ BATISTA

Anápolis
2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

F F363 Fernandes, Joel
e ELETROSCÓPIO ELETRÔNICO MULTISSENSORIAL: A PRÁTICA
EXPERIMENTAL COMO INSTRUMENTO DE INCLUSÃO NO ENSINO DE
FÍSICA / Joel Fernandes; orientador Clodoaldo Valverde;
co-orientador Pablo Diniz Batista. -- Anápolis, 2024.
25 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) -- Câmpus
Central - Sede: Anápolis - CET, Universidade Estadual
de Goiás, 2024.

1. Educação Inclusiva. 2. Eletroscópios. 3. Ensino
de Física. 4. Multissensorialidade. 5. Práticas
Experimentais. I. Valverde, Clodoaldo, orient. II.
Batista, Pablo Diniz, co-orient. III. Título.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	05
2. PRÁTICAS EXPERIMENTAIS E INCLUSÃO	07
3. ELETROSCÓPIO: Um Instrumento Simples, Grandes Contribuições	09
4. APORTE TEÓRICO	13
5. O PRODUTO	14
6. FUNCIONAMENTO DO ELETROSCÓPIO	17
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS	20
ANEXOS	21

1. APRESENTAÇÃO

Caro colega,

O presente Produto Educacional denominado Eletroscópio Eletrônico Multissensorial constitui parte da dissertação de Mestrado intitulada “A Prática Experimental como Instrumento de Inclusão no Ensino de Física” desenvolvida na linha de pesquisa 2, que se refere a metodologias e recursos educacionais para o ensino de ciências vinculada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás (UEG). Tal aparato foi elaborado com o objetivo de auxiliar o professor a tornar fenômenos e conceitos eletrostáticos acessíveis a todos os estudantes.

No contexto educacional atual, os avanços nas políticas de inclusão têm desempenhado um papel fundamental na promoção de uma maior diversidade nas salas de aula, atendendo estudantes com e sem deficiência em um mesmo ambiente de aprendizagem. Esses avanços decorrem de uma compreensão mais profunda das necessidades educacionais de todos os estudantes e da importância de se criar um ambiente acessível, justo e plenamente favorável ao desenvolvimento. Logo, com essa diversidade crescente, torna-se evidente que a escola inclusiva demanda uma disposição constante para a construção e reelaboração de alternativas pedagógicas criativas. Afinal, a verdadeira inclusão não é alcançada apenas por meio de políticas, mas sim nas ações cotidianas dentro da sala de aula (ORRÚ, 2017).

Portanto, para além das determinações legais e das burocracias, está a necessidade de traduzir os princípios da educação inclusiva em ações práticas e efetivas, capazes de abarcar toda a complexidade de individualidades que constitui a realidade plural da sala de aula que temos hoje. Isso exige que os professores, enquanto atores responsáveis pela condução desse processo junto aos estudantes, não se sintam apenas cobrados, despreparados e impotentes, mas sim adequadamente instrumentalizados. É nesse cenário que o eletroscópio eletrônico multissensorial, desenvolvido em nosso projeto, demonstra seu significativo potencial inclusivo. Ao traduzir os fenômenos eletrostáticos em estímulos visuais, auditivos e táteis, este dispositivo permite que estudantes com diferentes estilos de aprendizagem e deficiências acessem conhecimentos com equidade.

Desta forma, o material aqui exposto versa sobre o aporte teórico que orientou nossa pesquisa, o desenvolvimento do produto, bem como seus princípios de funcionamento. Com isso, esperamos promover reflexões sobre a possibilidade de elaborar instrumentos didáticos com potencial para auxiliar os professores no ensino de todos os estudantes presentes na sala de aula comum.

Nosso propósito foi também disponibilizar um instrumento que pode contribuir para a urgente necessidade da construção de uma cultura de trabalho colaborativo entre o professor da sala de aula comum e o professor especialista do atendimento educacional especializado, que atende na sala de recursos multifuncionais, onde a inclusão nas aulas de eletrostática é apenas um exemplo dentre as inúmeras possibilidades de uma parceria potencialmente frutífera (BRAUN, 2016; GLAT, 2018). Além disso, não temos a pretensão de esgotar as possibilidades de uso do dispositivo desenvolvido, mas sim de elencar algumas sugestões de aplicação, haja vista que é importante que cada professor planeje sua atividade de acordo com sua realidade e preferências metodológicas.

2. PRÁTICAS EXPERIMENTAIS E INCLUSÃO



No ensino de Física, é notável a dificuldade de aprendizagem dos estudantes com as abordagens tradicionais, que priorizam o uso excessivo de abstrações matemáticas por meio de equações. Embora, estas equações expressem conceitos de maneira elegante e com uma inquestionável capacidade de síntese, muitas vezes elas exigem uma sofisticação de pensamento que ainda não está consolidada na estrutura cognitiva do estudante, representando um obstáculo adicional ao processo de apropriação dos conceitos (MOREIRA, 2011).

Já a abordagem por meio de práticas experimentais proporciona oportunidades de aprendizagem através da utilização de procedimentos próprios da ciência como: observar, questionar, formular e testar hipóteses. Dessa forma, o estudante pode perceber com clareza que, para investigar um fenômeno, são necessários pressupostos teóricos, constituindo uma complexa relação teoria-observação. Logo, as equações passam a ter maior significado e isso pode favorecer ao aumento na concentração e no engajamento dos estudantes, tornando o aprendizado mais significativo e potencializando a internalização de conceitos abstratos, já que estes adquirem materialidade e sentido (ANDRADE; COSTA, 2016).



Porém, é preciso levar em consideração toda a diversidade dos estudantes presentes no contexto da sala de aula, uma vez que pesquisas realizadas recentemente mostram que o número de matrículas de estudantes com necessidades educacionais especiais (NEE), em escolas regulares, vem aumentando de maneira significativa nos últimos anos no Brasil (BATISTA; USTRA, 2021).

Desta forma, torna-se necessário que o aparato experimental proposto oportunize múltiplos canais sensoriais de acesso aos conceitos que se pretenda mediar a internalização. Isso contempla tanto o estilo de aprendizagem de cada estudante quanto pode ser um instrumento de compensação social, que propõe enxergar o sujeito a partir de suas potencialidades e não de possíveis limitações biológicas, no caso do estudante com alguma deficiência sensorial ou intelectual (VIGOTSKI, 2022).

Logo, a condição não suficiente, porém fundamental para garantir a efetividade do processo de ensino e aprendizagem de forma justa e, verdadeiramente, numa perspectiva inclusiva, passa pela disponibilidade de recursos pedagógicos e de acessibilidade que ofereçam a cada aprendiz as ferramentas necessárias à apropriação do conhecimento. Assegurando, deste modo, o desenvolvimento de todos os estudantes presentes no contexto da sala de aula comum (MENDES; REIS, 2021).



An abstract graphic of a circuit board pattern in a lighter blue shade, featuring various lines, nodes, and connections, set against a solid blue background.

3. ELETROSCÓPIO:

UM INSTRUMENTO SIMPLES, GRANDES CONTRIBUIÇÕES

CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS EM CONDUTORES E ISOLANTES POR STEPHEN GRAY

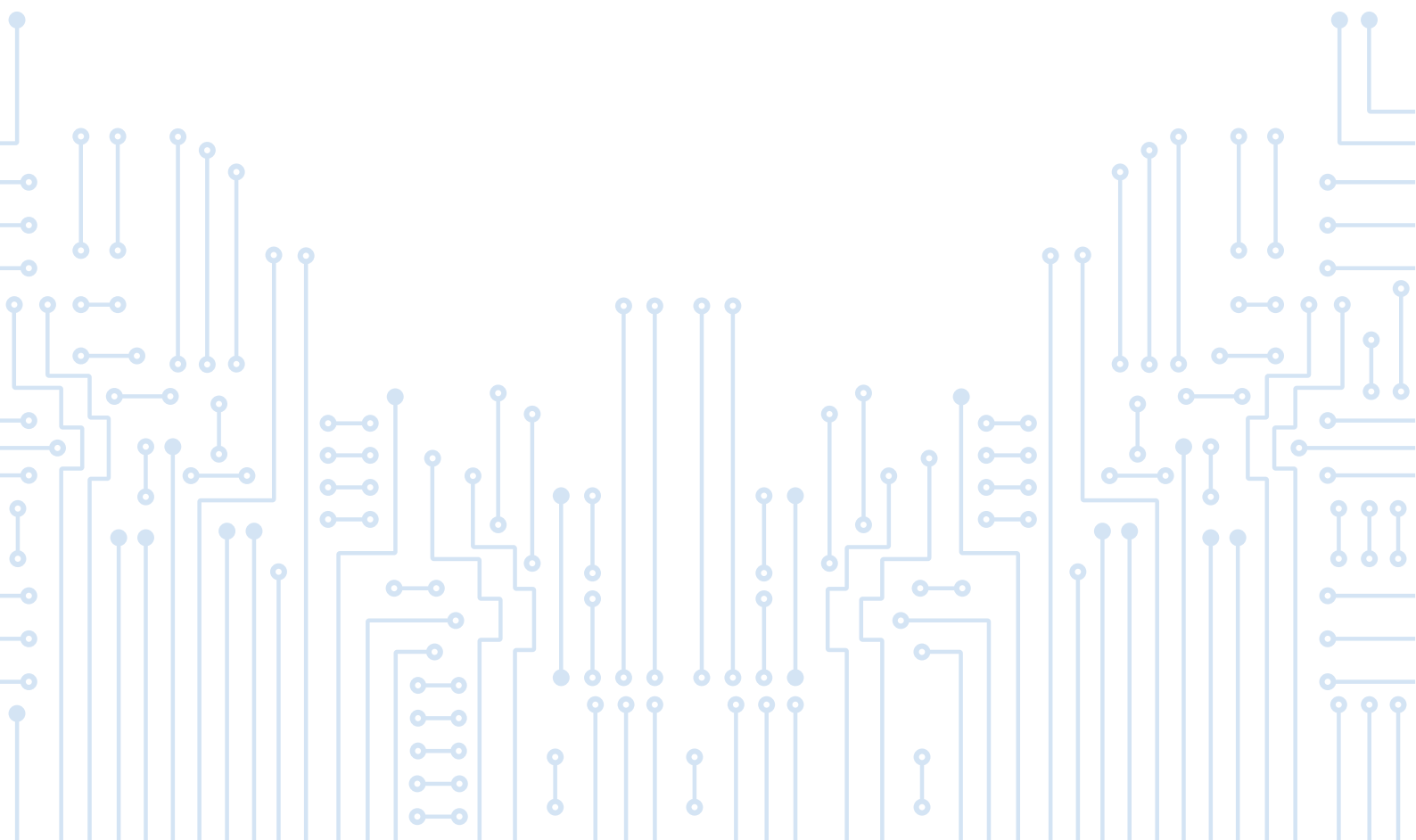
Por volta do ano 1729, o cientista inglês Stephen Gray (1666-1736) ao realizar experimentos com uma pena pendurada próxima à extremidade de um tubo metálico, cujo outro lado estava em contato com um globo de vidro eletrizado, observou um comportamento intrigante: a pena era inicialmente atraída em direção ao tubo e, em seguida, repelida ao tocá-lo. No processo de detecção da eletricidade,

Stephen Gray (1666-1736)



Gray utilizava eletroscópios de linhas ou penas e conduzia experimentos que envolviam a eletrização de corpos extensos, como barras e fios metálicos. Com o auxílio desses eletroscópios rudimentares, ele examinava sob quais condições os efeitos elétricos surgiam ao longo desses corpos. Essas observações foram cruciais para a descoberta da condução da eletricidade. Gray, ao pensar na eletricidade como um fluido, percebeu que ela se propagava através de alguns corpos, como metais, enquanto era bloqueada por outros, como vidro ou madeira. Isso o levou a rejeitar os antigos conceitos de "corpos elétricos" e "não elétricos", introduzidos por Gilbert, e a redefinir esses corpos como condutores, que permitiam a passagem da eletricidade, e isolantes, que a bloqueavam. Além de oferecer uma nova compreensão sobre a natureza da eletricidade, essas descobertas também representaram uma nova compreensão sobre a natureza dos materiais, diferenciando-os com base em suas propriedades condutoras e isolantes (MEDEIROS, 2002).

As descobertas de Gray sobre condutores e isolantes foram fundamentais para o desenvolvimento de tecnologias essenciais no mundo moderno. Hoje, materiais como cobre e alumínio são vitais para a transmissão de energia elétrica e na fabricação de dispositivos eletrônicos. Por outro lado, isolantes como plástico e borracha garantem a segurança e a eficácia desses sistemas. Assim, as investigações de Gray não apenas ampliaram a compreensão científica de sua época, mas também impulsionaram o desenvolvimento tecnológico que continua a evoluir, influenciar e transformar nossas vidas cotidianas.



A IONIZAÇÃO DO AR E A DESCOBERTA DOS RAIOS CÓSMICOS POR VICTOR HESS

O eletroscópio foi utilizado para detectar a ionização no ar—presença de partículas eletrizadas—e desempenhou um papel crucial na descoberta dos raios cósmicos. Em 1912, o físico austríaco *Victor Franz Hess* (1883-1964) utilizou eletroscópios em voos de balão para medir a ionização em diferentes altitudes. Ao eletrizar o eletroscópio, Hess observava o tempo necessário para que o dispositivo se descarregasse, um indicativo da quantidade de partículas ionizantes no ar.

Victor Franz Hess (1883-1964)



Durante seus experimentos, Hess notou que a ionização aumentava significativamente com a altitude, um fenômeno que não podia ser explicado apenas pela radiação terrestre. Essa observação o levou a concluir que a ionização extra era causada por uma forma de radiação desconhecida, proveniente do espaço. Essa radiação, que ficou conhecida como "raios cósmicos", foi uma descoberta revolucionária que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física em 1936, destacando o eletroscópio como um instrumento de grande relevância na pesquisa científica, tanto na “medição” da ionização do ar quanto na descoberta da origem extraterrestre dos raios cósmicos (ASSIS, 2018).

Esses dois exemplos ilustram que a verdadeira capacidade de um instrumento não se resume ao que ele é em si, mas às possibilidades que emergem da criatividade, dos meios e dos objetivos de quem o utiliza.

4. APORTE TEÓRICO

Segundo a teoria histórico-cultural de *Vigotski*, os elementos que constituem as funções psicológicas superiores (atenção consciente, percepção, pensamento lógico, fala, imaginação, criatividade etc.) da psique humana têm seu desenvolvimento caracterizado por dois momentos. O primeiro se dá no mundo externo, na cultura, nas relações interpessoais; para, num segundo momento, serem internalizados através da mediação pedagógica e/ou simbólica, com o uso de instrumentos concretos e/ou

Lev Vigotski (1896-1934)

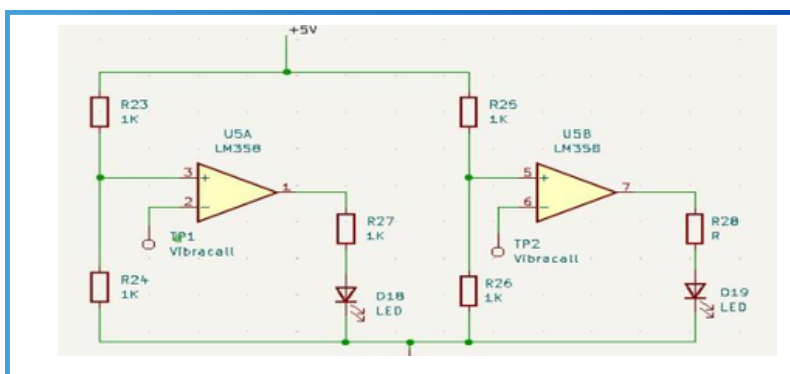


abstratos (signos), tornando-se, assim, parte da personalidade de cada sujeito, isto é, convertendo-se em elementos intrapessoais. Sendo esta uma lei geral da aprendizagem e do desenvolvimento de todas as pessoas, com ou sem deficiência (VIGOTSKI, 2022).

Portanto, pensar em um ensino justo e inclusivo pressupõe o oferecimento de ferramentas que possibilitem a cada um, independentemente de sua singularidade, o acesso e a internalização do conhecimento, considerando a existência dessa lei geral para a aprendizagem. Incluir não significa apenas inserir, mas, antes de tudo, reconhecer e valorizar as diferenças, permitindo, dessa forma, que todos possam ser contemplados em suas especificidades (JACAÚNA NETO; SILVA; SILVA, 2021).

A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) é outro conceito central na teoria de Vygotsky, que se refere à distância entre o que uma criança pode realizar sozinha (nível de desenvolvimento real) e o que ela pode realizar com a ajuda de um adulto ou de colegas mais experientes (nível de desenvolvimento potencial). A ZDP deve, portanto, ser o campo de atuação das práticas educativas, pois nela, os professores podem fornecer o suporte necessário para que os estudantes realizem atividades ligeiramente acima de seu nível de competência atual. Tal mediação pedagógica possibilita aos estudantes a transição dos conceitos espontâneos (experiências cotidianas) para os conceitos científicos (explicações teóricas sistematizadas), promovendo uma transformação e ampliação do entendimento, e alcançando, assim, níveis mais elevados de compreensão e abstração (VIGOTSKI, 2009).

Para a construção do eletroscópio eletrônico desenvolvido neste trabalho, a primeira etapa consistiu em desenhar o esquemático do circuito no programa *KiCad* EDA. A utilização desse tipo de plataforma permite a criação de esquemas eletrônicos organizados, que facilitam a compreensão e a reprodução, seja na matriz de contatos (*protoboard*) ou placa de circuito impresso (PCB). A lista de componentes utilizados e os esquemáticos elaborados no *KiCad* EDA está disponível em uma pasta no Google Drive¹. Após a elaboração do esquemático, iniciou-se a fase de montagem e testes dos componentes na protoboard, permitindo importantes ajustes e correções. Para assistir a uma demonstração prática do dispositivo em funcionamento, acesse o vídeo que disponibilizamos no YouTube² ou escaneie o QR Code ao lado da Figura 2.



¹ Disponível em:
<https://drive.google.com/drive/folders/1S1TxN5jGE4xN8IPtUaaUwdfsydelrziX?usp=sharing>



Fonte:
Autores
(2023).



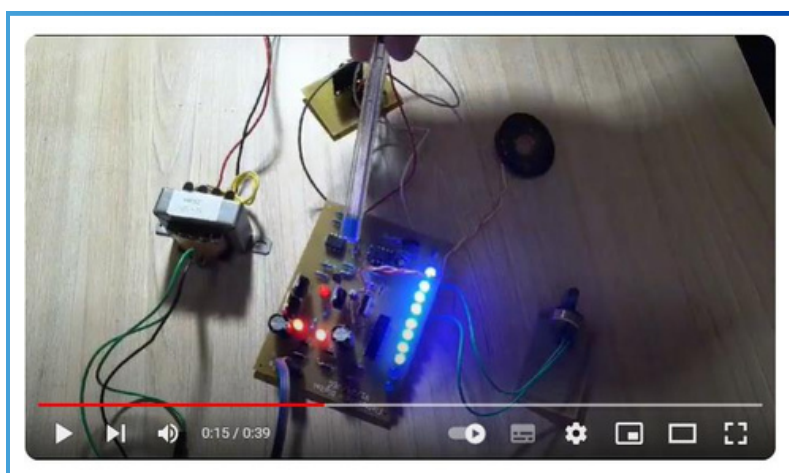
² Para visualizar o protótipo em funcionamento com ênfase na percepção tátil, acesse o vídeo no YouTube:
<https://youtube.com/shorts/4mI6CHEXPmk>

Figura 02: Montagem e teste completo em protoboard

Após todos os testes e ajustes realizados, foi feito o desenho da placa de circuito impresso a partir do esquema eletrônico projetado no *KiCAD* EDA, em apenas uma camada. Um arquivo *Gerber*, que é padrão na fabricação de PCBs, foi gerado e encaminhado para fabricação a uma empresa nacional especializada.

Com todos os componentes testados e soldados o protótipo entrou em funcionamento e realizamos um experimento³ (Figura 3). O qual demonstra que, ao aproximar uma caneta inicialmente não eletrizada (neutra, $Q=0$) do sensor JFET, nada acontece. Porém, após ser atritada com uma flanela de algodão, a caneta de tubo plástico (polietileno) fica eletrizada negativamente ($Q<0$), de acordo com a série triboelétrica. O dispositivo indica essa eletrização através do acionamento de uma sequência de LEDs, que representa a variação da intensidade do campo elétrico detectada pelo sensor devido à aproximação da caneta eletrizada. Simultaneamente, há a emissão de sinais sonoros com variação de frequência e o acionamento dos motores de vibração. Assim, tanto o fenômeno eletrostático (eletrização) quanto uma série de conceitos científicos, como campo elétrico, força elétrica, potencial elétrico, transformações de energia, entre outros, podem ser qualitativamente percebidos de forma simultânea por três canais sensoriais (visual, auditivo e tátil)⁴. Ao final, a caneta é descarregada pelo pesquisador, que está aterrado, o que é verificado ao aproximá-la novamente do dispositivo.

Figuras 3 e 4 : Protótipo em funcionamento, pode ser acessado pelo link abaixo ou escaneando o QR Code ao lado das Figuras 3 e 4.



Fonte: Autores (2024).



³ Disponível em:
<https://youtube.com/shorts/HlmUit73nZ0?feature=share>



⁴ Para visualizar o protótipo em funcionamento com ênfase na percepção tátil, acesse o vídeo no YouTube:
<https://youtube.com/shorts/4ml6CHEXPmk>

Finalmente, para acomodar o circuito eletrônico analógico em seu interior, foi realizada a impressão 3D do invólucro do protótipo, idealizado na forma de um disco voador, buscando um apelo visual atraente e evitando os riscos associados a instrumentos com quinas. Nesta etapa, enfrentamos o desafio de fazer adaptações para acomodar o circuito de maneira funcional e estética. Substituímos os LEDs azuis por vermelhos. O resultado de todo o processo pode ser visto nas Figuras 5 e 6:

Figuras 5 e 6 : Invólucro em impressão 3D



Fonte : Autores(2024).



⁵ Acesse o vídeo do funcionamento do protótipo na sua versão final em: <https://youtu.be/8aSpHU8XKuU>

6. FUNCIONAMENTO DO ELETROSCÓPIO

O componente chave do aparato trata-se de um transistor de efeito de campo de junção (JFET) de canal n, que possui três terminais: dreno (D), fonte (S) e porta (G). O canal n, é o caminho condutor entre o dreno e a fonte. As regiões da porta, que são do tipo p, formam junções p-n com o canal n. Quando não há tensão na porta, o canal n está aberto, permitindo a passagem de corrente do dreno para a fonte I_{DS} . Aplicando uma tensão negativa na porta ($V_{GS} < 0$) as regiões de depleção⁶ ao redor das junções p-n se expandem, estreitando o canal n. Isso aumenta a resistência do canal, reduzindo a corrente que pode fluir entre o dreno e a fonte. O desafio da construção do aparato foi converter esta variação de corrente no canal n do JFET em sinais perceptíveis para todos os estudantes.

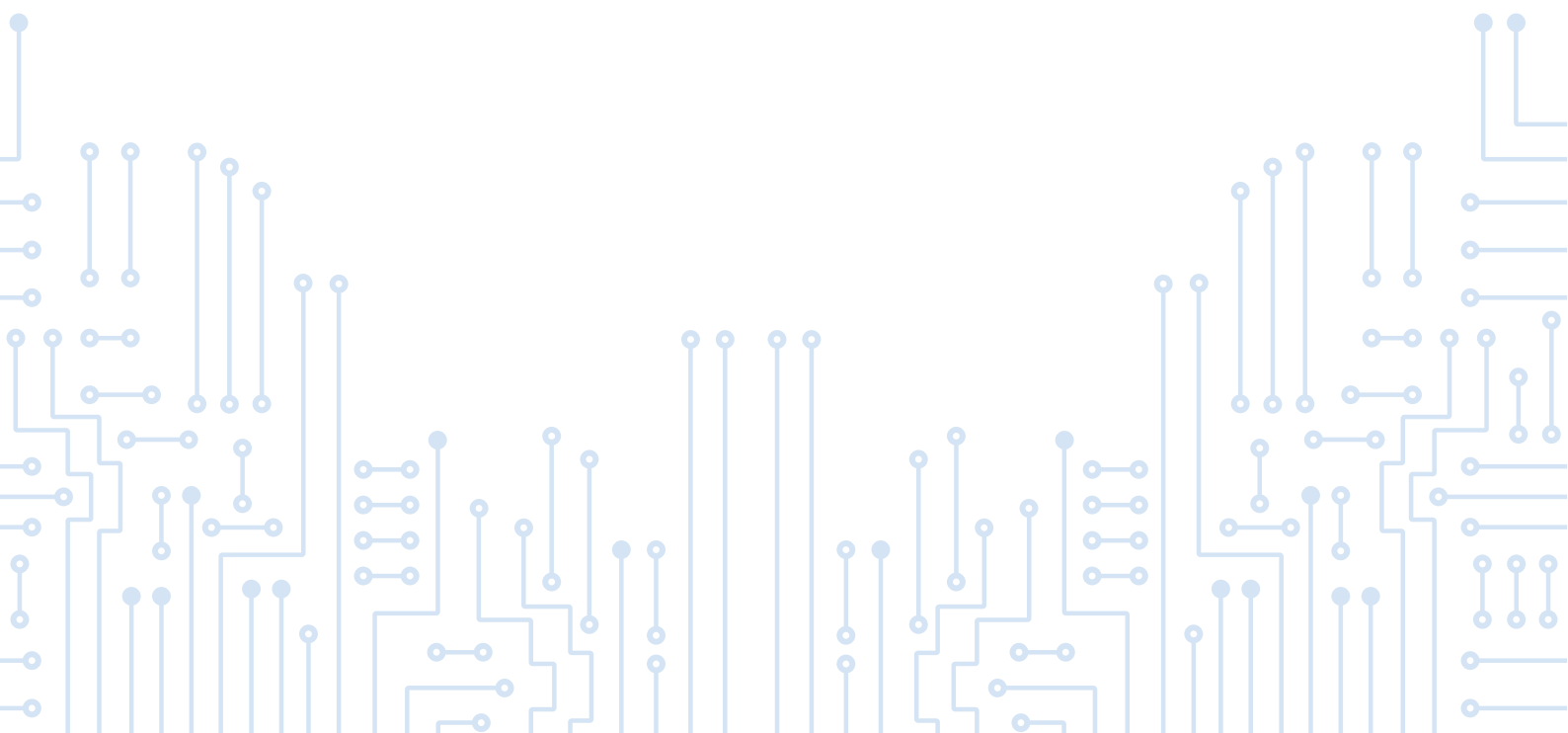
Para melhor compreensão, o circuito total do eletroscópio eletrônico multissensorial será apresentado em cinco partes. Primeiramente, a fonte de tensão é responsável por fornecer tensões contínuas para todos os componentes do circuito, tendo como entrada uma tensão alternada de 220 V.

A fonte linear é composta por um transformador, 4 diodos, 2 capacitores e três reguladores de tensão. O segundo circuito eletrônico é responsável por detectar e quantificar o campo elétrico, utilizando para isso um JFET canal n MPF102 e um amplificador operacional LM358. O MPF102 atua como sensor de modo que o campo elétrico na porta é capaz de modular a corrente elétrica entre o dreno e a fonte I_{DS} . Esta corrente é convertida em tensão através do resistor *shunt* R4 e amplificada pelo LM358. A presença de um campo elétrico na porta do MPF102 reduz a corrente elétrica I_{DS} . Por isso, é proposto um segundo amplificador operacional LM358 configurado como um subtrator, de tal forma que a tensão V_s (tensão de saída) seja diretamente proporcional ao campo elétrico detectado pelo MPF102. O amplificador subtrator permite a subtração entre dois sinais. A tensão V_s é utilizada como entrada para três outros circuitos.

⁶ As regiões de depleção são áreas que se formam devido à recombinação de elétrons e buracos nas interfaces (junção p-n), que são pobres em cargas livres (elétrons e buracos). Elas criam uma barreira de potencial que dificulta o fluxo de corrente através da junção.

O primeiro deles é responsável por representar a intensidade do campo elétrico por meio de uma barra gráfica de 10 LEDs através do circuito integrado LM3914. Portanto, na medida em que o campo elétrico detectado pelo MPF102 aumenta, os LEDs sequencialmente se ascendem, uma vez que a tensão V_s é diretamente proporcional ao campo elétrico devido ao circuito subtrator.

A tensão V_s também é a entrada para o circuito integrado KA331, cuja saída está conectada a um alto-falante através do transistor de potência TP141. Este circuito eletrônico atua como um conversor de tensão para frequência, convertendo a tensão de entrada V_s em um trem de pulsos cuja frequência é proporcional a essa tensão. Dessa maneira, o KA331 permite que o campo elétrico seja representado em um sinal sonoro de modo que a frequência se torna mais aguda com a aproximação do corpo eletrizado do sensor do eletroscópio. Finalmente, a tensão V_s também alimenta dois motores elétricos de vibração (*vibracall*), convertendo a energia elétrica em mecânica e possibilitando a percepção tátil da presença de corpos negativamente eletrizados, detectados.



7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os eletroscópios tradicionais pendulares ou de folhas, usados para demonstração de fenômenos eletrostáticos em sala de aula, se limitam à representação visual das informações geradas nesses aparatos. O dispositivo aqui proposto, além do visual, oferece os canais auditivo e tátil, podendo assim ser funcional para estudantes com deficiência visual, auditiva ou sem deficiência, caracterizando-se dessa forma como um dispositivo multissensorial e inclusivo.

Optamos por apresentar o produto, descrever seu processo de elaboração, bem como os fenômenos e conceitos de eletricidade presentes em seu funcionamento. No entanto, não seguimos a tendência majoritária dos trabalhos que estabelecem roteiros específicos para a utilização do aparato, pois acreditamos que o uso do instrumento pode ser ampliado pela liberdade de aplicação que o professor considerar mais adequada. Reforçamos apenas que o dispositivo permite a realização de experimentos sobre processos de eletrização, carga elétrica, identificação e comportamento de condutores e isolantes, blindagem eletrostática, campo elétrico, força elétrica, entre outros. Além disso, propomos uma abordagem focada nos processos históricos de construção de conceitos científicos. Como sugestão adicional, elaboramos três planos de aula para o uso do produto, os quais estão disponíveis nos anexos. Reforçamos que esses planos são apenas exemplos, e que o professor tem liberdade para adaptá-los ou modificá-los conforme sua necessidade pedagógica.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, T. Y. I.; COSTA, M. B. O laboratório de ciências e a realidade dos docentes das escolas estaduais de São Carlos-SP. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 3, p. 208- 214, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160029>

ASSIS, Andre Koch Torres. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. Montreal: Apeiron, 2018.

BATISTA, Heloisa Fernanda Francisco; USTRA, Sandro RV. Inclusão no ensino de Física: caracterizando desafios a partir de uma análise de artigos da SciELO. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista-ENCITEC**, v. 11, n. 2, p. 53-68, 2021.

BRAUN, Patricia; MARIN, Márcia. Ensino colaborativo: uma possibilidade do Atendimento Educacional Especializado. **Revista Linhas**, v. 17, n. 35, p. 193-215, 2016.

GLAT, Rosana. Desconstruindo representações sociais: por uma cultura de colaboração para inclusão escolar. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 24, p. 9-20, 2018.

ROSITO, B. A. **O ensino de Ciências e a experimentação**. In: **Roque Moraes (Org.). Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**. 3. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

VIGOTSKI, Lev Semionovich. **Obras completas - Tomo Cinco: Fundamentos de Defectologia**. Tradução do Programa de Ações Relativas às Pessoas com Necessidades Especiais (PEE); revisão da tradução por Guilherme Arias Beatón. -Cascavel, PR: EDUNIOESTE, 2022. 488p. e-Book. ISBN: 978-6587438-31-3.

An abstract graphic of a circuit board pattern in a lighter blue shade, featuring various lines, nodes, and connections, set against a solid blue background.

ANEXOS

Seguem abaixo três propostas de aulas que utilizam o Eletroscópio Eletrônico Multissensorial como recurso pedagógico para o ensino médio. Cada aula tem um foco específico, mas todas são estruturadas para incentivar a aprendizagem ativa e inclusiva.

AULA 01:

Introdução à Eletricidade Estática

Objetivo: Compreender o conceito de eletrização e os tipos de carga elétrica.

Duração: 50 minutos

Materiais: Eletroscópio eletrônico multissensorial, canetas plásticas, flanelas de algodão, balões, régua de plástico.

PLANO DE AULA:

1. Introdução (10 min):

- Pergunte aos estudantes se já sentiram um choque ao tocar em alguém ou em um objeto. Explique que esse fenômeno está relacionado à eletricidade estática.
 - Apresente o conceito de eletrização por atrito, enfatizando que diferentes materiais podem ganhar ou perder elétrons ao serem friccionados.
-

2. Demonstração (10 min):

- Mostre o Eletroscópio Eletrônico Multissensorial e explique como ele detecta a eletricidade estática por meio de representações visuais (LEDs), auditivos (sons) e táteis (vibrações).
 - Faça uma demonstração utilizando uma caneta plástica e uma flanela de algodão. Atrite a caneta e aproxime-a do sensor do eletroscópio, mostrando a detecção do dispositivo em tempo real.
-

3. Atividade Prática (20 min):

- Divida os estudantes em grupos e distribua os materiais (canetas, flanelas, balões, régua).
 - Cada grupo deve eletrizar um objeto e testá-lo no eletroscópio. Eles devem observar e anotar as diferentes reações do aparelho ao aproximarem os objetos.
-

4. Discussão (10 min):

- Reúna os estudantes para compartilhar suas observações.
- Discuta porque certos objetos geraram detecções mais intensas e como isso está relacionado ao tipo de material utilizado.
- Explique brevemente os tipos de carga elétrica (positiva e negativa) e a série triboelétrica.

AULA 02:

Condutores e Isolantes

Objetivo: Diferenciar materiais condutores e isolantes usando o eletroscópio eletrônico.

Duração: 50 minutos

Materiais: Eletroscópio eletrônico multissensorial, fios de cobre, madeira, vidro, papel, alumínio, tecidos.

PLANO DE AULA:

1. Introdução (10 min):

- Revise brevemente o que é eletrização e como os materiais podem ser eletrizados por atrito.
 - Explique que alguns materiais permitem a passagem de “eletricidade” (condutores), enquanto outros bloqueiam essa passagem (isolantes).
-

2. Demonstração (15 min):

- Demonstre a diferença entre condutores e isolantes utilizando o Eletroscópio Eletrônico Multissensorial.
 - Eletrize uma caneta e aproxime-a de diferentes materiais (fios de cobre, madeira, vidro, papel etc.). Peça aos estudantes para observarem como o eletroscópio reage a cada material.
-

3. Atividade Prática (15 min):

- Distribua os materiais entre os grupos e instrua os estudantes a testarem os objetos com o eletroscópio.
 - Eles devem classificar cada material como condutor ou isolante, com base na resposta do aparelho. .
-

4. Discussão (10 min):

- Pergunte aos estudantes: "Por que certos materiais conduzem eletricidade e outros não?"
- Explique de maneira simples o conceito de condutividade elétrica e a importância dos condutores e isolantes em nosso dia a dia (fios elétricos, revestimentos de plástico etc.).

AULA 03:

Campo Elétrico e Força Eletrostática

Objetivo: Introduzir o conceito de campo elétrico e força eletrostática.

Duração: 50 minutos

Materiais: Eletroscópio eletrônico multissensorial, esferas de isopor, fios metálicos, canetas plásticas eletrizadas, flanelas de algodão.

PLANO DE AULA:

1. Introdução (10 min):

- Explique o que é campo elétrico, usando a analogia de um ímã e seu campo magnético invisível.
- Diga aos estudantes que o eletroscópio é capaz de detectar o campo elétrico ao redor de um objeto eletrizado.

2. Demonstração (15 min):

- Aproxime uma caneta eletrizada do sensor do Eletroscópio Eletrônico Multissensorial e mostre como o campo elétrico afeta o aparelho.
- Pergunte aos estudantes como a intensidade do campo elétrico varia com a distância entre o sensor e o objeto eletrizado.

3. Atividade Prática (15 min):

- Cada grupo deve eletrizar uma caneta e medir como o Eletroscópio Eletrônico Multissensorial reage à medida que a distância entre a caneta e o sensor aumenta.
- Os estudantes devem registrar a intensidade do campo elétrico, observando as respostas visuais, auditivas e táteis.

4. Discussão (10 min):

- Reflita com os estudantes sobre a relação entre a força eletrostática e a distância do objeto carregado.
- Conclua explicando que o campo elétrico diminui com o aumento da distância, conforme demonstrado pelos experimentos.

Essas aulas ajudam a consolidar conceitos abstratos de eletricidade de maneira prática, envolvendo todos os estudantes em um ambiente de aprendizado inclusivo.

AUTORES

Joel Fernandes



Pablo Diniz Batista



Clodoaldo Valverde

