

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
CAMPUS CAMPO MOURÃO

HIGOR BELAFRONTA DE ANDRADE

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE ELETRODINÂMICA PARA
DEFICIENTES VISUAIS

CAMPO MOURÃO
2020

HIGOR BELAFRONTA DE ANDRADE

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE ELETRODINÂMICA PARA
DEFICIENTES VISUAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação no Curso de Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Campo Mourão, como requisito necessário para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Roseli Constantino Schwerz

Coorientador: Prof. Me. Paulo Henrique Sabo

CAMPO MOURÃO
2020

TERMO DE LICENCIAMENTO

Esta Dissertação e o seu respectivo Produto Educacional estão licenciados sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Andrade, Higor Belafrente de

Atividades experimentais de eletrodinâmica para deficientes visuais / Higor Belafrente de Andrade. – Campo Mourão, 2020.
1 arquivo de texto (99 f) : PDF ; 2,9 MB.

Orientadora: Roseli Constantino Schwerz

Coorientador: Paulo Henrique Sabo

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Campo Mourão, 2020.

Inclui bibliografia: f. 64-70

1. Estudantes com deficiência visual. 2. Eletrodinâmica. 3. Ensino de Física – Dissertações. I. Schwerz, Roseli Constantino, orient. II. Sabo, Paulo Henrique, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Título.

CDD (22.ed.) 530.07

Biblioteca da UTFPR - Câmpus Campo Mourão

Bibliotecária/Documentalista:
Andréia Del Conte de Paiva – CRB-9/1525

TERMO DE APROVAÇÃO

Titulo da dissertação:

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE ELETRODINÂMICA PARA DEFICIENTES VISUAIS

Higor Belafronte de Andrade

Esta dissertação foi apresentada às 8h00min. do dia **29 de fevereiro de 2020** como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENSINO DE FÍSICA, do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física do Departamento de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campo Mourão - Polo 32 do MNPEF - SBF. O (a) candidato (a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação a banca examinadora considerou o trabalho _____(aprovado ou reprovado).

Roseli Constantino Schwerz
Universidade Tecnológica do Paraná

Michel Corci Batista
Universidade Tecnológica do Paraná

Fabio Ramos da Silva
Instituto Federal do Paraná

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, primeiramente, a Deus, sem Ele nada seria possível.

Agradecer, de modo especial, aos meus orientadores, Prof^a. Dr^a. Roseli Constantino Schwerz e Prof. Me. Paulo e Henrique Sabo, por me orientarem neste trabalho, pela confiança, paciência e dedicação.

Aos professores do programa, pela amizade e sabedoria compartilhadas e, especialmente, ao Coordenador Prof. Dr. Michel Corci Batista pela atenção e prontidão para nos atender e auxiliar.

Aos meus colegas de turma e, sobretudo, a meus grandes amigos: Luiz Fernando, Renato, Mariel e Robineide.

Quero agradecer, por fim, aos meus pais, Odete e Pedro, que nunca deixaram de me apoiar. Aos meus irmãos Hugo e Hiago e, também, à minha namorada Isabela, sem a paciência e a parceria de vocês, dificilmente, eu conseguiria. Amo vocês.

Quem tem amigos, tem tudo.

Muito obrigado a todos!

BELAFRONTTE, Higor Andrade. **Atividades experimentais de eletrodinâmica para deficientes visuais**. 2020. 99 f. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2020.

RESUMO

Esta dissertação teve como objetivo elaborar, aplicar e avaliar um material destinado ao ensino de eletrodinâmica para deficientes visuais. Para tanto, utilizamos como referencial teórico, a teoria da Aprendizagem Significativa, Atividades Experimentais Investigativas, Sequência Didática e o Ensino de Física, dando ênfase à Eletrodinâmica. Além disso, realizamos, também, uma pesquisa qualitativa, aplicada a um aluno deficiente visual e a dois alunos videntes, considerando o material viável para os demais alunos sem deficiência visual, a fim de desenvolver um trabalho significativo a todos. Após a elaboração da sequência didática e da sua aplicação, coletamos os dados por meio do registro com gravação de áudio, observações e questionários relacionados aos resultados e à usabilidade do material selecionado. Por conseguinte, com a análise dos questionários e por meio de um comparativo do antes e depois, percebemos que houve um avanço em relação ao conceito de Eletrodinâmica e que os alunos conseguiram avançar, significativamente, em todas as atividades, constituindo uma linguagem científica. Assim, diante dos resultados e da troca de experiência, utilizando os pressupostos da Aprendizagem Significativa, concluímos que os objetivos foram alcançados. Desse modo, esperamos com este trabalho, contribuir com a divulgação e o debate da inclusão dos deficientes visuais no Ensino de Física, a fim de assegurar, dessa forma, oportunidades iguais a todos.

Palavras-chave: Deficientes Visuais. Aprendizagem Significativa. Ensino de Eletrodinâmica. Atividades Experimentais Investigativas.

BELAFRONTTE, Higor Andrade. **Experimental electrodynamic activities for the visually impaired**. 2020. 99 f. Dissertation (Professional Master of Physics Teaching) - Federal Technological University of Paraná, Campo Mourão, 2020.

ABSTRACT

This dissertation had as objective to elaborate, to apply and to evaluate a material destined to the teaching of electrodynamics for visually impaired. We used as a theoretical reference the theory of Significant Learning, Investigative Experimental Activities, Didactic Sequence and Physics Teaching with emphasis on Electrodynamics. We conducted a qualitative research, applied to a visually impaired student and two visionary students, considering the material feasible for the other students without visual impairment, seeking to develop meaningful work for all. After the elaboration of the didactic sequence and its application, we sought to collect the data through the recording with audio recording, observations and questionnaires related to the results and usability of the material used. With the analysis of the questionnaires and making a comparison of before and after, we realized that there was an advance in relation to the concept of Electrodynamics and that in all activities the students managed to advance significantly, constituting a scientific language. In view of the results and the exchange of experience using the assumptions of Meaningful Learning, we conclude that the objectives have been achieved. With this work we hope to contribute to the dissemination and discussion of the inclusion of the visually impaired in Physics Education, guaranteeing equal opportunities for all.

Keywords: Visually impaired. Meaningful learning. Teaching of Electrodynamics. Activities Investigative Experiments.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 16 |
| 2.1 | Atividades experimentais investigativas | 16 |
| 2.2 | Trabalhos realizados com experimentos para deficientes visuais no ensino de física | 17 |
| 2.3 | Aprendizagem significativa | 23 |
| 2.5 | Introdução à eletrodinâmica | 28 |
| 2.5.1 | Condutividade | 28 |
| 2.5.2 | Corrente elétrica..... | 29 |
| 2.5.3 | Resistência | 32 |
| 2.5.4 | Tensão..... | 33 |
| 2.5.5 | Circuitos | 35 |
| 3 | APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL | 37 |
| 3.1 | Atividade 1 – Modelo atômico..... | 38 |
| 3.2 | Atividade 2 - Corrente elétrica, diferença de potencial e resistência | 39 |
| 3.3 | Atividade 3 - Associação em Série e Paralelo | 40 |
| 3.4 | Atividade 4 – Medições de resistência, corrente e tensão..... | 41 |
| 4 | PROCEDIMENTO METODOLÓGICO | 44 |
| 4.1 | Sujeitos da pesquisa | 44 |
| 4.2 | Caracterização da pesquisa e coleta de dados | 44 |
| 5 | RELATO DE EXPERIÊNCIA | 46 |
| 5.1 | Condutividade..... | 46 |
| 5.2 | A diferença de potencial e sua relação com a corrente elétrica | 49 |
| 5.3 | Associação de resistores e relação com corrente elétrica..... | 53 |
| 5.4 | Construção de circuitos elétricos e utilização de aparelho de medição.. | 55 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 62 |
| | REFERÊNCIAS | 64 |
| | APÊNDICE | 71 |
| | APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL | 72 |

1 INTRODUÇÃO

Na antiguidade, acreditava-se que o indivíduo cego era denominado como uma desgraça na sociedade (COSTA; BARROS, 2019, p.27) e, embora muito tempo tenha se passado, segundo os mesmos autores, essa concepção antiga pode ser muito presente nos dias atuais, uma vez que, ainda, há muito preconceito e a ideia de que os deficientes visuais não podem realizar determinadas tarefas do dia a dia e, mesmo quando as executam, são taxados de seres superdotados.

Nesse sentido, é lícito elucidar que a cultura antiga contemplava a rejeição e, por muitas vezes, a pessoa cega era sacrificada, por ser considerada desnecessária para atender as exigências daquela sociedade. Conseqüentemente, a morte de crianças que nasciam cegas era inevitável, assim como o abandono dos que ficavam cegos na vida adulta, sendo entregues à própria sorte.

Por conseguinte, apenas para mencionar alguns exemplos, em Atenas e Esparta, as crianças cegas eram levadas e deixadas nas montanhas. Na Roma Antiga, eram jogadas nos rios sem chances de sobreviver. Na sociedade primitiva, acreditava-se que a cegueira era um castigo enviado pelos deuses e, desse modo, eles eram considerados possuídos por demônios, tornando-se objeto de temor religioso. Também, havia algumas tribos que abandonavam os cegos em meios aos animais ferozes ou tribos rivais. (COSTA; BARROS, 2019, p.27).

Em conformidade com Benazzi (2015, p.1), para os hebreus, qualquer deficiente era considerado indigno, possuidor de espírito maligno, cujas impurezas e pecados eram percebidas pelas “sequelas”. O Egito, na Antiguidade, era conhecido como o país dos cegos que, devido ao clima quente e muita poeira, possuía altos índices de cegueira. Essas referências às cegueiras e às doenças nos olhos foram constatadas por meio dos papiros, que os médicos tornaram famosos na região mediterrânea.

Os deficientes visuais só tiveram a preocupação da sociedade na data do século V, onde foi fundada a primeira comunidade para cegos na França. Muito tempo depois, no século XI, Guilherme I, Rei da Inglaterra, criou quatro hospitais para cegos, com o objetivo de se livrar do pecado de se casar com uma parente. (BENAZZI, 2015, p.1).

Ainda nesse período, a cegueira se apresentava, também, como pena judicial, regulada pela lei ou pelos costumes e era aplicada como castigo para crimes nos quais havia participação dos olhos, tais como crimes contra a divindade e faltas graves às leis de matrimônio. (MECLOY, 1974, p.32; AMARAL, 1995, p.13).

Para Benazzi, (2015, p.1), no século XII, no Reino Unido, os cegos eram excluídos da sociedade, tornando-se mendigos que dependiam da caridade alheia. Posteriormente, nesse mesmo século, William Elsing construiu e abriu um refúgio para homens cegos. Já em 1260, em Paris, um asilo para cegos foi fundado por Luís XIII, Rei da França, destinado a atender 300 soldados que tiveram seus olhos arrancados em guerras.

Todavia, somente em 1601, foi lavrada a lei “The Act for the Relief of the Poor”, que significa “Lei para o Socorro dos Pobres”, que previa abrigo e suporte para os pobres, cegos e incapazes. Assim, a partir dessa data e por mais duzentos anos, os cegos puderam viver em suas casas ou instituições, sendo amparados pelo governo.

O entendimento a respeito da deficiência visual passou a ser investigado e aprofundado a partir do século XVIII, com o surgimento dos conhecimentos anátomo-fisiológicos, que compreenderam cientificamente o funcionamento dos olhos e do cérebro. No fim desse século, por volta de 1784, em Paris, surgiu a primeira escola de cegos, que os retirou da situação vergonhosa de mendigos, preparando-os profissionalmente. O fundador desse instituto, Valentin Haüy, foi um dos primeiros a desenvolver um trabalho educacional voltado para o deficiente visual. Haüy queria provar que sua hipótese era verdadeira, da qual os cegos poderiam ler por meio do tato. Nos anos seguintes, outras escolas com essa mesma metodologia surgiram em outras cidades como: Londres, Viena, Berlim, Zurique e Nova Iorque.

No século XIX, também, na França, Louis Braille, um jovem cego, criou e desenvolveu um sistema de caracteres em relevo, batizado de sistema braile, o que possibilitou a aprendizagem da leitura e da escrita, sendo o método mais importante criado para a educação do deficiente visual e usado até os dias atuais.

Ainda, no século XIX, em 1829, foi instalado o primeiro Instituto para cegos nos Estados Unidos e em 1837, inaugurou-se a primeira escola para cegos, subsidiada pelo governo americano.

Depois da 2ª Guerra Mundial, no século XX, com a Declaração Universal dos Direitos Humanos, passou-se a pensar na possibilidade de atender as pessoas com deficiência visual na escola regular. Nos anos de 1960 e 1970, estruturou-se as leis para atendimento educacional, que beneficiavam a integração do cego no ensino regular e no mercado de trabalho.

Na década de 1990, a “era da inclusão” foi fortalecida e tinha por exigência, além dos direitos e da integração social do indivíduo, também, o dever da sociedade em aceitar e se adaptar às diferenças. (BENZAZZI, 2015,p.1).

A história das pessoas com deficiência visual é marcada tanto por momentos de estigma, quanto de misticismo. E, em todos esses momentos, as dificuldades oriundas da ausência do sentido da visão se sobressaíram, comprometendo, assim, a plena inclusão dessas pessoas na sociedade (MAZZOTTA, 2005, p.8; JANNUZZI, 2006, p.4).

No Brasil, desde o século XVI, no início da colonização portuguesa, tem-se um olhar voltado à educação do deficiente. A Constituição de 1854 garantia o ensino primário e gratuito a todos. Nesse mesmo século, D. Pedro II criou o Instituto dos Meninos Cegos, por meio do decreto imperial nº1428, que em seguida passou a ser chamado de Instituto Benjamin Constant (IBC).

Na “Galeria dos Cegos Brasileiros”, um vulto tem projeção especial: José Álvares de Azevedo, pioneiro, missionário e idealista da Educação dos Cegos no Brasil. Ele foi o primeiro a exercer, particularmente, na cidade do Rio de Janeiro, a função de professor cego, após ter tido a oportunidade de se educar em uma escola para cegos, na França. Essa circunstância histórica de ser o primeiro professor cego brasileiro justifica o título honorífico que se dá a José Álvares de Azevedo, de

“Patrono da Educação dos Cegos no Brasil”. O atendimento educacional às pessoas sem visão, em nossa Terra, teve início a partir da ação pioneira desse jovem, introdutor do Sistema Braille e idealizador da primeira escola destinada a alunos cegos, no Brasil e na América Latina, tendo por modelo a instituição onde havia estudado, na França. [...] O Imperador D. Pedro II, vivamente interessado e sensibilizado com tal demonstração, proferiu a célebre frase histórica: “a cegueira já quase não é uma desgraça” (LEMOS, 2003, p.30).

Segundo Leite e Pereira (2016, p.4), nos anos seguintes da história, houve um silêncio em relação ao ensino voltado aos deficientes visuais, porque, nessa época, a preocupação estava concentrada nos meios de produção, que era o campo, sendo assim, a educação para o cego não era vista como um problema social.

Em 1920, o Estado começa a ver uma forma de economizar recursos ao tornar os deficientes em seres produtivos, mesmo que de uma forma pormenorizada. Nessa perspectiva, ocorrem iniciativas otimistas em relação à educação especial, seguindo momentos vividos por outras nações. A sociedade civil começa a organizar associações filantrópicas preocupadas com os deficientes. (LEITE; PEREIRA, 2016, p.4).

Em 1951, criou-se, por iniciação da Fundação Getúlio Vargas, o primeiro curso de formação para deficientes visuais e surdos, mas seus atendimentos favoreciam os que tinham melhores condições financeiras. (LEITE; PEREIRA, 2016, p.4).

Em 1961, cria-se a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, nº 4024, que garantia a educação primária a pessoas com necessidades especiais, tendo em conta todas as suas características e dificuldades. Segundo Hamilton Werneck:

a LDB de 1961 representou um grande avanço para o ensino nacional. Antes disso, o ensino era basicamente conservador e vertical: professor ensina, aluno aprende. Como instrumento de aprendizagem, apenas quadro negro, lápis e papel. Destaca, também, que a inclusão foi o aspecto que mais mudou ao longo dos anos. Afirma que o conceito foi se abrindo e se aprimorando em cada emenda feita. Pode-se dizer que a trajetória é de uma escola elitista, excludente e enciclopédica que foi se humanizando ao longo do tempo” (WERNECK, 2011, p.1).

Recordamos a Constituição Federal de 1988, que:

ao lado do imperativo “todos são iguais perante a lei”, acrescenta a expressão “sem distinção de qualquer natureza”, ou seja, para além da base geral em que assenta o princípio da igualdade perante a lei, que consiste no tratamento igual a situações iguais e tratamento desigual a situações desiguais, a Constituição Federal de 1988 “veda distinções de qualquer natureza”, pois entre os objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil, está o de promover o bem de todos, sem preconceitos de origem, raça, sexo, cor, idade e quaisquer outras formas de discriminação, dentre elas a posse de deficiência (BRASIL, 1989, Art.5).

Mais tardar ainda, a Declaração de Salamanca, de (1994, p.15), inclui a educação especial na rede de ensino regular, o que assegurou ao estudante ter direito a um apoio especializado, visando assim, o respeito a igualdade de direitos, foi que a aceitação das pessoas com necessidades especiais se tornou mais digna.

Diante desse contexto histórico, sabemos que as escolas devem estar adaptadas para o processo de inclusão de alunos, atendendo a todos, e essa adaptação, torna-se obrigatória, para: professores, ambiente escolar e novas metodologias, que devem se adequar às necessidades de cada aluno.

O caminho para essa mudança conceitual teria que ser construído a partir do trabalho colaborativo do professor do ensino comum, com o professor especializado, além de equipes multiprofissionais que atuariam, preferencialmente, dentro da escola e da classe comum. (MENDES, 2004, p.227).

Nesse viés, cabe ressaltar que a educação inclusiva rompe os paradigmas e precisa, de forma clara, coerente e objetiva, que todas as crianças/adolescentes, com alguma necessidade especial, tenham os seus direitos e deveres respeitados, a fim de viverem plenamente em sociedade. É nesse sentido, que foram criadas as Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Escola Básica (BRASIL, 2001, p.11).

Assim, a educação inclusiva é assegurada a todos, com acesso ao espaço em sociedade. Sociedade essa, que deve estar ciente das relações e do acolhimento a todos, por meio da integração das diferenças individuais e se esforçando em busca de um desenvolvimento com qualidade, em todas as dimensões da vida.

No Brasil, a inclusão ganhou espaço no contexto escolar em 1996, pela Lei de Diretrizes e Bases, sendo determinada a inclusão de alunos especiais, garantindo uma infraestrutura preparada a apoiar e atender às diversas necessidades de cada aluno.

Nesse contexto, o Ensino de Física tem como um dos seus maiores desafios a aplicação aos alunos com deficiência visual. Assim, sabemos que muitos docentes exploram a percepção visual para ensinar física. Por isso, como já mencionado, o ensino deve ser diferenciado e adaptado para abranger a todos os educandos de forma que todos consigam participar e interagir. Como destacado por Camargo e Silva (2003, p.1218): "...é compreensível que os estudantes com deficiência visual tenham grandes dificuldades com a sistemática do Ensino de Física atual, visto que esse, invariavelmente, fundamenta-se em referenciais funcionais visuais" (CAMARGO; SILVA, 2003, p.1218).

Ademais, é imperativo salientar, que o atendimento escolar do educando com deficiência visual ou baixa visão deve ser em classe comum, tendo todos os direitos reservados, o que significa viabilizar o convívio escolar e social ao deficiente visual. Por isso, os educadores têm um papel muito importante para a integração e para a socialização desse aluno.

O futuro da educação inclusiva em nosso país dependerá de um esforço coletivo, que obrigará a uma revisão na postura de pesquisadores, políticos, prestadores de serviços, familiares e indivíduos com necessidades educacionais especiais, a fim de trabalhar uma meta comum: a de garantir uma educação de melhor qualidade para todos. (MENDES, 2004, p.228).

Na sala de aula, não podemos negligenciar a presença de um aluno com necessidades especiais, "nos dias atuais, a presença destes alunos nos bancos escolares brasileiros é crescente nos últimos dez anos, fato que reflete os efeitos de legislações, parâmetros e diretrizes para a educação especial nacional" (BRASIL, 1996, 1998 e 2001). No entanto, embora a referida presença não garanta a inclusão desses alunos, sem ela, consolidam-se padrões e normas de uma sociedade excludente (CAMARGO, et al., 2008, p.1). Ou seja, os professores ao utilizarem, apenas, o livro didático como apoio, baseiam-se suas aulas com o recurso visual, que, por sua vez, priva o aluno

com deficiência visual de ter acesso a esse conteúdo ou, muitas vezes, os professores estão preocupados em resolver os problemas matematicamente e não se importam com os conceitos físicos envolvidos nos exercícios e sua aplicação na vida cotidiana do aluno.

Por meio dessa situação, acreditamos que o aluno é o maior prejudicado, uma vez que o ambiente escolar não favorece a aprendizagem, pois, não prioriza um ensino voltado à sua vida cotidiana, ou não tem estrutura para acolher um aluno com deficiência visual. Segundo Ferreira, “as escolas ainda contam com o despreparo do professor em sua formação inicial para lidar com estudantes com necessidades especiais” (FERREIRA et al., 2007, p.7).

Diante do apresentado e identificando a necessidade de trabalhos nesse direcionamento, nosso objetivo geral foi a elaboração, aplicação e avaliação de um material destinado ao ensino de eletrodinâmica a alunos com deficiência visual. Para isso, buscou-se, sempre que possível, desenvolver recursos que poderiam explorar suas habilidades de tato e audição, em substituição aos recursos tradicionais, que, geralmente, utilizam de informações visuais. Nesse sentido, cabe, também, ressaltar, que, além de ser utilizado para contribuir com o processo de ensino-aprendizagem e inclusão de pessoas com deficiência visual, considerasse que o material é viável para uso dos demais alunos sem a deficiência, visto que almejamos desenvolver algo que fosse potencialmente significativo para todos.

Por isso, para a realização desse trabalho, estabelecemos e realizamos os seguintes objetivos específicos:

- Construir uma placa e componentes eletrônicos adaptados;
- Desenvolver um multímetro utilizando o Arduino para comunicação sonora com o usuário;
- Elaborar materiais que explorem os sentidos de tato e no estudo de conceitos relativos ao conteúdo, substituindo materiais visuais;
- Desenvolver um material suplementar para utilização dos materiais em sala de aula;
- Aplicar e investigar o potencial contributivo do material para o fim a que se destina.

Este trabalho se encontra organizado da seguinte forma: no primeiro capítulo, apresentamos a historicidade do deficiente, desde antiguidade até os

dias atuais, mencionando os contextos dessa pesquisa, bem como os seus objetivos. No capítulo 2, apresentamos a fundamentação teórica, contendo o desenvolvimento e a proposta do trabalho, sendo elas as Atividades Experimentais Investigativas, Trabalhos realizados com experimentos no Ensino de Física, Aprendizagem Significativa e a Introdução à Eletrodinâmica respaldando os subtópicos condutividade, corrente Elétrica, resistência, tensão e Circuitos elétricos.

Nos capítulos 3 e 4, descrevemos os métodos e procedimentos utilizados no desenvolvimento desta pesquisa, relatando o produto e as coletas de dados. No capítulo 5, encontra-se o Relato de Experiência com os alunos deficientes visuais e os videntes. No capítulo 6, trazemos nossas considerações finais em relação ao trabalho realizado. Na sequência, as referências utilizadas para o desenvolvimento do estudo. Por fim, no apêndice A (produto educacional), que descreve orientações de como utilizar o kit em sala de aula.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Atividades experimentais investigativas

A atividade experimental por investigação pressupõe que o aluno já traz concepções do seu convívio para o ambiente escolar, chamadas de “concepções prévias” do aluno, devendo ser consideradas como ponto central do processo de aprendizagem. De acordo com Borges (2002, p.303) “as atividades experimentais investigativas consistem na exploração de fenômenos, por meio da participação ativa dos estudantes na construção de seu conhecimento” (BORGES, 2002, p.303). Portanto, “a atividade experimental por investigação pode ser considerada como uma contraposição à abordagem da experimentação tradicional” (GIBIN; FILHO, 2016, p.132).

Diversos autores apontam diferentes maneiras de trabalhar as atividades experimentais com caráter investigativo. No entanto, Munford e Lima (2007, p.95), apontam equívocos, sendo o principal, acreditar que o ensino investigativo de Ciências acontece somente pelas atividades práticas ou experimentais. Desse modo, salienta-se que, muitas vezes, as atividades experimentais, trabalhadas pelos professores, não apresentam caráter investigativo ou uma atividade teórica que não tenha aspectos investigativos. Outro equívoco citado por Munford e Lima (2007, p.98), é que é necessário ensinar todo o conteúdo utilizando uma metodologia investigativa. O professor pode trabalhar diversos conceitos utilizando outras abordagens, até mesmo a tradicional, não restringindo o ensino em ser somente investigativo. Portanto, o docente pode utilizar uma atividade investigativa, sendo mais uma estratégia de ensino para diversificar sua prática pedagógica.

O papel do professor frente à uma abordagem investigativa é propiciar ao aluno, a construção do seu próprio conhecimento. Oliveira nos diz que “os alunos assumem a responsabilidade na investigação, apresentando liberdade na proposição e execução do experimento” (2009, p.16).

Suart (2008, p.27) define a atividade experimental investigativa como:

Atividades nas quais os alunos não são meros espectadores e receptores de conceitos, teorias e soluções prontas. Pelo contrário, os alunos participam da resolução de um problema

proposto pelo professor ou por eles mesmos; elaboram hipóteses; coletam dados e os analisam; elaboram conclusões e comunicam os resultados. O professor se torna um questionador, conduzindo perguntas e propondo desafios aos alunos para que estes possam levantar suas próprias hipóteses e propor possíveis soluções para o problema (SUART, 2008, p.27).

Com isso, nota-se a importância de estabelecer um novo paralelo entre a Física e o Ensino de Física, “no sentido de que em uma abordagem investigativa é interessante que os alunos iniciem a atividade por meio de uma pergunta, podendo ser dada pelo professor ou proposta pelos próprios alunos” (GIBIN; FILHO, 2016, p.131). Em uma atividade experimental investigativa, assim como defendem Gil-Pérez e Valdés Castro (1996, p.158) e Ferreira et al.,(2010, p.1), o professor deve, primeiramente, trabalhar os conceitos juntamente com as atividades experimentais envolvidas necessárias para resolução do problema. Assim, essa abordagem dá liberdade aos alunos em relação às experimentações tradicionais, na qual eles seguem etapas descritas no roteiro do experimento. Por fim, na abordagem experimental tradicional, o aluno tem o compromisso com o resultado, observando a teoria na prática. Já, na atividade experimental investigativa, o aluno tem a responsabilidade de propor a investigação em todos os momentos. (GIBIN; FILHO, 2016, p.130).

2.2 Trabalhos realizados com experimentos para deficientes visuais no ensino de física

Visando conhecer o panorama sobre as atividades desenvolvidas para deficientes visuais no ensino de conteúdos de Física nos últimos anos, Belafrente e Schwerz (2018) realizaram uma revisão bibliográfica de trabalhos depositados no banco de dados da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD)¹. A pesquisa foi restringida aos últimos 15 anos (de 2003 a 2017), abordando o ensino de Física para deficientes visuais, a fim de identificar quais as metodologias, objetivos e estratégias utilizadas na tentativa de possibilitar a inclusão e participação desses alunos.

¹ Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind>.

Assim, utilizando as palavras-chaves: no campo de busca, foram obtidos 24 (vinte e quatro) trabalhos referentes ao termo deficiente visual, 82 (oitenta e dois) especificando deficientes visuais, 288(duzentos e oitenta e oito) utilizando deficiência visual e 483 (quatrocentos e oitenta e três) especificando cegos ou cegas.

Ao restringir a pesquisa para o ensino de Física, foram encontrados somente 6 (seis) trabalhos relacionados à temática de inclusão do discente com deficiência visual no ensino de Física.

Quadro 1: Apresentação dos trabalhos quanto ao ano de publicação, autor, tipo e área.

| Ano | Autor | Tipo | Área |
|------|---------------------------------|-------------|--------------------------------|
| 2004 | Eder Pires de Camargo | Tese | Mecânica |
| 2008 | Fábio Lombardo Evangelista | Dissertação | Eletrodinâmica |
| 2014 | Karen Mello Colpes | Dissertação | Inclusão no cotidiano escolar |
| 2015 | Julio Cesar Queiroz de Carvalho | Tese | Mecânica e Termologia |
| 2016 | Bruno Eron Magalhães de Souza | Dissertação | Física Moderna e Contemporânea |
| 2017 | João Paulo Ferreira da Silva | Dissertação | Mecânica |

Observação: Os trabalhos pesquisados que não abrangem uma área específica foram caracterizados como inclusão no cotidiano escolar.

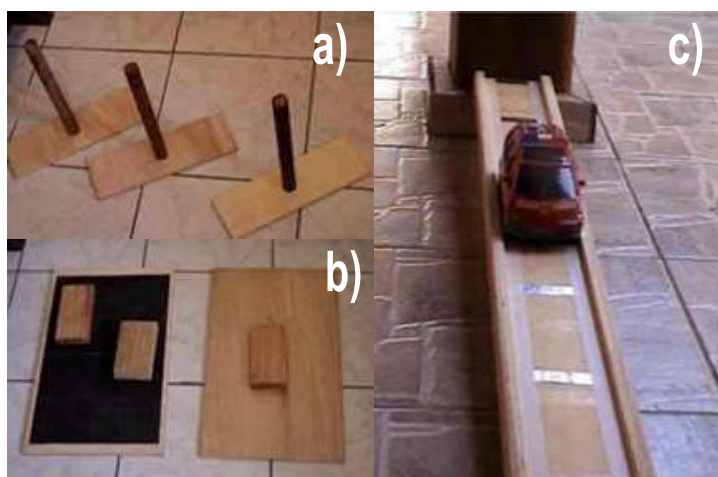
Fonte: Belafrente e Schwerz (2018, p.99).

Analisando o Quadro 1, percebemos que nos últimos anos (de 2014 a 2017), o estudo voltado ao deficiente visual no ensino de Física tem sido debatido e estudado com maior frequência que a década anterior. No entanto, considera-se que, ainda, é uma área carente de trabalhos científicos.

Nesse cenário, dentre as áreas da Física, a Mecânica é a mais abordada: três trabalhos, no total. O primeiro estudo, relacionado na tabela, é o de Camargo (2004), que fez uma pesquisa sobre os motivos pelos quais se deve ensinar Ciências e, em particular, Física, para pessoas com deficiência visual, observando os aspectos quantitativos relacionados ao número desses alunos, apontando para uma direção entre diversas perguntas possíveis. Apresentou, também, a análise da aplicação de um conjunto de atividades de ensino de Física desenvolvidas para alunos com deficiência visual. Além disso, abordou o conceito de aceleração, bem como, a relação entre tal conceito e os

de velocidade, atrito e gravidade. Compreendendo que os alunos com deficiência visual que participaram das atividades desenvolvidas, tiveram boa compreensão os conteúdos trabalhados.

Figura 1- (a) Representação de uma reta normal a uma superfície, (b) Blocos de diferentes massas sobre as superfícies para estudo do atrito e (c) Carrinho movendo-se sobre o plano inclinado com interface sonora, onde a sirene do carrinho emitirá um som quando os fios de ligação tocarem a parte condutora do plano inclinado (papel alumínio), e deixará de emitir som quando os fios condutores tocarem a parte isolante do referido plano (madeira).



Fonte: Camargo (2004, p.118).

Procurando romper as barreiras encontradas pelos alunos com deficiência visual no ensino de Mecânica e Termologia, Carvalho (2015), publicou um trabalho a fim de conhecer as potencialidades e as limitações dos softwares de interface auditiva, quando submetidos à leitura de textos da área de Física. Possibilitando e limitando a linguagem LaTeX, associada a softwares leitores de telas (NVDA, ORCA, JAWS e VIRTUAL VISION) como recursos.

Assim, concluiu que não resta dúvida que a linguagem LaTeX possui um grande potencial na redução das barreiras de acessibilidade a textos de Física, por meio do computador e, mais do que isso, seu caráter dialógico mostrou que pode ser utilizada não somente por alunos com deficiência visual, uma vez que sua sintaxe intuitiva favorece a relação entre alunos com e sem essa deficiência.

Silva (2017) apresenta um trabalho questionando se o soroban é um instrumento eficiente para a resolução de problemas operacionais de Matemática para deficientes visuais no contexto do ensino de Física. Assim, utilizou como recurso um texto de apoio em Braille, calculadoras sonoras ou

soroban, maquete tátil inclinável e um carrinho de madeira com vetores reguláveis.

Figura 2- Conteúdo referente à 2ª Lei de Newton os estudantes manusearam a maquete tátil, o carrinho e os vetores.

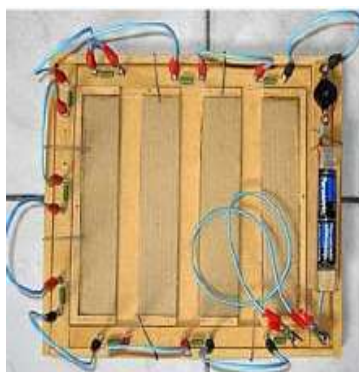


Fonte: Silva (2017, p.100).

Com a utilização do material concreto, os estudantes tiveram aulas de Física, em que os conceitos apresentados têm um sentido tátil: forças como vetores de palitos, coeficiente de atrito como texturas diferentes, vetores dinâmicos reguláveis que aumentam de intensidade ou mudam de direção e sentido, massa associada com a quantidade de bolinhas de gude colocadas dentro do carrinho, etc. Os resultados com o material concreto se mostraram satisfatórios para os estudantes.

Por conseguinte, a abordagem do ensino de Eletrodinâmica foi feita por Evangelista (2008), que elaborou uma análise de proposta para discutir o conceito clássico de corrente elétrica. Para isso, utilizou as atividades experimentais como elemento mediador no processo de ensino-aprendizagem, analisando quais as adequações necessárias dessas atividades aos sujeitos da respectiva pesquisa.

Figura 3- Fio com conectores jacarés percorrendo o circuito no sentido anti-horário. a) o primeiro quadro, da esquerda para direita, mostra a ligação sem resistores, b) o segundo com três resistores e o c) terceiro com todos os resistores inseridos no circuito.

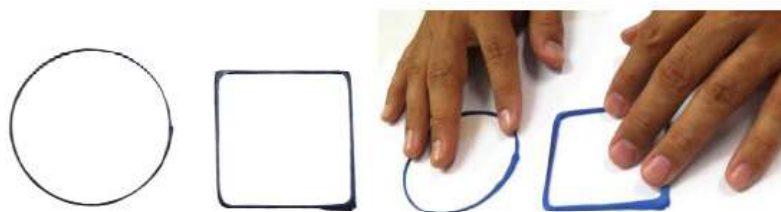


Fonte: Evangelista (2008, p.85).

Este trabalho procurou mostrar que é possível tratar conceitos complexos e/ou específicos para estudantes com deficiência visual e que, potencialmente falando, o ensino desses, juntamente com alunos videntes, parece perfeitamente plausível.

Ademais, os trabalhos pesquisados que não abrangem uma área específica foram caracterizados como inclusão no cotidiano escolar. Seguindo esse contexto, Colpes (2014) teve por objetivo em seu trabalho, desenvolver um produto que seja capaz de gerar gráficos em alto-relevo para pessoas cegas, a fim de ser utilizado como material didático no ensino de conhecimentos físicos e matemáticos, por meio de uma impressora de gráficos, utilizando como recursos sucatas eletrônicas.

Figura 4- Melhor resultado de impressão obtida.



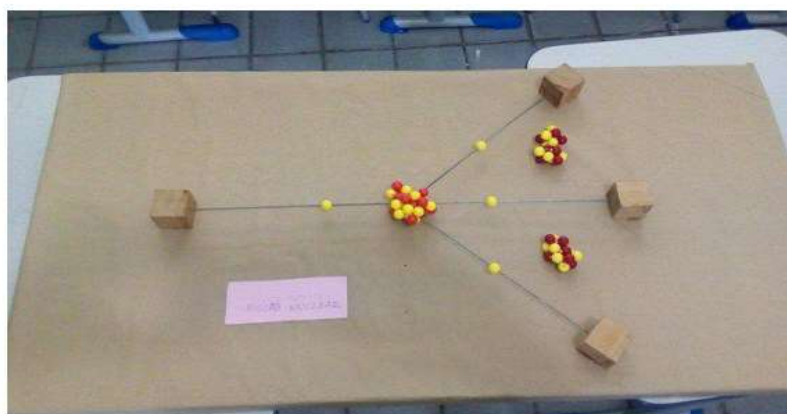
Fonte: Colpes (2014, p.73).

Com o resultado obtido, solicitou a um aluno cego que tentasse interpretar as formas impressas e em alto-relevo, por meio de suas mãos. Após a aplicação, constatou-se que o aluno identificou facilmente as formas e comentou que estavam satisfatórias. Desse modo, esse projeto permitiu

identificar os métodos e materiais utilizados no ensino de gráficos para cegos nas aulas de Matemática e Física. Mesmo com os problemas encontrados, o protótipo permitiu comprovar a viabilidade desse produto, o que evidenciou uma real capacidade de atender os cegos nos desenhos de gráficos e diagramas.

Na abordagem do ensino de Física Moderna e Contemporânea, encontra-se o trabalho de Souza (2016), que criou uma proposta de Ensino de Física Moderna e Contemporânea, por meio da criação de kits e experimentos, que tiveram por objetivo contribuir para uma reflexão sobre a Educação Especial, ao levantar questões acerca de uma metodologia que contemple alunos com e sem deficiência visual nas aulas de Física.

Figura 5-Modelo do Kit de Fissão Nuclear



Fonte: Souza (2016, p.69).

Souza concluiu que o uso de uma abordagem diferenciada, no qual o docente contemple os alunos videntes e os que possuem deficiência visual, é de grande valia para o desenvolvimento de uma postura inclusiva em sua aula, embora esse seja um enorme desafio. Assim, utilizar ou não essa metodologia é uma reflexão indispensável nos dias atuais, uma vez que reflete e sugere como tais temas podem ser trabalhados no contexto escolar.

Nesse viés, percebe-se que em todos os trabalhos analisados, a tendência não é apontar o aluno deficiente visual, como frágil ou problemático, e sim, colocá-lo em condições educacionais iguais, pois sabemos que esses estudantes não possuem capacidade de aprendizagem menor ou inferior a um aluno vidente, por isso, cabe ao professor trabalhar uma metodologia adequada para que seja possível atender a todos de forma igual.

Para tanto, é preciso criar ou adaptar equipamentos que emitam sons ou possam ser tocados e manipulados por esses alunos. Isto é necessário para que o aluno consiga observar o fenômeno físico a ser estudado. O professor deve evitar o uso de gestos, figuras e fórmulas que somente possam ser vistos, e tocar nas mãos dos alunos para apresentar-lhe alguma explicação. (CAMARGO, 2007, p.30).

Em uma pesquisa, publicada na Revista Pontes (Paranavaí-PR), v.3, 2018, com o tema “Um panorama sobre o ensino de Física para deficientes visuais”, observamos que mesmo com todo o apelo da inclusão educacional atual, a quantidade de teses/dissertações encontradas com essa temática, na área da Física, ainda pode ser considerada muito discreta. Por isso, acreditamos que seja necessário haver maior debate sobre essas necessidades, a fim de conscientizar os docentes e educadores para tal questão e, desse modo, desenvolver mais trabalhos nessa vertente. (BELAFRONTTE; SCHWERZ, 2018, p.106).

Por fim, com esse artigo citado e este trabalho, esperamos contribuir para o debate e o desenvolvimento da inclusão dos alunos com deficiência visual no ensino de Física, a fim de que eles possam ter as mesmas possibilidades que os demais estudantes.

2.3 Aprendizagem significativa

Com o olhar voltado sempre para melhorar o processo de ensino-aprendizagem, surgem as teorias de aprendizagem. “O fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. A aprendizagem é organização e integração do novo material na estrutura cognitiva do aprendiz” (AUSUBEL, 1980,2000, p.1).

De acordo com Moreira (2012, p.2), “a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e essa interação não é literal e nem arbitrária”, com isso, entendemos que, o aluno precisa ser capaz fazer essa associação e ter interesse e vontade em aprender. Ainda, de acordo com Moreira (1999, p.8), “a aprendizagem significativa ocorre quando uma gama de novas informações se ancora em

conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz" (MOREIRA, 1999, p.8).

Para Moreira e Buchweitz, (1987, p.6) "à medida que a aprendizagem começa a ter significado, os subsunçores vão se tornando cada vez mais aprimorados e capazes de ancorar novas informações".

Segundo Lima (2016, p.3), "subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto".

Por isso, é importante lembrar que a aprendizagem significativa se distingue pela interação dos conhecimentos prévios e conhecimentos novos, sendo uma interação não-literal e não-arbitrária. Com isso, os novos conhecimentos têm significado ao sujeito e os conhecimentos prévios adquirem uma estabilização cognitiva, tendo novos significados. Moreira (2016, p.8) nos exemplifica que:

Se os conceitos de força e campo já existem na estrutura cognitiva do aluno, esses servirão de subsunçores para novas informações referentes a certos tipos de forças e de campos como, por exemplo, a força e o campo eletromagnéticos. Todavia, este processo de ancoragem da nova informação resulta em crescimento e modificação dos conceitos subsunçores (força e campo). Isso significa que os subsunçores existentes na estrutura cognitiva podem ser abrangentes, bem elaborados, claros, estáveis ou limitados, pouco desenvolvidos, instáveis, dependendo da frequência e da maneira com que serviram de ancoradouro para novas informações e com elas interagiram (MOREIRA, 2016, p.8).

No exemplo acima, a ideia de que o aluno já tem sobre força e campo serviria como subsunçor para novas informações, como por exemplo, o campo gravitacional. E, à medida que esses novos conceitos são aprendidos pelos alunos, de maneira significativa, isso se resulta na elaboração e no crescimento dos conceitos subsunçores iniciais.

Sendo assim, o subsunçor é um conhecimento específico que está presente na estrutura de conhecimento do indivíduo. Ainda, segundo Moreira (2012, p.2):

O subsunçor pode ter maior ou menor estabilidade cognitiva, pode estar mais ou menos diferenciado, ou seja, mais ou

menos elaborado em termos de significados. Contudo, como o processo é interativo, quando serve de ideia-âncora para um novo conhecimento ele próprio se modifica adquirindo novos significados, corroborando significados já existentes (MOREIRA,2012, p.2).

Não basta o professor buscar, apresentar e trabalhar conteúdos que não fazem parte da vivência do aluno, pois a aprendizagem significativa se dá quando os conteúdos ministrados são alinhados e formam uma rede de significados aos estudantes. Desse modo, para que ocorra uma mudança na prática docente, é necessária uma constante busca por novas metodologias, que possibilitem o desenvolvimento de transformações positivas em sala de aula. Nessa perspectiva, “Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios, que servirão de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos que facilitem a aprendizagem subsequente” (MOREIRA, 1999, p.3).

Os organizadores prévios são materiais de introdução aplicados antes do material principal, que devem ser introduzidos com um nível alto de abstração. Assim, como proposto por Ausubel, essa é uma estratégia de manipular a estrutura cognitiva e possibilitar a aprendizagem significativa. Ausubel (1978, p.171), "a principal função do organizador prévio é servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber, para que possa aprender significativamente a tarefa com que se depara". Ou seja, além de facilitar a aprendizagem significativa, os organizadores prévios servem, também, como pontes cognitivas.

“Portanto promover a aprendizagem significativa é parte de um projeto educacional libertador, que visa a formação de homens conscientes de suas vidas e dos papéis que representam nelas. É impossível ensinar liberdade, cerceando ideias, oprimindo participações e ditando verdades” (LIMA,2016, p.4).

2.4 Desenho universal para a aprendizagem

Na década de 1990, nos Estados Unidos, surgiu o conceito de Desenho Universal de Aprendizagem (DUA)², criado por David Rose, Anne Mayer, somados a um grupo de colegas do Center for Applied Special Technology (CAST), que buscou melhorar o ensino-aprendizagem, por meio de princípios e estratégias que relacionam o desenvolvimento curricular (CAST, 2014, p.5). Nesse viés, destaca-se, ainda, que tal abordagem é pouco conhecida ou disseminada no Brasil, a julgar pela escassez de literatura científica sobre o assunto (ZERBATO; MENDES, 2018, p.150).

O DUA é um conjunto de princípios que se baseiam na pesquisa, constituindo um modelo prático que maximiza as oportunidades de aprendizagem para todos os estudantes PAEE³ ou não e tem o objetivo de auxiliar os professores a adotar modos adequados de ensino de aprendizagem, por meio do desenvolvimento de métodos e materiais para trabalhar de forma igualitária, a fim de avaliar o progresso de todos os alunos.

Assim, o professor, ao pensar em uma atividade específica para um aluno em particular, deve pensar de forma diferenciada para ensinar a todos os demais com a mesma atividade (ALVES, et al., 2013, p.5). De acordo com Zerbato e Mendes (2018, p.150):

Ao elaborar materiais concretos para o aprendizado de conteúdos matemáticos para um aluno cego, por exemplo, tal recurso, normalmente, é pensado e adaptado para os alunos-alvo da turma, porém, na perspectiva do DUA, o mesmo material pode ser utilizado por todos da sala de aula, de modo a beneficiar outros estudantes na compreensão dos conteúdos ensinados (ZERBATO; MENDES, 2018, p.150).

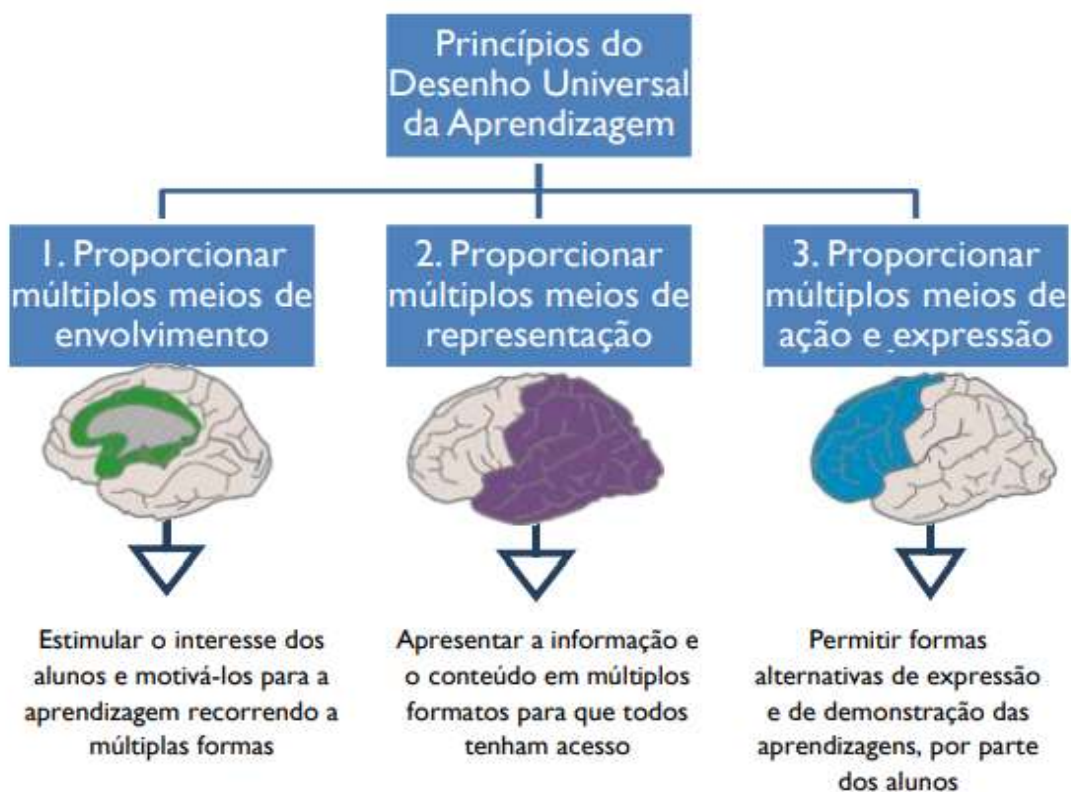
Nesse sentido, os princípios que orientam o DUA se fundamentam em pesquisas científicas de aprendizagem, em que cada aprendiz é diferente e, assim, pode ser possível facilitar o acesso de todos os alunos ao currículo comum. Para isso, CAST desenvolveu três princípios (Figura 6), que orientam

² Em inglês: Universal Design for Learning (UDL).

³ (PAEE) - Professor de Apoio Educacional Especializado

os docentes sobre como trabalhar e tornar suas aulas acessíveis (CAST, 2012, p.2; 2014, p.5; DOMINGS et al., 2014, p.22; MEYER et al., 2014, p.13).

Figura 6-Princípios básicos do DUA



Fonte: National Center On Universal Design for Learning (2014).

Sob essa perspectiva, levando em conta que a motivação desempenha um papel crucial na aprendizagem, o primeiro princípio reconhece que os alunos diferem nos seus interesses e nas formas como podem ser envolvidos e motivados para aprender (COUREY et al., 2012, p.11). Já, no segundo princípio, considera-se que os alunos diferem no modo como percebem e compreendem a informação que lhes é apresentada (CAST, 2011, p.5). Por fim, o terceiro princípio pressupõe que os alunos diferem no modo como podem participar nas situações de aprendizagem e, desse modo, expressar o que sabem (CAST, 2011, p.5), onde podem, além disso, serem capazes de se expressar bem pela fala, mas, não, através da escrita, ou vice-versa.

Silva et al., (2013, p.9) complementa que é importante

Se pensar na “diversidade do processo de aprendizagem” quando se projeta um ensino para todos, pois, se a forma de aprender de cada estudante não for respeitada, corre-se o risco de dar continuidade a um ensino tradicional, homogêneo e excludente, no qual o aluno PAEE e muitos outros não tem vez (SILVA et al., 2013, p.9).

Portanto, a partir dessas reflexões, é possível afirmar que o objetivo do DUA corrobora com a Educação Inclusiva, pois, visa a importância da parceria dos professores especializados com outros profissionais, a fim de se elaborar recursos/materiais, que desenvolvam uma educação flexível, focada em atingir o aprendizado de todos os alunos.

2.5 Introdução à eletrodinâmica

2.5.1 Condutividade

Os materiais são classificados de acordo com a facilidade com que as cargas elétricas se movem no seu interior. As cargas elétricas se movem com facilidade nos condutores, como o cobre dos fios elétricos, o corpo humano e a água de torneira. Já nos isolantes, o contrário acontece: as cargas não se movem, como os plásticos do isolamento dos fios, a borracha, o vidro e a água destilada. Para entendermos melhor, vamos analisar um exemplo de Halliday (2016, p.31) que nos diz que:

Quando esfregamos uma barra de cobre com um pedaço de lã, cargas são transferidas da lã para o cobre. Entretanto, se você segurar ao mesmo tempo a barra de cobre e uma torneira, a barra de cobre não ficará carregada. O que acontece é que você, a barra de cobre e a torneira são condutores que estão ligados, pelo encanamento, a um imenso condutor, que é a Terra (HALLIDAY, 2016, p.31).

Assim, entendemos que como as cargas em excesso colocadas no cobre pela lã se repelem, então, elas se afastam umas das outras passando para a sua mão, depois para a torneira e finalmente para a Terra, onde são espalhadas. O processo deixa a barra de cobre utilizada no exemplo, eletricamente neutra.

Esse comportamento dos condutores e isolantes se deve à estrutura e às propriedades elétricas dos átomos. Os átomos são formados pelos: elétrons (carga elétrica negativa), os prótons (carga elétrica positiva), e os nêutrons (não possuem carga elétrica). Na região central dos átomos, temos os prótons e os nêutrons, essa região é chamada de núcleo.

Quando os átomos de um condutor, como o cobre se unem para formar um sólido, os elétrons afastados do núcleo (submetidos a uma força de menor atração) se tornam livres para vagar pelo material, deixando os átomos positivamente carregados (chamados de íons positivos). Esses elétrons que se moveram recebem o nome de elétrons de condução. Os materiais isolantes possuem um número muito pequeno, ou mesmo nulo, de elétrons de condução. “Apenas os elétrons de condução, que possuem carga negativa, podem se mover; os íons positivos permanecem onde estavam. Assim, para carregar um objeto positivamente, é necessário remover cargas negativas” (HALLIDAY, 2016, p.33).

2.5.2 Corrente elétrica

A corrente elétrica é o movimento de partículas carregadas, mas nem todas as partículas carregadas que estão se movendo produzem uma corrente elétrica. Dessa forma, para que uma corrente elétrica atravesse uma superfície, é preciso que haja um fluxo líquido de cargas através dela.

Halliday (2016, p.320) nos cita dois exemplos que deixarão claro o que queremos dizer:

“-Os elétrons livres (elétrons de condução) que existem no interior de um fio de cobre se movem em direções aleatórias. Então, se ligarmos as extremidades do fio a uma bateria, haverá um fluxo líquido de cargas e, portanto, haverá uma corrente elétrica no fio.”

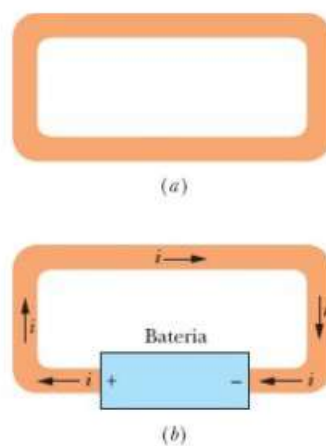
“-O fluxo de água em uma mangueira representa um movimento de cargas positivas (os prótons das moléculas de água). Entretanto, não existe um fluxo líquido de carga, já que existe, também, um movimento de cargas negativas (os elétrons das moléculas de água) que compensa exatamente o movimento das cargas positivas. Em consequência, a corrente elétrica

associada ao movimento da água no interior de uma mangueira é zero” (HALLIDAY, 2016, p.320).

Em um circuito fechado feito de um material condutor, como na Figura 7a, mesmo que exista um excesso de carga, todos os pontos estão com o mesmo potencial. Com isso, mesmo com os elétrons de condução disponíveis, eles não estão sujeitos a uma força elétrica e, portanto, não existe corrente.

No entanto, se introduzimos uma bateria no circuito, como podemos observar na Figura 7b, o potencial é diferente em todo o circuito. Com isso, campos elétricos são criados no interior do material e exercem uma força sobre os elétrons de condução, fazendo-os se moverem, preferencialmente, em um sentido, produzindo uma corrente. “Depois de um pequeno intervalo de tempo, o movimento dos elétrons atinge um valor constante e a corrente entra no regime estacionário (deixa de variar com o tempo)” (HALLIDAY, 2016, p.321).

Figura 7-(a) Um fio de cobre em equilíbrio eletrostático. O fio inteiro está ao mesmo potencial e o campo elétrico é zero em todos os pontos do fio. (b) A bateria produz um campo elétrico no interior do fio, que faz com que cargas elétricas se movam no circuito. Esse movimento de cargas constitui uma corrente i .



Fonte: Halliday (2016, p. 321).

A figura abaixo mostra uma seção reta de um condutor, parte de um circuito no qual existe uma corrente.

Figura 8-A corrente i que atravessa o condutor tem o mesmo valor nos planos aa' , bb' e cc' .



Fonte: Halliday (2016, p.322).

Se uma carga dq passa por um plano hipotético (como aa') em um intervalo de tempo dt , a corrente i nesse plano é definida como:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

Utilizando a integração, podemos determinar a carga que passa pelo plano no intervalo de tempo de 0 a t :

$$q = \int dq = \int_0^t i dt, \quad (2)$$

em que a corrente i pode variar com o tempo.

“No regime estacionário, a corrente é a mesma nos planos aa' , bb' e cc' e em qualquer outro plano que intercepte totalmente o condutor, seja qual for a localização ou orientação desse plano” (HALLIDAY, 2016, p.322). Sendo uma consequência do fato de que a carga é conservada.

Ainda, no regime estacionário, para cada elétron que passa pelo plano cc' , um elétron deve passar pelo plano aa' . Com isso, “quando um fluxo contínuo de água está passando por uma mangueira, para cada gota que sai pelo seu bico, uma gota deve entrar na outra extremidade; assim, a quantidade de água na mangueira, também, é uma grandeza conservada” (HALLIDAY, 2016, p.322).

A unidade de corrente do SI é o coulomb por segundo, ou ampère, representado pelo símbolo A:

$$1 \text{ ampère} = 1 \text{ A} = 1 \text{ coulomb por segundo} = 1 \text{ C/s.}$$

2.5.3 Resistência

Ao aplicar a mesma diferença de potencial nas extremidades de barras de dimensões iguais feitas de cobre e de vidro, os resultados são muito diferentes. A característica que determina a diferença no material é a resistência elétrica. A resistência é medida entre dois pontos de um condutor, aplicando uma diferença de potencial V entre esses pontos e medindo a corrente i resultante. A resistência R é dada por:

$$R = \frac{V}{i} \quad (3)$$

Na Eq.3, a unidade de resistência do SI é o volt por ampère. A unidade que representa essa combinação é o ohm (Ω). Assim,

$$1\text{ohm} = 1\Omega = 1 \text{ volt por ampère} = 1V/A.$$

Quando escrevemos a equação de resistência na forma de corrente, temos:

$$i = \frac{V}{R}, \quad (4)$$

De acordo com a Eq.4, percebemos quanto maior a resistência (à passagem de corrente), menor a corrente, ou seja, são inversamente proporcionais.

A resistência de um condutor depende de como a diferença de potencial é aplicada. Na Figura 9, por exemplo, temos a mesma diferença de potencial, mas aplicadas de duas formas diferentes no mesmo condutor. “Como se pode ver pelas linhas de corrente, nos dois casos, elas são diferentes; portanto, as resistências também são diferentes” (HALLIDAY, 2016, p.334). Vamos supor que as diferenças de potenciais são aplicadas aos condutores como na Figura 9b.

Figura 9-No arranjo (a) em que os contatos se estendem apenas a uma pequena região das extremidades do condutor, a resistência é maior que no arranjo (b), em que os contatos cobrem toda a superfície das extremidades do condutor.



Fonte: Halliday (2016, p.334).

“Em vez de lidar com a corrente i no resistor, lidamos com a densidade de corrente J no ponto em questão” (HALLIDAY, 2016, p.334). Não falaremos da resistência (R) de um componente, mas sim da resistividade (ρ) do material:

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (4)$$

Combinando as unidades de E e J do SI de acordo com a Eq.4, obtemos, para a unidade de ρ , o ohm-metro ($\Omega \cdot m$):

$$\frac{\text{unidade de } E}{\text{unidade de } J} = \frac{\frac{V}{m}}{\frac{A}{m^2}} = \frac{V}{A} m = \Omega \cdot m$$

Halliday (2016, p.334), alerta sobre “não confundir o ohm-metro, que é a unidade de resistividade do SI, com o ohmímetro, que é um instrumento para medir resistências.” Escrevendo a Eq.4 na forma vetorial:

$$\vec{E} = \rho \vec{J} \quad (5)$$

As Eqs. 4 e 5 são válidas apenas para os materiais cujas propriedades são as mesmas em todas as direções (HALLIDAY,2016, p.334).

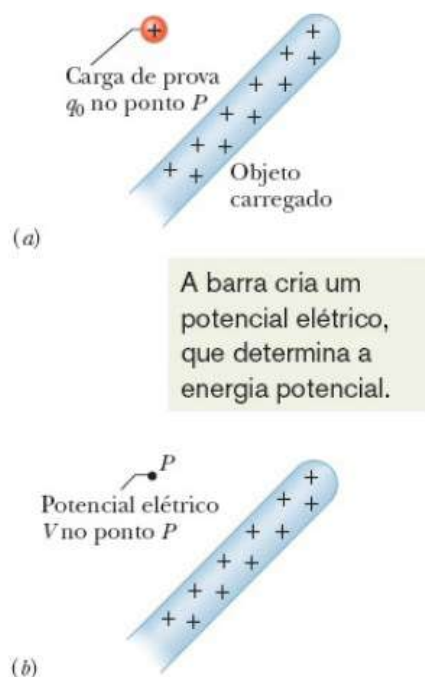
2.5.4 Tensão

Definindo o potencial elétrico em termos da energia potencial elétrica., podemos calcular a energia potencial gravitacional U de um objeto atribuindo o valor referencial de $U=0$ (posição no nível do solo). Podemos, também, determinar o trabalho W , em que a força gravitacional realiza quando o objeto é deslocado para outro nível e, com isso, definindo a energia potencial:

$$U = -W \quad (6)$$

Na figura 10a, nosso interesse é calcular a energia potencial U do sistema, formado por uma barra carregada e uma carga de prova positiva q_0 situada no ponto P .

Figura 10a-(a) Uma carga de prova foi deslocada do infinito até o ponto P , na presença do campo elétrico criado pela barra. (b) Definimos um potencial elétrico V no ponto P com base na energia potencial da configuração mostrada em (a).



Fonte: Halliday (2016, p.77).

Para começar, definimos uma configuração de referência, ou seja, $U=0$, e vamos supor que a energia potencial é nula, assim, quando a carga de prova está a uma distância infinita da barra, não será afetada pelo campo elétrico produzido pela barra. O passo seguinte é calcular o trabalho necessário para deslocar a carga de prova do infinito até o ponto P , para formar a configuração da Figura 10a. A energia potencial da configuração final é dada pela Eq.6, em que W agora é o trabalho realizado pela força elétrica sobre a carga de prova. Usaremos a notação W^∞ para indicar a referência da carga a uma distância infinita da barra. O trabalho (energia potencial) depende do sinal da carga da barra, que pode ser positivo ou negativo.

Assim, definindo o potencial elétrico V no ponto P , em termos do trabalho realizado pelo campo elétrico, a energia potencial resultante é dada pela equação:

$$V = -\frac{W_{\infty}}{q_0} = \frac{U}{q_0} \quad (7)$$

A energia potencial por unidade de carga quando uma carga de prova q_0 é deslocada do infinito até o ponto P , denomina-se o potencial elétrico no ponto P . Mesmo na ausência da carga de prova, a barra cria esse potencial V no ponto P (Figura 10-b). De acordo com a Eq.7, sabemos que o potencial elétrico é uma grandeza escalar, uma vez que tanto a energia potencial como a carga são grandezas escalares. A unidade de potencial elétrico do SI é o joule por coulomb, sendo chamado de volt (V), podendo ser representada:

$$1 \text{ volt} = 1 \text{ joule por coulomb.}$$

Nesse sentido, fazendo as conversões de unidades, substituímos a unidade de campo elétrico, Newtons por Coulomb, por uma unidade mais conveniente, volts por metro:

$$1 \frac{N}{C} = \left(\frac{1N}{C}\right) \left(\frac{1V}{1J}\right) \left(\frac{1J}{1N.m}\right) = 1V/m \quad (8)$$

2.5.5 Circuitos

Para manter uma diferença de potencial entre os terminais, uma fonte de tensão realiza um trabalho sobre as cargas elétricas. Se dW é o trabalho que a fonte realiza para fazer com que uma carga atravesse a fonte do terminal negativo para o terminal positivo, a força eletromotriz da fonte é dada por:

$$\mathcal{E} = \frac{dW}{dq} \quad (9)$$

“A força eletromotriz (fem) de uma fonte é o trabalho por unidade de carga que a fonte realiza para transferir cargas do terminal de baixo potencial para o terminal de alto potencial” (HALLIDAY, 2016, p.375). A unidade de força eletromotriz do SI é Joule por Coulomb, e como já vimos acima, essa unidade é chamada de volt.

Uma fonte ideal é uma fonte cuja resistência interna é zero. A diferença de potencial entre os terminais de uma fonte ideal é igual à força eletromotriz. As fontes reais possuem uma resistência interna diferente de zero. A diferença de potencial entre os terminais de uma fonte real é igual à força eletromotriz apenas se a corrente que atravessa a fonte for nula (HALLIDAY, 2016, p.371).

Resistores ligados em série são atravessados pela mesma corrente e podem ser substituídos por um resistor equivalente (total) cuja resistência é dada por:

$$R_{eq} = \sum_{j=1}^n R_j \quad (10)$$

onde (n resistências em série) (HALLIDAY, 2016, p.372).

3 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional desenvolvido é composto por um material instrucional que contém (i) textos que discutem os conceitos de corrente elétrica, tensão, resistência e associação de resistores e (ii) descrição das atividades práticas propostas (Apêndice A).

O Quadro 2 mostra uma visão geral das quatro atividades práticas desenvolvidas, indicando os conceitos principais abordados e o aparato utilizado.

Quadro 2: Conceitos e aparatos utilizados nas atividades

| Atividade | Conceitos | Aparato |
|-----------|---|--|
| 1 | Constituição do átomo, discutindo com os alunos qual seria o elétron livre que permite que o material conduza com mais ou menos facilidade. Trabalhou-se a condutividade. | Maquete do modelo atômico de Bohr. |
| 2 | Funcionamento da Corrente Elétrica, da Tensão e da Resistência. | Dois experimentos inclináveis para o contato tátil, um com pregos (resistência) e o outro sem pregos. |
| 3 | Associação em Série e Paralelo e como se comporta as correntes elétricas nos dois circuitos. | Dois circuitos (série e paralelo) montados em um pedaço de madeira com palitinhos de sorvete e esferas (bolinhas de gude) para percorrer o circuito. |
| 4 | Medições de Resistência, Corrente e Tensão e o comportamento dessas grandezas em cada tipo de | Protoboard em escala aumentada, plaquinhas com resistores impressas em 3D, multímetro com Arduino e |

| | | |
|--|-------------|---------------------------------------|
| | associação. | comunicação oral via microcomputador. |
|--|-------------|---------------------------------------|

Fonte: A autoria própria (2020).

Todas as atividades práticas foram planejadas pelos autores, que almejavam, quando possível, uma postura investigativa por parte dos alunos, de tal modo que participassem da resolução de problemas, pudessem analisar o material e tirar suas próprias conclusões. Assim, o professor se torna um desafiador e um levantador de questões, que pode auxiliar o aluno a realizar as atividades e a construir seu próprio conhecimento.

A seguir, serão descritos os materiais físicos utilizados em cada atividade.

3.1 Atividade 1 – Modelo atômico

O modelo atômico foi abordado neste trabalho, visto que para a discussão dos conceitos de corrente elétrica e condutividade, é necessário que o aluno tenha conhecimento da estrutura de um átomo, sua composição e as posições que ocupa.

Para isso, foi feito um modelo atômico tátil, utilizando seis bolinhas de isopor para compor o núcleo, nas quais, em duas delas, colamos areia para dar uma diferença das outras duas bolinhas. Ao redor, utilizou-se cola quente para fazer as camadas de valência e, posteriormente, realizou-se a pintura (uma vez que esse material pode ser utilizado para alunos videntes) como apresentado na Figura 11. Pensando na comodidade do aluno deficiente visual, por fim, colocamos a escrita em Braille.

Figura 11-Modelo Atômico.



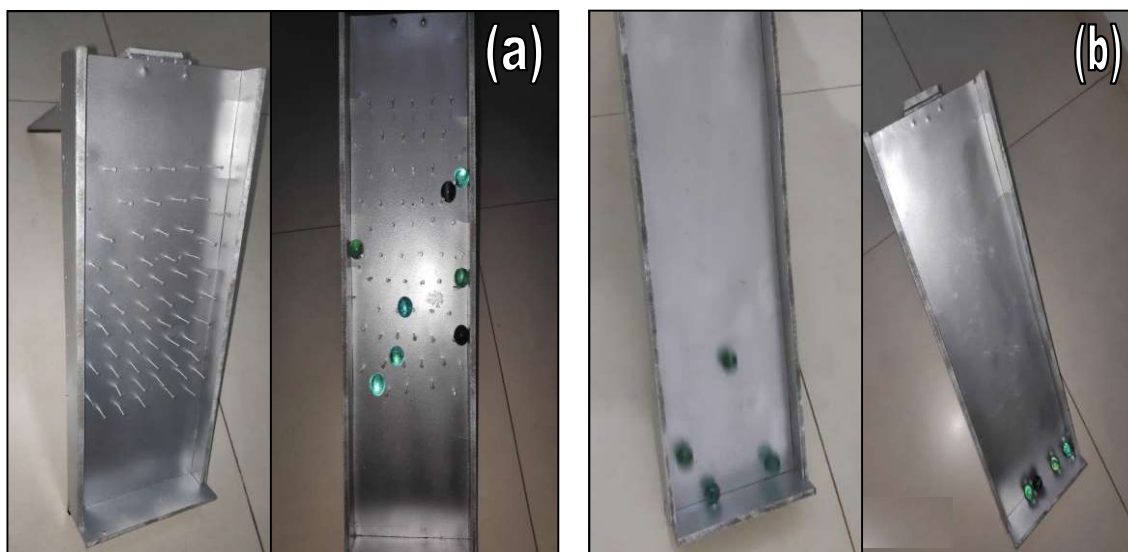
Fonte: Autoria própria (2020).

3.2 Atividade 2 - Corrente elétrica, diferença de potencial e resistência

O objetivo dessa atividade é que o aluno entenda a diferença de potencial por meio da inclinação do material e, conseqüentemente, entenda conceitos de corrente elétrica e resistência elétrica.

Para isso, foi montado dois experimentos inclináveis de madeira, em um deles, foram colocados pregos para simbolizar a resistência. Posteriormente, usou-se bolinhas de gude que, ao serem colocadas nos experimentos, representam as correntes elétricas passando pelo fio. Para finalizar, uma pequena tira de borracha foi colocada para gerar o atrito e deixar o experimento estável e inclinado.

Figura 12- Planos inclinados (a) com e (b) sem pregos para estudo da influência das alturas e presença dos pregos no movimento das bolinhas.



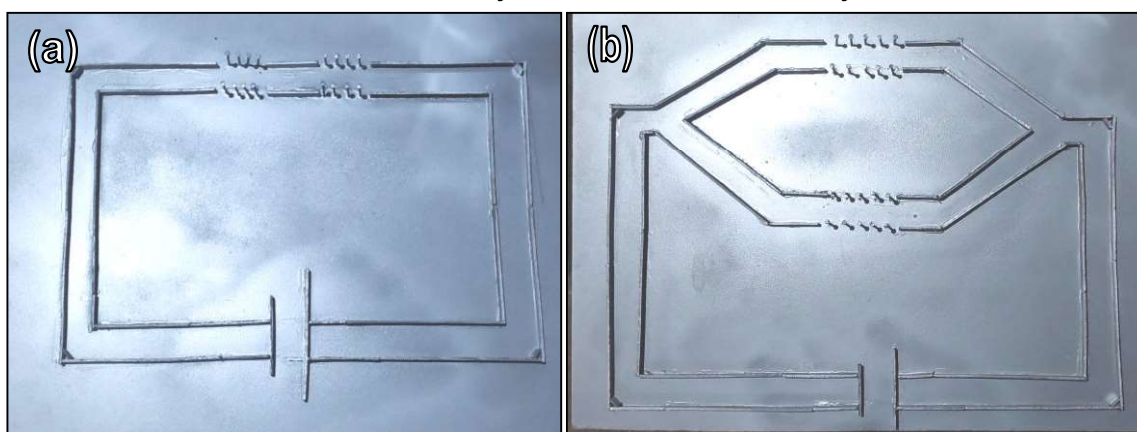
Fonte: Autoria própria (2020).

3.3 Atividade 3 - Associação em Série e Paralelo

Tem como objetivo o entendimento da associação em série e paralelo, onde tanto o aluno deficiente visual e/ou o aluno vidente consigam entender quando o circuito está em série e paralelo.

Para a montagem desse experimento, colou-se em uma tábua de madeira, vários palitinhos de sorvetes, simbolizando o caminho a ser percorrido pelas bolinhas de gude (corrente elétrica) e no lugar dos resistores, colocou-se, novamente, os pregos, seguindo a analogia da atividade 2.

Figura 13- Associações de resistores sendo (a) em série e (b) paralelo para percepção dos alunos a diferença tátil entre as duas associações.



Fonte: Autoria própria (2020).

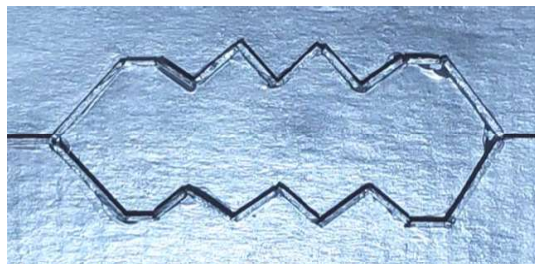
3.4 Atividade 4 – Medições de resistência, corrente e tensão

O produto desenvolvido é composto de:

1. Placa para montagem do circuito e resistores adaptados.
2. Multímetro confeccionado com placa Arduino.
3. Material instrucional digital para estudo do conteúdo e realização das atividades.

Em uma atividade prática de associação de resistores, o professor demonstrou o circuito visualmente para os alunos. No caso dos alunos com deficiência visual, foram confeccionados desenhos em alto relevo, para que seja possível identificar os componentes presentes no circuito. Previamente, cada um dos elementos eletrônicos envolvidos na atividade foi apresentado isoladamente para eles (alunos), a fim de que pudessem identificá-los posteriormente.

Figura 14-Símbolos de resistores em alto relevo.



Fonte: Autoria própria (2020).

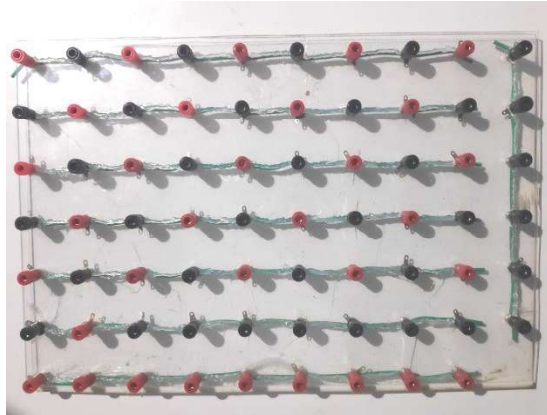
Assim, com esses modelos produzidos em alto relevo, esperamos que o aluno possa, através do tato, encontrar o resistor, bem como, os outros componentes dentro do circuito.

A placa para construção do circuito é uma versão do *protoboard* com dimensões maiores e com redução de número de pontos de contato. A placa é feita de um material acrílico e os bornes utilizados para inserção dos dispositivos elétricos são do tipo “banana”. Então, colocamos os fios e as conexões elétricas dos bornes entre duas placas de acrílico eliminando, assim, qualquer risco de choque elétrico.

Ao contrário da *protoboard* convencional na qual a conexão entre os bornes não é visualizada pelo usuário, nesse caso, temos um material de alto

revelo em cima das ligações para identificar, de modo tátil, as conexões e, desse modo, facilitar a identificação dos circuitos.

Figura 15-Protoboard em escala aumentada



Fonte: Autoria própria (2020).

Os resistores foram colocados em uma pequena placa retangular (confeccionada em impressora 3D), assim como mostra a Figura 16.

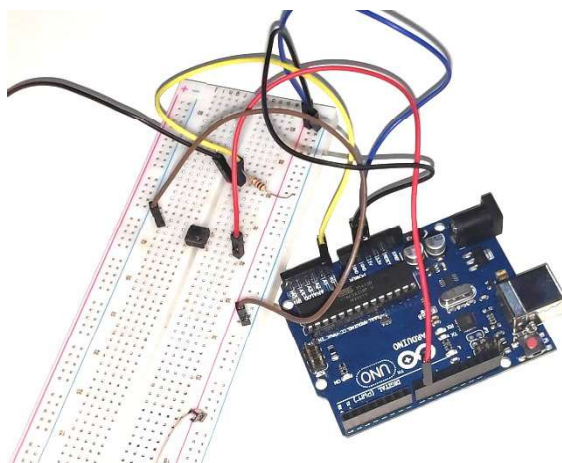
Figura 16-Resistores acoplados a plaquinha 3D



Fonte: Autoria própria (2020).

Para a leitura de tensão e resistência, utilizamos um Arduino, que, em seguida, teve os dados obtidos encaminhados para um computador, que por meio do software *Idle Python*, transmitiu ao usuário a leitura realizada de modo sonoro.

Figura 17-Arduino Uno e a montagem do circuito na protoboard convencional para funcionamento.



Fonte: Autoria própria (2020).

Neste trabalho, utilizamos o Arduino UNO, que é uma pequena placa de circuitos (pode ser entendido como uma plataforma eletrônica), mas, existem versões aprimoradas, estamos utilizando a versão básica. A placa tem fácil manuseio, o que facilita a construção dos experimentos físicos e de circuitos eletrônicos. Também, possui 14 pinos digitais de entrada e saída e 6 pinos com entradas analógicas e é alimentado pela conexão USB. Toda programação de leitura de corrente, tensão e resistência foi programada no Arduino e acoplada a uma *protoboard* convencional. Na sequência, montamos o circuito básico e, por meio do Arduino, realizamos as leituras e o transformamos, com ajuda do microcomputador, em áudio para o deficiente visual.

4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

4.1 Sujeitos da pesquisa

O trabalho foi aplicado no Colégio Sesi, na cidade de Umuarama-PR e na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), na cidade de Campo Mourão-PR.

Na UTFPR, foi aplicado a um aluno regular do segundo período da Engenharia Civil. Com deficiência visual desde pequeno, o aluno possui apenas 4% e 6% da visão. No colégio Sesi, participaram dois alunos do 2º e 3º ano, sem deficiência visual.

Os experimentos adaptados ao deficiente visual podem ser trabalhados, também, com os alunos videntes, pois acreditamos que este material seja válido para todos os estudantes, uma vez que é bem didático e prático.

Segundo Camargo (2005, p.10), para que uma aula para alunos com deficiência visual possa ser considerada inclusiva, algumas condições devem ser observadas:

- 1) Desmitificar a ideia de que o conhecer depende do ver;
- 2) Consequentemente, valorizar a ideia do “conhecer sem ver”. Nesse sentido, torna-se necessária a contribuição dos outros sentidos (audição, tato, gustação, percepção espacial, etc.);
- 3) Considerar as experiências prévias dos alunos, para que ocorra a aprendizagem significativa;
- 4) Oferecer ao aluno condições de observar o fenômeno e de aprender fazendo. (CAMARGO, 2005, p.10).

4.2 Caracterização da pesquisa e coleta de dados

O trabalho utiliza uma metodologia qualitativa, utilizando um dos atributos epistemológico-metodológico que é o construtivo-interpretativo, acreditando no envolvimento dos participantes na pesquisa e, também, em uma interação no decorrer do processo da construção do conhecimento, que é

de suma importância para o desenvolvimento da pesquisa. De acordo com Lüdke e Andre (2013, p.12):

as pesquisas qualitativas os dados coletados são predominantemente descritivos, partindo da análise do pesquisador e de sua compreensão do todo para a reflexão sobre o que pode ser ou não elucidado, pois a descrição deve possibilitar um diálogo com o objeto. A pesquisa qualitativa então trabalha com o sentido de inteligência do pesquisador (LÜDKE; ANDRE, 2013, p.12).

Nessa abordagem:

o sujeito participante da pesquisa é compreendido a partir de sua expressão aberta, autêntica, capaz de expressar seus desejos, necessidades e contradições, processos esses que não aparecem de forma direta na palavra, mas através de elementos indiretos que recebem significado pela interpretação do pesquisador (REY, 2010, p.333).

Nesse viés, essa prática experimental tem o intuito de que os alunos com deficiência visual participem, ativamente, das aulas, sendo instigados a pensar sobre o experimento. Além disso, essa atenção integradora faz com que “de maneira similar ao vidente, ele acumule experiências de todo o tipo, passando a exigir não, apenas, o entendimento de situações particulares, mas, também, do mundo em que vive” (CAMARGO, 2005, p.12).

Por conseguinte, cabe ressaltar que o tempo de aplicação das atividades foi de 5h/aula, onde foram trabalhados os conteúdos teóricos, juntamente, aos experimentos práticos táteis. A coleta de dados ocorreu por meio de gravação de áudio, observações do professor e questionários, tanto em relação aos resultados obtidos na atividade, quanto à usabilidade do material utilizado.

A observação se constitui como um dos principais instrumentos de coleta de dados, pois além de envolver variadas fontes, o observador pode recorrer aos conhecimentos e experiências pessoais como complemento no processo de compreensão e interpretação dos fenômenos estudados, pois permite que o observador chegue mais perto da perspectiva dos sujeitos estudados, permitindo, assim, a coleta de dados em situações em que é impossível estabelecer outras formas de levantamento ou outras formas de comunicação (LÜDKE; ANDRE, 2013, p.12).

5 RELATO DE EXPERIÊNCIA

O relato está separado por temas, sendo apresentados junto às respostas dos alunos, sendo chamados de (A1) o aluno de 2ºano, (A2) o aluno de 3º ano e (A3) o aluno deficiente visual.

Assim, de acordo com a atividade experimental investigativa, em todos os exercícios foram levantadas questões iniciais, a fim de diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos. Nesse âmbito, ressaltamos, também, que toda a prática foi desenvolvida de forma espontânea, baseada na teoria construtivista, existindo uma troca de experiências entre professor e aluno. Segundo Piaget, (1970, p.30) “o que se deseja é que o professor deixe de ser apenas um conferencista e que estimule a pesquisa e o esforço, ao invés de se contentar com a transmissão de soluções já prontas” (PIAGET, 1970, p.30).

5.1 Condutividade

Primeiramente, iniciamos a aula com um questionamento sobre um fato corriqueiro na vida cotidiana e, também, relacionado ao assunto que abordaríamos durante o encontro, pois, de acordo com Moreira (2008, p.3), “organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si. Não implica que o mesmo seja necessariamente um texto; pode ser um filme, uma discussão, uma frase, uma dramatização” (MOREIRA, 2008, p.3). Segundo Ausubel (2000, p.7), “a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que aprendiz já sabe e o que ele deveria saber a fim de que o novo material pudesse ser aprendido de forma significativa” (AUSUBEL, 2000, p.7).

A pergunta inicial foi se eles sabiam o porquê de a água do chuveiro esquentar e como era o funcionamento do chuveiro. Os alunos A1 e A2 disseram não saber como o chuveiro funcionava, mas, mencionaram que estaria relacionado a estar “ligado na energia” e a presença de resistores. O aluno A3 foi mais claro ainda, descrevendo que “*O chuveiro tem uma resistência e a energia passa por esse resistor, que vai esquentar pela corrente que vai passar no resistor, isso gera calor que esquentar a água*”.

No chuveiro elétrico, o resistor transforma energia elétrica em energia térmica. Apesar de não declararem dessa forma, identificamos que os alunos

tinham conhecimento do que se tratava um resistor e qual uma das funções deles em um circuito.

Continuamos o diálogo e iniciamos a discussão de conceitos básicos relacionados à eletrodinâmica: condutividade elétrica e corrente elétrica.

Após uma conversa sobre choques elétricos, iniciamos uma conversa sobre o que seriam materiais condutores e isolantes. Os alunos A1 e A2 disseram, apenas, que a madeira era isolante e que “Nós não conduzimos choque”. O aluno A3 foi mais extenso em sua resposta, mencionando que “Isolantes, isola a energia, como o plástico. Já os condutores vão conduzir essa energia, como o cobre. Nós seres humanos somos mais condutores do que isolantes”.

Para análise do conhecimento prévio dos alunos, mais duas perguntas foram lançadas.

1. Professor: Você sabe o que é corrente elétrica?

A1: O choque que tomamos ao pegar em um fio?

A2: Corrente de energia das casas.

A3: “É uma força que não dá para pegar, que vai passar ou vai sentir se pegar no fio”.

2. Professor: Que partículas percorrem um fio quando uma corrente elétrica está passando por ele?

A1: Eu acho que é o choque.

A2: Átomos.

A3: “Átomos passando com grande velocidade”.

Notamos na primeira pergunta, que os alunos relacionam corrente elétrica com situações bem cotidianas, associadas ao “choque” e à “energia das casas”, sem utilizar um vocabulário científico. Na segunda pergunta, vemos um erro conceitual bem claro, a possibilidade de um átomo se mover e gerar uma corrente elétrica em um fio.

Com o intuito de discutir a real constituição de uma corrente elétrica, iniciamos a abordagem sobre a constituição do átomo por meio das partículas elementares.

3. Professor: Você sabe como é constituído um átomo?

A1: De substâncias, não sei ao certo.

A2: *Prótons e elétrons eu acho.*

A3: *Não tenho ideia o que possa ter dentro de um átomo.*

Posteriormente, explicamos aos alunos que existem materiais que são bons condutores, como metais, (o cobre, por exemplo, muito utilizados nas fiações elétricas), a água (não pura, contendo sais minerais) e, conseqüentemente, nós, também, somos condutores, pois podemos transmitir uma descarga elétrica em uma pessoa em que estejamos em contato. Em seguida, foi abordada a constituição do átomo e a possibilidade de os elétrons poderem se “desprender” dele, definindo se um material é um bom ou mau condutor (isolante).

A seguir, os alunos manusearam uma representação em alto relevo do modelo atômico de Bohr (atividade 1), como mostra a Figura 18, enquanto dialogávamos.

Figura 18-Alunos manuseando a representação do átomo de lítio.



Fonte: Autoria própria (2020).

4. Professor: *Você notou que tem 6 (seis) bolinhas com relevos diferentes no centro? O que representam?*

A1: *Átomo.*

A2: *Prótons e elétrons.*

A3: *“Os relevos diferentes são as cargas positivas e negativas e representam o núcleo do elétron”.*

5. Professor: *O que podem ser essas linhas circulares ao redor do centro?*

A1: *Não lembro.*

A2: *Camadas eletrônicas, não lembro o nome ao certo.*

A3: *“Camadas de valência, dos elétrons”.*

6. Professor: *Se fosse para gente tirar um elétron destes que estão aí, qual seria o mais fácil de “desgrudar” do átomo?*

A1: *Eu chuto que a última bolinha, não sei explicar o porquê.*

A2: *O último, porque está mais longe, na minha opinião.*

A3: *O último, porque ele está sozinho e precisa fazer parcerias”.*

Diante de todas essas respostas, durante a atividade 1, concluímos que é necessário “relembrar” como é a estrutura atômica, uma vez que identificamos que os alunos apresentam conhecimentos insuficientes ou incorretos sobre o tema.

A atividade foi finalizada com explicação sobre o tema, indicando as partículas que estavam presentes na representação do átomo de lítio (representado na maquete), o que seriam e os círculos ao redor do núcleo e os elétrons livres.

5.2 A diferença de potencial e sua relação com a corrente elétrica

Iniciamos a abordagem sobre potencial elétrico com duas perguntas iniciais, dadas abaixo com as respectivas respostas dos alunos.

7. Professor: *Como podemos ter um movimento ordenado dos elétrons, ou, como podemos gerar uma corrente elétrica?*

A1: *Usando ímãs próximos do fio para ordenar.*

A2: *Colocando na tomada.*

A3: *Acho que pode surgir a corrente pela movimentação dos elétrons.*

8. Professor: *Vocês já viram sobre a diferença de potencial elétrico? Como ele é denominado, geralmente, em nosso dia a dia?*

A1: *Não sei, não lembro muito bem.*

A2: *Através da tensão.*

A3: *Não, eu não tenho ideia.*

Nota-se que o aluno A2 tem uma noção clara da necessidade de uma tensão (utilizando justamente este termo) para gerar corrente. No entanto, no

caso de A1, o aluno está associando a ordenação dos elétrons com a força magnética.

A seguir, apresentamos aos alunos duas rampas (atividade 2), como mostra a Figura 19, que foi possível de ser manuseada, começando pela rampa sem pregos.

Figura 19-Alunos realizando a atividade 2 utilizando duas rampas (1) com pregos e (2) sem pregos.



Fonte: Autoria própria (2020).

9. Professor: Você sabe o que é tensão e resistência?

A1: Tensão que um bloco exerce na corda. Resistência é do chuveiro, mas não sei explicar.

A2: Força que a corrente elétrica tem. Resistência que esquenta a lâmpada e o chuveiro.

A3: Tensão é a quantidade de corrente elétrica que vai passar em um fio e a resistência é quanto que aquilo vai aguentar.

Nota-se que o aluno A1 está tentando estabelecer uma conexão com o que ele aprendeu no 1º ano. Como visto no capítulo 2.3, isso é um subsunçor e, agora, com esse experimento, a palavra tensão terá um significado para ele. Moreira (2016, p.5), afirma que um subsunçor é usado tanto para integrar as novas ideias a conceitos, basicamente similares, existentes na estrutura cognitiva, como para aumentar a discriminabilidade entre ideias novas e outras já existentes, as quais são, essencialmente, diferentes apesar de parecerem similares a ponto de confundir (MOREIRA, 2016, p.5).

10. Professor: Cite exemplos sobre o que você acha que venha a ser cada grandeza.

A1: Não soube responder.

A2: A tensão é da tomada e o chuveiro como resistência.

A3: Tensão é 110 e 220volts e resistência quantos ampères aguenta.

11. Professor: Como relacioná-las com o experimento em suas mãos?

A1: Balançando o experimento.

A2: Eu acho que inclinando.

A3: Não consigo explicar, tenho algo na minha cabeça, mas não sei dizer.

12. Professor: Se você inclinar esta rampa, será que acontece algo com as bolinhas de gude?

A1: Elas se movem.

A2: As bolinhas de gude descem pela rampa.

A3: As bolinhas de gude vão se movimentar e na rampa sem obstáculos os elétrons vão fluir mais rápido.

13. Professor: Qual a função das bolinhas de gude neste estudo? Você pensou nisso? Conseguiu identificar?

A1: Descer a rampa.

A2: Representar os elétrons.

A3: As bolinhas de gude são os elétrons descendo a rampa.

14. Professor: O que seria esse fluxo das bolinhas de um lado para o outro da rampa?

A1: Energia.

A2: Os elétrons passando.

A3: Os elétrons.

Podemos notar, que os alunos A2 e A3 não sabiam definir o que era corrente elétrica quando questionados “Que partículas percorrem um fio quando uma corrente elétrica está passando por ele”, mas agora já fazem analogia e identificam que o elétron constitui a corrente elétrica. Ou seja, há uma mudança de conceitos.

15. Posteriormente, o professor forneceu a segunda rampa, com pregos e também fez algumas análises com eles.

Professor: O som de colisão das bolinhas se tornou frequente?

A2: Sim, tem maior colisão com os pregos.

A3: Sim, mais barulho.

16. Professor: O tempo de descida das bolinhas de gude é o mesmo do que analisado no experimento anterior?

A1: Não, neste experimento desce devagar por conta dos pregos.

A2: Não, agora demora mais para as bolinhas chegarem ao fim da rampa.

A3: Não, foi mais lento.

17. Professor: O que atrapalha a descida das bolinhas de gude? Você conseguiu identificar sua função?

A1: Os pregos, dificultam a bolinha de passar.

A2: Os pregos, são os resistores.

A3: As resistências, representadas pelos preguinhos.

Nessa atividade, tivemos o objetivo de fazer uma analogia entre a resistência elétrica e os pregos e entre as esferas e os elétrons. Após a experiência, consideramos pelas falas, que os alunos conseguiram identificar essas analogias, em especial, os alunos A2 e A3. Com isso, é interessante ressaltarmos que o aluno A3, em especial, evidenciou indiretamente em suas respostas que se utilizou da audição para análise da atividade, identificando “mais barulho”.

Durante todo exercício, as perguntas do professor, indicações e observações realizadas pelos alunos foram conduzidas com caráter investigativo. Para Azevedo (2004,p.2), em uma atividade investigativa “o aluno deve refletir, discutir, explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica” (AZEVEDO, 2004, p.2).

Por fim, após realizarmos essa atividade, utilizando os conhecimentos prévios expressos e as observações levantadas pelos alunos, explicamos o que seria uma diferença de potencial elétrico utilizado em nosso cotidiano e como é a relação de diferença de potencial gravitacional - movimento das esferas pode ser análoga à diferença de potencial elétrico – e o movimento dos elétrons. Do mesmo modo, também, discutimos a função dos pregos na rampa com a função dos resistores nos circuitos elétricos.

5.3 Associação de resistores e relação com corrente elétrica

Nesta próxima aplicação, foram apresentadas e analisadas associações de circuitos em série e em paralelo.

18. Professor: Você sabe o que é circuito elétrico?

A1: Não sei explicar o que eu acho que pode ser.

A2: Eu penso que por onde passa o choque.

A3: Não tenho uma noção como funciona.

19. Professor: Vocês sabem o que são associações de resistores? E como se comportam as correntes em cada uma dessas associações.

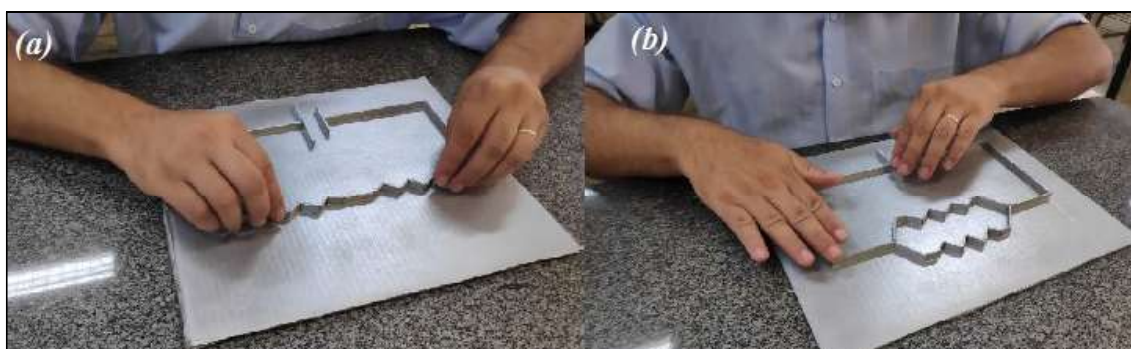
A1: Série eu sei que é seguido e paralelo é lado a lado, mas não entendo na prática como ficaria um circuito assim.

A2: Igual no experimento anterior, vários pregos formam uma associação de resistores.

A3: Não sei como se dá isso, não sei como vai se comportar.

Então, antes de iniciarmos a atividade, dispomos um desenho em alto relevo, Figura 20, onde os alunos puderam tatear um circuito em série e paralelo. De modo especial ao aluno deficiente visual (A3), uma vez que ele não sabia como se davam as associações, pois sempre foi lhe apresentado de modo visual e não tátil.

Figura 20-O aluno A3 fazendo as percepções táteis das associações (a) em série e (b) paralelo.



Fonte: Autoria própria (2020).

Em seguida, para realização da atividade 3, disponibilizamos aos alunos duas representações de associação de resistores, em série e em paralelo, para

eles explorarem como as esferas poderiam se mover ao longo do caminho delimitado, como mostra a Figura 21.

Figura 21-Aluno A3 realizando a atividade 3 com a representação do circuito elétrico em (a) série e em (b) paralelo



Fonte: Autoria própria (2020)

O professor foi orientando com o propósito que os alunos levantassem hipóteses e explorassem o material, a fim de poderem investigar.

20. Professor: O que te chama atenção no circuito?

A1: *Que um deles está separando.*

A3: *Os pregos.*

21. Professor: Consegue identificar qual o circuito em série e em paralelo?

A2: *Analisando o experimento visto, penso que em série é o que não se divide e o paralelo divide, pelo menos, foi o que me chamou a atenção olhando o circuito.*

A3: *O circuito simples (série) tem um único caminho, o outro está mais complexo, se dividindo, sendo paralelo.*

Enquanto eles deslocavam as bolinhas ao longo do circuito, explicou-se que, analogamente, há elétrons em movimento (corrente elétrica), passando pelos circuitos. Posteriormente, os alunos foram questionados:

22. Professor: Você reparou que em um deles você terá dois caminhos para percorrer? Sabe dizer previamente o porquê?

A1: *Notei que tem dois caminhos, mas não sei explicar o porquê.*

A2: *São associações em série e paralelo.*

A3: *Sim, ele se divide, mas não sei dizer o porquê, talvez por ter dois caminhos.*

23. Professor: Concluindo, quais as diferenças entre a nossa “corrente elétrica” em um circuito elétrico em série e em paralelo?

A1: Ela se separa no paralelo.

A2: No paralelo ela tem dois caminhos para percorrer, em série não.

A3: Um não se divide e o outro divide.

De acordo com os autores Ferreira et al.,(2010, p.3); Galiazzi et al., (2001, p.2), “quando se emprega a atividade experimental como recurso pedagógico, não se pode esquecer de realizar uma discussão sobre os conceitos científicos envolvidos, senão o experimento perde todo o seu caráter pedagógico. ” Nesse sentido, cabe salientar que realizamos as atividades dialogando, fazendo um bate-papo entre professor e aluno, onde por meio das respostas apresentadas pelos alunos, foi possível perceber que os objetivos propostos foram sendo construídos e que o uso do material tátil favoreceu a participação deles, o que motivou a realização das atividades e facilitou o entendimento do conteúdo proposto.

5.4 Construção de circuitos elétricos e utilização de aparelho de medição

Para finalizar, realizamos com os alunos uma prática, envolvendo a construção de circuitos elétricos com resistores (atividade 4). Então, explicamos o que seriam um amperímetro, voltímetro e ohmímetro e como eles poderiam utilizar a plataforma Arduino de modo a obter os valores de modo sonoro, diferentemente, dos medidores convencionais.

Novamente, questionamos os alunos:

24. Professor: Agora, depois da atividade anterior, você sabe o que é um circuito elétrico?

A1: Um fio com passagem de elétrons.

A2: Passagem de elétrons no resistor.

A3: Através da última atividade, sei que um circuito tem resistores e uma fonte.

Um circuito elétrico pode ser constituído de vários dispositivos elétricos, como capacitor, diodo, led, etc. Na questão **18**, os alunos não tinham noção do

que seria ou vinha a ser um circuito. Já, na questão **24**, nota-se que eles já conseguem expressar uma concepção de circuito que antes não existia. Assim, chamamos a atenção que, como trabalhamos com resistores, a concepção deles sobre circuito será, apenas, com resistores, mas, também, observamos que houve uma mudança de conhecimento (os subsunçores foram modificados).

25. Professor: Você sabe como montar um circuito elétrico?

A1: *Mais ou menos.*

A2: *Acho que sim.*

A3: *Posso tentar, pela última atividade, acho que consigo sim.*

Em seguida, pedimos que os alunos montassem um circuito simples, na placa, em escala aumentada, com o circuito desligado.

26. Professor: Com o circuito modificado pelo professor, você consegue identificar se o circuito está aberto?

A1: *Sim, porque seguindo o caminho da placa como o professor explicou, dá para ver que em um trecho está sem ligação.*

A3: *Sim, seguindo o caminho, do positivo até o outro negativo, dá para ver que está aberto o circuito.*

Ligando o circuito em uma fonte de tensão e perguntamos aos alunos:

27. Professor: Você consegue montar um circuito em série e paralelo?

A1: *Em série eu sei que sim, porque é mais fácil.*

A3: *Posso tentar.*

Os alunos videntes conseguiram com facilidade montar o circuito em série e de forma correta, o aluno deficiente visual teve um pouco de dificuldade, mas, montou, também, da forma correta.

Na associação em paralelo, os alunos A1 e A2 tiveram dificuldades, montando várias vezes de forma incorreta e, após um tempo e muito diálogo entre os dois alunos, é que se obteve o circuito paralelo correto.

Com o aluno A3, inicialmente, o professor pediu que o mesmo tateasse uma *protoboard* convencional, com o objetivo de que ele tivesse conhecimento

do formato e pudesse, assim, ter um comparativo com a *protoboard* normal e a que criamos em escala aumentada. Em seguida, pediu-se que colocasse um resistor na *protoboard*. O aluno deficiente visual demonstrou uma grande dificuldade e não conseguiu colocar da forma correta, com isso, realçamos a importância da placa em escala aumentada (Figura.22) para trabalhar com o aluno deficiente visual. Em seguida, utilizando a placa em escala aumentada, pedimos que ele montasse o circuito em paralelo e, também, assim, como os alunos videntes houve dificuldades. Então, o aluno, para fechar o circuito, em vez de usar um resistor (fio) colocou o borne positivo na fileira em que estava com os resistores (Figura.22b), ou seja, ele demonstrou ter entendido corretamente a propagação da corrente por todo fio e, com isso, eliminou uma resistência do circuito, tendo dados mais aproximados e corretos. Aqui, cabe evidenciar como foi notável a felicidade do aluno ao conseguir montar o circuito em paralelo corretamente.

O professor procurou deixar que os alunos chegassem às próprias conclusões, fazendo eles pensarem e decidirem, sem ficar influenciando no resultado. Indo, assim, em consonância com as Diretrizes Curriculares da Educação de Ciências (DCE, 2008, p.76).

a inserção de atividades experimentais na prática docente apresenta-se como uma importante ferramenta de ensino e aprendizagem, quando mediada pelo professor de forma a desenvolver o interesse nos estudantes e criar situações de investigação para a formação de conceitos (DCE,2008, p.76).

Após realizar as medidas de resistência, corrente e tensão, foi questionado:

28. Professor: O que você observa com a resistência total na associação em série e em paralelo?

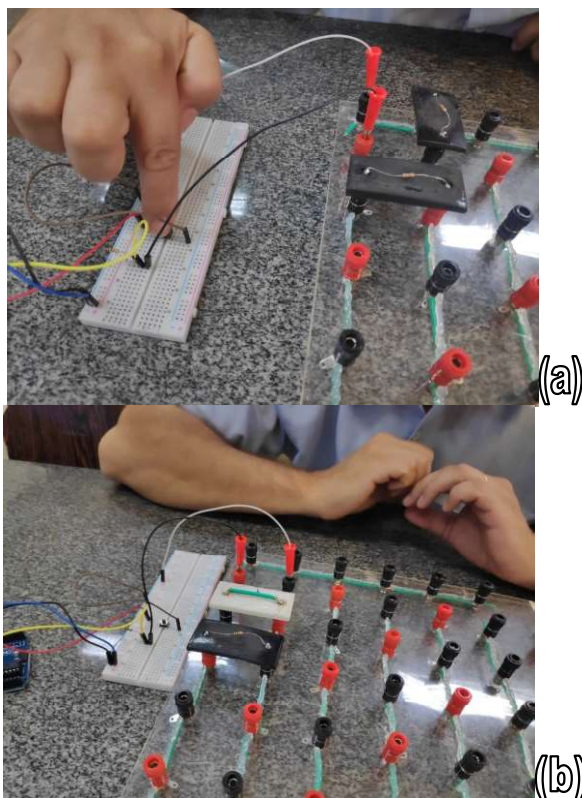
A2: *Percebo que na em série ela aumenta e no paralelo diminui.*

29. Professor: O que você observa com a tensão?

A1: *No em série ela muda no paralelo é igual.*

A3: *Com o áudio do programa no notebook, dá para perceber que em série ele aumentou, por estar em série deve se somar. No paralelo, a resistência diminui, acredito que por estar dividindo o circuito divide, também, a resistência.*

Figura 22-Aluno A3 realizando a atividade 4 (a) em série e (b) paralelo. Nota-se que na (a) o aluno está apertando um botão para que o Arduino possa realizar as medidas de Resistência, Tensão e Corrente da associação montada.



Fonte: Autoria própria (2020).

Para finalizar, o professor retornou alguns conceitos que foram trabalhados, inicialmente, a fim de verificar se, por meio dessas atividades, o aluno apresenta alterações em suas concepções, pois, de acordo com Azevedo (2004, p.4),

na demonstração investigativa, inicialmente, apresenta-se um problema aos estudantes, na sequência, é desenvolvido o experimento e os estudantes realizam reflexões sobre esse experimento, elaborando hipóteses para explicá-lo. Por fim, o professor realiza uma sistematização dos conhecimentos envolvidos, abordando todos os conceitos necessários, para a compreensão do experimento e para a resolução do problema (AZEVEDO, 2004, p.4).

Desse modo, apresentamos as respostas obtidas depois das atividades, juntamente, com as respostas obtidas antes das atividades, a fim de realizar uma comparação.

| Pergunta | Você sabe o que é uma corrente elétrica? |
|-----------------|--|
| Antes | A1: O choque que tomamos ao pegar em um fio? A2: Corrente de energia das casas. A3: “É uma força que não dá para pegar, que vai passar ou vai sentir se pegar no fio”. |
| Depois | A1: Corrente elétrica seria a passagem dos elétrons pelos circuitos. A2: Passagem de elétrons por um fio ligado na tensão. A3: Passagem dos elétrons pelo fio |

| Pergunta | Que partículas percorrem um fio quando uma corrente elétrica está passando por ele? |
|-----------------|--|
| Antes | A1: Eu acho que é o choque. A2: Átomos. A3: “Átomos passando com grande velocidade”. |
| Depois | A1: Elétrons. A2: Os que formam as correntes elétricas são os elétrons. A3: Os elétrons. |

| Pergunta | O que vocês entendem que seja uma resistência elétrica? |
|-----------------|---|
| Antes | A1: Resistência é do chuveiro, mas não sei explicar. A2: Resistência que esquenta a lâmpada e o chuveiro. A3: A resistência é quanto que aquilo vai aguentar. |
| Depois | A1: Os resistores dificultam a passagem dos elétrons. A2: A dificuldade que os elétrons têm de se locomover por determinado material. A3: Dificulta a passagem dos elétrons e aquece. |

| Pergunta | Sabe o que é condutor ou isolante elétrico? |
|-----------------|---|
| Antes | A1: A madeira é isolante. A2: Nós não conduzimos choque. A3: Isolantes, isola a energia, como o plástico e condutores que vão conduzir essa energia, como o cobre. Nós seres humanos somos mais condutores do que isolantes porque se relou e está na terra, eu levo um tremendo choque. |
| Depois | A1: Um condutor é um material que permite a locomoção de elétrons, já um isolante não o permite. A2: Os isolantes eles são materiais que "protegem" os usuários em caso de um choque elétrico, por exemplo se um electricista usa um alicate de metal com um revestimento de borracha a borracha protegerá o usuário em caso de acidentes elétricos. Condutores, conduz eletricidade como o metal. A3: Isola e conduz eletricidade. |

Analisando as respostas dos alunos, nota-se que houve indícios de aprendizagem, pois percebemos uma evolução pertinente ao conteúdo trabalhado, uma vez que, em algumas perguntas, eles não tinham ideias sobre

o conceito, ou, até mesmo, noções errôneas sobre esse. Já, após a aplicação, notamos que o aluno passou de um conhecimento puramente cotidiano para uma linguagem científica. De acordo com Spina(2017, p.4), “através do gradual uso da linguagem científica, os alunos passam a se apropriar dos conceitos e a inclui-los em suas argumentações com colegas, professores e até familiares, o que sugere que sua aprendizagem foi significativa” (SPINA,2017, p.4).

Por isso, utilizamos uma didática experimental e tátil, com o objetivo de que os alunos consigam tornar o conhecimento de senso comum em um conhecimento científico.

29. Professor: O que você achou de estudar sobre o conteúdo trabalhado e do modo que foi realizado?

A1: Eu gostei bastante, entendi coisas que antes não conseguia entender, mas, dessa vez, eu consegui por causa do modo prático. Eu gostei muito e achei muito dinâmico e creio que seja um processo muito viável para o ensino de Física.

A2: Achei pertinente. E que a forma foi interessante, por ser um meio bem mais interativo. Entender como funciona o circuito em série e paralelo é bem difícil em sala de aula, mesmo visualizando o desenho no quadro. É difícil, também, entender o porquê a corrente separa, o que seria essa corrente, e hoje eu consegui entender melhor.

A3: Achei prático, bem dinâmico, alcançou o objetivo de não ficar muito no visual, é preciso tatear para sentir os detalhes, foi bem interessante, além do que eu imaginava, e o cuidado na elaboração da placa para não dar choque elétrico é muito bacana.

O aluno A3 relata que quer construir uma *protoboard* em escala aumentada, também, onde ele poderia utilizar em sua própria casa para trabalhar eletricidade e criar circuitos por curiosidade. Relatou, ainda, que mesmo sem ter estudado o conteúdo de eletrodinâmica, por ser instigador, realiza diversas pesquisas e, com isso, adquiriu algum conhecimento e, por isso, ainda, lembra-se de quando estudou no ensino médio, anos atrás.

30. Professor: Quais foram os pontos positivos do material trabalhado?

A1: Como dito antes, um dos pontos mais fortes, na minha opinião, é a interatividade, o fato de se poder ver os conceitos, de certa forma, materializadas e manipulá-los.

A2: Os pontos positivos creio que sejam o fato de que se pode aprender tanto ouvindo, quanto olhando... e isso é um ponto muito bom, porque, na minha opinião, mais pessoas podem aprender.

A3: O manuseio, lidar com o sistema foi prático.

31. Professor: E os pontos negativos? O que poderia ser melhorado, modificado?

A1: Não consigo ver algo negativo, ou que possa ser mudado.

A2: Nada a declarar.

A3: O ponto negativo é que o áudio está um pouco difícil de compreender. Por ser a voz do Windows, está difícil de entender o que é dito. Seria interessante se o software pudesse dizer quando o circuito está em curto, em caso de ligação errada.

Os pontos negativos indicados pelo aluno A3 são, para nós, pontos de crescimento, pois queremos, ainda, fazer futuras modificações para que o aparato experimental atenda, ainda mais, as necessidades do aluno deficiente visual.

De acordo com as respostas obtidas, destacamos a importância de uma aula dinâmica e interativa, pois apesar de um dos alunos já ter estudado esse conteúdo, somente, agora, através do tátil, do dinamismo ele pode entender conceitos que, anteriormente, passou despercebido. Segundo Brum (2014, p.6):

o projeto educativo do professor deve está direcionado para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, priorizando os conhecimentos prévios, reconhecido que, raramente, vem marcado por estudos avançados, servindo, assim, de ancoragem para as novas ideias e conceitos, constituindo a base fundamental para do processo de aprendizagem (BRUM, 2014, p.6).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observamos que, mesmo com o todo o apelo da inclusão educacional atual, a quantidade de teses/dissertações encontradas com essa temática, na área da Física, ainda, pode ser considerada muito discreta. Por isso, acreditamos que seja necessário haver maior debate sobre essas necessidades, a fim de conscientizar os docentes para tal questão, e, desse modo, sejam desenvolvidos mais trabalhos nessa mesma vertente, relacionando, também, o uso do desenho universal para a aprendizagem, que como citado neste trabalho, julgando pela escassez de literatura científica, é uma abordagem pouco conhecida no Brasil.

Por conseguinte, por meio dos objetivos, procuramos elencar metas específicas que pudessem guiar nosso trabalho. Desse modo, de início, nós realizamos um estudo de literatura, para identificar os trabalhos produzidos na área. Em um segundo momento, construímos uma maquete para representar o modelo atômico. Em seguida, construímos, também, dois experimentos inclináveis com e sem pregos para o contato tátil, dois circuitos em série e paralelo com palitos de sorvete e por fim: a *protoboard* em escala aumentada, com as plaquinhas impressas em 3D com os resistores.

Na programação, desenvolvemos um multímetro, com a utilização do Arduino e o *Idle Python* para comunicação sonora com o aluno. Por fim, preparamos um material instrucional sobre o conteúdo e investigamos o seu potencial contributivo para o fim a que se destinava.

Após analisar os nossos resultados, encontramos indícios que nos levaram a acreditar que houve um aprendizado significativo, pois percebemos uma evolução na apropriação do conteúdo trabalhado, uma vez que o senso comum se transformou em conhecimento científico. Com isso, destacamos que este projeto tem relevância e pode ser desenvolvido para a aplicação dos professores com alunos deficientes visuais no ensino de eletrodinâmica.

Portanto, diante do que foi relatado na aplicação e na troca de experiência com os alunos, concluímos que este trabalho cumpriu os objetivos propostos. Assim, esperamos contribuir, também, para a divulgação e para o

debate sobre a importância da inclusão dos alunos deficientes visuais no Ensino de Física, assegurando a eles, desse modo, as mesmas oportunidades que as dos demais alunos.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. M.; RIBEIRO, J.; SIMÕES, F. **Universal Design for Learning (UDL): Contributos para uma escola de todos**. Indagatio Didactica, 5(4):122-146, 2013.

AMARAL, G. K., DICKMAN, A.G.; FERREIRA, A.C.; **Educação de Estudantes Cegos na Escola Inclusiva: O Ensino de Física**. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2009.

AMARAL, L. A. **Conhecendo a deficiência (em companhia de Hércules)**. São Paulo: Robe Editorial, 1995.

AUSUBEL, D.P. **The acquisition and retention of knowledge**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Thomson, p.19-33, 2004.

BELAFRONTTE, H. A., SCHWERZ, R. C. **Um panorama sobre o Ensino de Física para Deficientes Visuais**. Revista Pontes, Paranaíba, v.3, p.97-107, 2018. Disponível em: <http://revistapontes.com.br/2018/10/30/um-panorama-sobre-o-ensino-de-fisica-para-deficientes-visuais>. Acesso em jan. 2019.

BENAZZI, L. E. B; **A cegueira no contexto histórico**. Disponível em: <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/medicina/a-cegueira-no-contexto-historico/67589>. Acesso em abr. 2019.

BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v.9, n.3, p.291-313, 2002.

BRASIL, Legislação. **Lei nº 7.853, de 24 de outubro de 1989**. Dispõe sobre o apoio às pessoas portadoras de deficiência, sua integração social, sobre a Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência - CORDE, institui a tutela jurisdicional de interesses coletivos ou difusos dessas pessoas, disciplina a atuação do Ministério Público, define crimes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/LEIS/L7853.htm>. Acesso em fev. 2019.

BRASIL, Ministério da Educação. **Diretrizes Nacionais Para a Educação Especial na Escola Básica**. 2001. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/diretrizes.pdf>. Acesso em fev. 2019.

BRASIL. Lei 4.024, de 20 de dezembro de 1961. **Fixa as Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília: DF, 1961. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4024-20-dezembro-1961-353722-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em fev. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação: Secretaria de Educação Especial. **Programa Nacional de Apoio à Educação de Deficientes Visuais**. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/index.php?option=content&task=view&id=30&Itemid=157>. Acesso em dez. 2018.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº9394, 20 de dezembro de 1996.

BRUM, W; **APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: REVISÃO TEÓRICA E APRESENTAÇÃO DE UM INSTRUMENTO PARA APLICAÇÃO EM SALA DE AULA**. Itinerarius Reflectionis, 9(2), 2014. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/rir/article/view/27795>. Acesso em nov. 2019.

CAMARGO, E. P. Física na Escola: **É possível ensinar física para alunos cegos ou com pouca visão? Proposta de atividades de ensino de física que enfocam o conceito de aceleração**. v. 8, n. 1, 2007.

CAMARGO, E. P. **O ensino de física no contexto da deficiência visual: elaboração e condução de atividades de ensino de física para alunos cegos ou com baixa visão**. Tese de doutorado, 2005. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/252902/1/Camargo_EderPiresde_D.pdf. Acesso em jun. 2019.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; VERASZTO, E. V. **A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de óptica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.30, n3,3401, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v30n3/3401.pdf>. Acesso em jun. 2019.

CAMARGO, E. P.; SILVA, D. **Trabalhando o conceito de aceleração com alunos com deficiência visual: um estudo de caso**. In: Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física, p.1218-1223. Curitiba, mar. de 2003.

CAMARGO, E. P.; VIVEIROS, E. R., NARDI, R. **Trabalhando conceitos de Óptica e Eletromagnetismo com alunos com deficiência visual e videntes**. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, X, 2006. Londrina: SBF, 2007. Disponível em: http://www.cienciamao.usp.br/dados/epef/_trabalhandoconceitosdeop.trabalho.pdf. Acesso jun. 2019.

CARVALHO, J. C. Q. **Ensino de Física e deficiência visual: Possibilidades do uso do computador no desenvolvimento da autonomia de alunos com deficiência visual no processo de inclusão escolar**. 256 f. Tese de doutorado – Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

CAST. **Design for Learning guidelines – Desenho Universal para a aprendizagem.** APA Citation: CAST, 2014. (Universal version 2.0. - www.cast.org / www.udlcenter.org – tradução). Disponível em: http://www.udlcenter.org/sites/udlcenter.org/files/Guidelines_2.0_Portuguese.pdf. Acesso em: nov. 2019.

Center for Applied Special Technology [CAST], 2012. Disponível em: <http://www.cast.org/udl/>. Acesso em dez. 2019.

Center for Applied Special Technology [CAST], 2011. Disponível em: <http://www.cast.org/udl/index.html>. Acesso em dez. 2019.

COLPES, Karen Mello. **Impressora de Gráfico em Alto-Relevo para cegos um facilitador no Ensino de Física e da Matemática.** 98 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

COSTA, S. M. S; BARROS, C. B. M; **Educação inclusiva: uma reflexão sobre a educação especial diante do aluno deficiente visual.** Revista Inclusiones. v.6, n.2, p.23-44, 2019. Disponível em:<http://www.archivosrevistainclusiones.com/gallery/2%20vol%206%20num%202%20recife2019especifeabriljunio2019incl.pdf>. Acesso em abr. de 2019.

COUREY, J. S; TAPPE, P; SIKE, J; LEPAGE, P. **Improved lesson planning with universal design for leaning (UDL).** Teacher Education and Special Education, 36(1), 7-27, 2012. DOI: 10.1177/0888406412446178.

DECLARAÇÃO DE SALAMANCA - **Princípios Política e Prática em Educação Especial.** Brasília. 1994. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/salamanca.pdf>. Acesso em jan. 2019.

DIRETRIZES CURRICULARES DA EDUCAÇÃO BÁSICA – Física. Paraná, 2008. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_cien.pdf Acesso em jun. 2019.

DOMINGS, Y., CREVECOEUR, Y. C., & RALABATE, P. K. **Universal design for learning. Meeting the needs of learners with autism spectrum disorders.** In K. I. BOSER, M. S. GOODWIN & S. C. WAYLAND (Eds.), Technology tools for students with autism. Innovations that enhance independence and learning. 21-41, 2014. Baltimore: Paul Brookes Publishing.

EVANGELISTA, Fábio Lombardo. **O ENSINO DE CORRENTE ELÉTRICA A ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL.** 210 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

FERREIRA, A.C., DICKMAN, A.G.; **Ensino e de Física a Estudantes Cegos na Perspectiva dos Professores.** VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. **Ensino experimental de química: uma abordagem contextualizada.** Química Nova na Escola, São Paulo, v.32, n.2, 2010. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_2/08-PE-5207.pdf. Acesso em jun. 2019.

FRANCO, J. R; DIAS, T. R. S. **A pessoa cega no processo histórico: um breve percurso.** Revista Benjamin Constant/MEC. Centro de pesquisa e documentação e informação - ano 11, n.º 30 Rio de Janeiro: IBCENTRO, 2005.

GALIAZZI, M. C; ROCHA, J.M.B; SCHMITZ, L.C; SOUZA, M. L; GIESTA, S. GONÇALVES, F.P. **Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências.** Ciências e Educação, Bauru, v.7, n, 2, p. 249-263, 2001.

GIBIN, G. B; FILHO, M. P. S. **Atividades experimentais investigativas em física e química: uma abordagem para o ensino médio.** Editora Livraria da Física, 2016.

GIL-PÉREZ, D; VALDÉS CASTRO, P. **La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo.** Enseñanza de las Ciencias, v.14, n.2, p.155-163,1996.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Física 3: Eletromagnetismo/GREF.** 7ª ed. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. Disponível em: <https://www2.fc.unesp.br/encine/2009-5-inclusao+no+ensino+de+fisica+materiais+adequados+ao+ensino+de+eletricidade+para+alunos+com+e+sem+deficiencia+visual.php>. Acesso em jan. 2019.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo.** 10.ed. v.3. Rio de Janeiro: Ltc, 2016. tradução Ronaldo Sérgio de Biasi.

JANNUZZI, G. S. M. **A educação do deficiente no Brasil, dos primórdios ao início do século XXI.** 2. ed. Campinas: Autores Associados, 2006.

LEITE, C. L. S; PEREIRA, J. C. **A Educação do Deficiente Visual na Perspectiva Inclusiva.** VII Fórum Internacional de Pedagogia-FIPED. Imperatriz-MA, novembro de 2016. Disponível em: https://editorarealize.com.br/revistas/fiped/trabalhos/TRABALHO_EV057_MD1_SA6_ID2827_20092016144444.pdf. Acesso em fev. 2019.

LEMOS, E. R. Seção Palavra Final da **Revista Benjamin Constant**, nº 24, abril 2003. Disponível em: http://www.ibr.gov.br/images/conteudo/revistas/benjamin_constant/2003/edicao-24-abril/Nossos_Meios_RBC_RevAbr2003_Palavra_Final.pdf. Acesso em dez. 2018.

LIMA, J. **Seqüência didática para o ensino da termodinâmica**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2689/2/sequenciadidaticaeensinotermodinamica.pdf>. Acesso em nov. 2019.

LÜDKE, M; ANDRE, M. E. D. A; **A Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2 ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.

MAZZOTTA, M. J. S. **Educação Especial no Brasil: história e políticas públicas**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

MECLOY, E. P. **Psicologia de la ceguera**. Madrid: Editorial Fragua, 1974.

MENDES, E. G. **Construindo um “lócus” de pesquisas sobre inclusão escolar**. In: MENDES, E.G; ALMEIDA, M. A; WILLIAMS, L. C. de. Temas em educação especial: avanços recentes. São Carlos: EdUFSCAR, pp.221-230, 2004.

MENEZES, L. C; JUNIOR, O.C; KANTOR, C. A; ALONSO, L. P. J; BONETTI, M. C; ALVE, V.M. **Coleção Quanta Física: Física 2º ano**. São Paulo: Pd, 2 V. 2010.

MEYER, A., ROSE, D. H., & GORDON, D. **Universal design for learning: Theory and practice**. Wakefield: CAST Professional Publishing, 2014.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2 ed ampliada. São Paulo: E. P. U. p. 226, 2014.

MOREIRA, M. A; **O que é afinal Aprendizagem Significativa?** Instituto de Física-UFRGS. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>. Acesso em nov. 2019.

MOREIRA, M. A; **A Teoria da Aprendizagem Significativa – Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências**. Instituto de Física-UFRGS. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/Subsidios6.pdf>. Acesso em nov. 2019.

MOREIRA, M. A; BUCHWEITZ, B. **Mapas Conceituais: instrumentos didáticos, de avaliação e de análise de currículo**. São Paulo, Moraes, 1987.

MOREIRA, M.A. (1999). **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB.

MOREIRA. M. A; **Organizadores prévios e aprendizagem significativa**. Revista Chilena de Educación Científica. v.7, nº 2. p 23-30, 2008. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/ORGANIZADORESport.pdf>. Acesso em nov. 2019.

MUNFORD, D; LIMA, M. E. C. C. **Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo?** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo

Horizonte, v.9, n.1, 2007. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/epec/v9n1/1983-2117-epec-9-01-00089.pdf>. Acesso em dez. 2019.

NACIONAL CENTER ON UNIVERSAL DESIGN FOR LEARNING [NCUDL]. (2014). **UDL Guidelines – Version 2.0**. Disponível em:
<http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines>. Acesso em dez. 2019.

OLIVEIRA, R. C. **Química e cidadania: uma abordagem a partir do desenvolvimento de atividades experimentais investigativas**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009. Disponível em:
<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/2481/2303.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em dez. 2019.

PIAGET, Jean. **Psicologia e pedagogia**. Tradução de Dirceu Accioly Lindoso e Rosa Maria Ribeiro da Silva. São Paulo e Rio de Janeiro: Editora Forense, 1970.

REY, F. G. **As configurações subjetivas do câncer: um estudo de casos em uma perspectiva construtivo-interpretativa**. Psicologia, Ciência e Profissão. V. 30(2), p. 328-345. 2010. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141498932010000200009&script=sci_arttext. Acesso em dez. 2018

SILVA, J. P. F. **Utilização de recursos de matemática inclusiva no ensino de física para pessoas com deficiência visual**. Brasília: UnB / IF, 159p. Dissertação (mestrado) – UnB / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2017. Disponível em:
https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/24313/1/2017_Jo%C3%A3oPauloFerreiraSilva.pdf. Acesso jun. 2018.

SILVA, S.C.; BOCK, G.L.K.; BECHE, R.C.E.; GOEDERT, L. **Ambiente virtual de aprendizagem Moodle: Acessibilidade nos processos de aprendizagem na Educação a Distância/CEAD/ UDESC**. Anais...UNIREDE, 1:1-13, 2013.

SOUZA, B. E. M. **Uma proposta de ensino de Física moderna e contemporânea para alunos com e sem deficiência visual**. 120 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em:
http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/24560/3/2016_dis_bems.pdf. Acesso em jun. 2018.

SPINA, F. A. **Linguagem Científica e Aprendizagem Significativa em Abordagem de Astronomia no Ensino Fundamental**. 110 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017. Disponível em: <
http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2802/1/CT_PPGFCET_M_Spina%20Fabio%20Augusto_2017.pdf. Acesso em dez. 2019.

SUART, R. C. **Habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em atividades experimentais investigativas**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-31052012-112942/publico/Rita_de_Cassia_Suart.pdf. Acesso em dez. 2019.

TEORIA ATÔMICA, pg.22. Unioeste-2007. Disponível em: <http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downquimica/capitulo2.pdf> Acesso em mar. 2019.

WERNECK, H. **Lei que transformou forma de ensino no País completa 50 anos**. Terra Educação. Disponível em: <http://noticias.terra.com.br/educacao/lei-que-transformou-forma-de-ensino-no-pais-completa-50-anos,846b1a4045cea310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>. Acesso em fev. 2019.

ZERBATO, A. P.; MENDES, E. G.; **Desenho universal para a aprendizagem como estratégia de inclusão escolar**. Educação Unisinos 22(2):147-155, abril-junho 2018. Disponível em: <http://revistas.unisinos.br/index.php/educacao/article/view/edu.2018.222.04>. Acesso em nov. 2019.

APÊNDICE

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - CAMPO
MOURÃO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

HIGOR BELAFRONTA DE ANDRADE

Produto Educacional

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE ELETRODINÂMICA PARA
DEFICIENTES VISUAIS**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Polo 32 MNPEF), campus Campo Mourão, como requisito necessário à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Roseli Constantino Schwerz.

Coorientador: Prof. Me. Paulo Henrique Sabo.

**CAMPO MOURÃO
2020**

Apresentação

Seguindo as orientações das Diretrizes Curriculares da Educação Básica, o Ensino de Física deve ser voltado para uma educação cidadã, que ressalte a importância do enfoque conceitual, além das equações matemáticas, levando em conta que o conhecimento científico é uma construção humana com significados históricos e sociais. Para isso, os professores precisam deixar a visão ditadora do livro didático, bem como, a memorização de modelos, conceitos e definições, excessivamente, matemáticas, que são tomadas como verdades definitivas.

Nesse sentido, o ensino da Eletrodinâmica, assim como alguns conteúdos de Física, é permeado de deficiências, principalmente, na rede pública de ensino, destacando-se as salas lotadas, número reduzido de aulas, formação e remuneração do professor inadequada e/ou falha, recursos precários, entre tantas outras. Obviamente, tudo isso, desmotiva e dificulta a aprendizagem dos alunos, em especial, os alunos deficientes visuais.

Sob esse aspecto, no contexto do ensino para pessoas com deficiência, o Ministério da Educação ressalta que as “condições físicas das escolas, mobília e infraestrutura, devem ser implantadas, visando facilitar a mobilidade e autonomia do aluno deficiente visual dentro do ambiente escolar” (BRASIL, 2012). Por isso, acreditamos que o uso do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) corrobora com a Educação Inclusiva, pois visa a parceria dos professores especializados com outros profissionais, para juntos, elaborarem recursos/materiais, a fim de buscar uma educação flexível, que vise o aprendizado de todos os alunos. Mas, de acordo com Ribeiro (2017, p.11), “nota-se que o desenvolvimento educacional dos alunos com deficiência visual, ainda, é muito dificultado, mesmo diante de tantos avanços na sociedade atual, ou seja, muitas barreiras precisam ser rompidas para que se possa, realmente, alcançar a verdadeira inclusão para esses alunos”(RIBEIRO, 2017, p.11).

Pensando nisso e em como inserir esse conteúdo em sala de aula, desenvolvemos um kit didático, com atividades experimentais de eletrodinâmica para deficientes visuais, a fim de abranger, também, os alunos videntes, sendo um recurso alternativo destinado aos professores da disciplina de Física no Ensino Médio. Com ele, por meio da mediação do professor, espera-se que os alunos, de forma tátil, possam compreender a constituição do átomo e a função do elétron, assim como a condutividade; entenda o funcionamento da corrente elétrica, tensão e resistência; identifique associações em série e paralelas e como se comportam as correntes e tensões em cada associação e por fim realize as medições estudadas e entenda o comportamento de cada grandeza.

De acordo com os pressupostos da aprendizagem significativa, Paula e Bida (2008), defendem que sua efetivação depende da atuação do professor que “deve levar em conta que o aluno é o sujeito do conhecimento e não mero receptor de informações. Por isso, é válido todo o esforço no sentido de envolver os alunos, tornando as aulas momentos de interação e aprendizagem”. Mas, para isso, Moreira (2011, p.711) nos diz que o aluno “além de aprender de maneira significativa, deve ser crítico e questionador desse conhecimento, para saber lidar com as incertezas e mudanças da vida contemporânea” (MOREIRA, 2011, p.711).

Ressalta-se, ainda, que, para desenvolver um trabalho eficaz da sequência, o professor deve acompanhar e seguir cada tópico a seguir descritos, sendo os mesmos passíveis de adaptação pelo professor, uma vez que facilite a sua aplicação.

1 INTRODUÇÃO A ELETRODINÂMICA

Olá alunos, este referencial teórico tem como objetivo auxiliá-los na realização de experimentos envolvendo a eletrodinâmica direcionada aos alunos deficientes visuais. Sejam todos bem-vindos e bons estudos!

Você sabe responder?

Em um dia muito frio, ninguém gosta de tomar banho, não é mesmo? Mas, é preciso, por questão de higiene pessoal, e para esse banho, é ideal uma água bem quente. Você já se perguntou: Por que a água do chuveiro esquenta? Note que ele tem chave “Verão e Inverno”, deixando a água mais quente ou mais fria, você sabe como é o seu funcionamento?

Para responder a essas questões, vamos estudar alguns assuntos relacionados à eletricidade, como condutividade, corrente elétrica, tensão e resistência elétrica.

1.1 Condutividade

Para entender corrente elétrica se faz necessário entender a estrutura do átomo. Começamos alguns levantamentos:

- Você já tomou um choque elétrico? Em que situação?

- Você sabe o que são materiais “condutores” e “isolantes”? O metal, a borracha, a madeira, a água da torneira ou do mar são bons ou maus condutores elétricos? Nós (seres humanos) somos condutores?

Imagine um fio desencapado que conduz energia elétrica. Para não ocorrer nenhum acidente, quando alguém pegar nesse fio, é preciso enrolar uma fita adesiva especial no local desencapado, é a chamada fita isolante. Ela, como o próprio nome diz, isola a corrente elétrica, ou seja, não a conduz.

Um condutor conduz cargas elétricas. Os metais são bons condutores, como o cobre, muito utilizado nas fiações elétricas. A água, não pura (contendo sais minerais), e, conseqüentemente, corpos que possuem água, também, são bons condutores. Mas, como acontece essa condução? Para responder essa pergunta, é necessário entender um pouco sobre o átomo. Um átomo é

composto de prótons (+) e nêutrons (cargas neutras) que se localizam no chamado núcleo do átomo e, ao redor desse núcleo, temos os elétrons (-) distribuídos em várias camadas (de valência), os que estão mais próximos do núcleo estão firmemente presos, enquanto os mais distantes, que estão na última camada de valência, tem uma menor interação com o núcleo e estão praticamente livres, para vagar pelos outros átomos do material, esses elétrons são chamados de elétrons de valência.

Sabemos que existem os maus condutores, que chamamos de isolantes. Você já deve conhecer alguns, como por exemplo, borracha, madeira seca, plástico, vidro, palha, entre outros. Neste caso, os elétrons não conseguem se movimentar, porque estão intimamente ligados ao núcleo.

Para compreendermos melhor, vamos realizar uma atividade com o professor (Atividade 1) analisando a estrutura de um átomo de Lítio.

O Lítio é classificado na tabela periódica como um metal e é um excelente condutor. Ele é um metal encontrado na natureza, principalmente, em rochas e utilizado para obtenção de ligas metálicas ou em pilhas (não recarregáveis).

O átomo de Lítio tem em seu núcleo três prótons e três nêutrons. Ao redor, nas camadas eletrônicas, ele tem três elétrons. Como o número de elétrons e prótons é o mesmo, tem-se um átomo neutro.

A primeira camada do lítio, mais próxima ao núcleo, está totalmente preenchida, com dois elétrons. A segunda camada permitiria 8 elétrons, mas só tem um. Elétrons na última camada estão mais distantes do núcleo e, assim, tem “menor ligação” com ele (força eletrostática entre cargas positivas –prótons do núcleo – e cargas negativas – elétrons na eletrosfera). Então, o elétron do lítio, por exemplo, é chamado de **elétron livre** e é o primeiro a se “desprender” de quando submetido a alguma força elétrica.

Se imaginarmos um fio condutor, feito, obviamente, de materiais condutores, esses elétrons, quando ligados a uma fonte de tensão (pilha, ou bateria) se movimentam de forma ordenada, em uma única direção, fazendo parte do que chamamos de corrente elétrica.

1.2 A diferença de potencial e sua relação com a corrente elétrica

Como podemos ter um movimento ordenado dos elétrons, ou, como podemos gerar uma corrente elétrica?

Vamos fazer uma analogia com o movimento de esferas em um plano (Atividade 2 com o professor). Quando as esferas estão paradas em um plano horizontal (sem inclinação), como podemos fazer com elas se movimentem? Se você inclinar esse plano, gerando uma diferença de altura essa esfera terá movimento de descida. Quanto maior a inclinação, mais rapidamente as esferas se movimentam. Na mecânica, estudamos as energias envolvidas nesse processo. A esfera sai de um potencial gravitacional maior (termo gravitacional usado pois depende da força de atração gravitacional da Terra sobre os objetos) para chegar em um potencial menor. Há uma diferença de potencial gravitacional em relação à parte de cima de a parte de baixo da rampa. Lembrando que durante esse deslocamento, parte desta energia potencial inicial se transforma em energia cinética (esfera adquire velocidade).

No caso de um circuito elétrico, o que faz com que os portadores de carga se movimentem através dos fios e dispositivos de um circuito elétrico, também, é um desnível de potencial, o **potencial elétrico** (não há potencial gravitacional neste caso, pois não tem a ver com altura). A diferença potencial elétrica entre duas extremidades de um condutor está relacionada com a força elétrica que um portador de carga é submetido quando percorre um circuito. Quanto maior essa diferença de potencial, assim como na rampa, mais rápido esses portadores de carga se movem e, assim, maior é a **corrente elétrica**. E se as cargas se movem em um único sentido, há uma **corrente contínua**.

Em nosso cotidiano, você já viu algo sobre diferença de potencial elétrico? Como ele é denominado geralmente em nosso dia a dia?

A diferença de potencial (ddp) elétrico é chamada em nosso cotidiano de tensão. Nunca reparou que os eletrodomésticos sempre vêm a indicação de tensão, como 127 V ou 220 V? Também, tem as pilhas e baterias, nelas vem indicada a diferença de potencial elétrica, ou tensão, entre suas extremidades, que são 1,5 V e 12 V, respectivamente. Desse modo, quem pode, por exemplo, fazer o trabalho de “empurrar” as cargas ao longo de um circuito, mantendo uma diferença de potencial elétrico entre as extremidades dele, são essas **fontes de tensão**. Além disso, quando um equipamento necessita de uma determinada corrente elétrica para funcionamento, podemos associar várias

pilhas, por exemplo, a fim de ter uma tensão suficiente para isso. Lembramos, também, que a energia elétrica que temos disponível na tomada, pode gerar uma corrente elétrica, que denominados de **corrente alternada**, que somente será abordada em outro momento da disciplina de Física.

Então, se ligamos um fio em uma pilha do positivo para o negativo, teremos uma diferença de potencial e, conseqüentemente, o movimento de elétrons, ou seja, corrente elétrica. No entanto, ligando o fio diretamente, como mencionado, teremos um curto circuito, no qual a corrente elétrica com alto valor pode causar um superaquecimento. Desse modo, para evitar que isso aconteça, é necessário que haja algum dispositivo elétrico entre os terminais da fonte, como um resistor.

Falando sobre resistores, vamos fazer a segunda parte da atividade 2, com uma rampa contendo alguns obstáculos para o movimento das esferas. Nesse caso, as esferas perdem energia ao se chocar com os pregos ao longo do caminho. Eles criam uma resistência ao movimento, transformando parte da energia potencial gravitacional inicial em energia sonora, principalmente, e energia térmica, quase imperceptível para nós.

No caso da eletricidade, existem dispositivos que são utilizados justamente para “desacelerar” os portadores de carga e não permitir que a corrente elétrica seja tão alta, a fim de causar um curto-circuito. São os chamados resistores elétricos, que podem ter diferentes formatos e ser de constituído de diferentes materiais. Eles muitas vezes, fazem no circuito a função de regular a corrente elétrica para um valor específico (mantendo a mesma tensão no circuito). Nos resistores, os portadores de carga colidem com a estrutura cristalina do material, fazendo esse material aquecer.

Em boa parte das casas, existe um aparelho elétrico que é utilizado para transformar energia elétrica em energia térmica. Saberíamos dizer qual é? O que há dentro dele para ter a função que tem?

O chuveiro elétrico é um exemplo de equipamento que transforma energia elétrica em energia térmica por meio de um resistor. Ele transforma energia elétrica em energia térmica, que chamamos de efeito Joule.

1.3 Associação de resistores e relação com corrente elétrica

Em um circuito elétrico, pode haver um ou mais resistores. Às vezes, precisamos de determinados valores de resistências que não conseguimos usar apenas um resistor, então, podemos fazer associações entre eles, como, por exemplo, as associações em série e as associações em paralelo. Como são essas associações? Como se comporta a corrente elétrica em cada uma delas (Atividade 3).

Qualquer caminho por onde os elétrons possam fluir é chamado de um circuito elétrico. Em um circuito de **associação em série**, todos os dispositivos, lâmpadas, nesse caso, são ligados ponta a ponta, um na sequência do outro, formando um único caminho por onde os elétrons podem fluir. Resumidamente, na associação de resistores em série, os elétrons terão um único caminho para percorrer, passando todos os elétrons pelos mesmos resistores, quando os elétrons passam pelo resistor há uma queda de tensão (transformação de energia), o que não ocorre nos fios (supostamente sem resistência). Já no circuito de **associação em paralelo**, os terminais dos resistores estão em contato direto, os elétrons irão se dividir pelo circuito, tendo dois caminhos diferentes para os elétrons percorrerem.

Entendendo isso, podemos responder à pergunta inicial: Você sabe como funciona o chuveiro e suas funções de temperatura?

Ao abrir o registro, você está liberando a entrada de água com muita pressão na parte interna do chuveiro, essa água é liberada lentamente pelos pequenos orifícios do chuveiro, ou seja, começa a acumular água no interior do chuveiro. Essa água acumulada empurra o diafragma, imagine que seria uma chapinha onde estão fixos os conectores elétricos do chuveiro, então, a água empurra esse diagrama até a parte superior, onde esse está ligando na diferença de potencial (tensão), é esse contato que faz ligar o chuveiro, faça o teste na sua casa, ao ligar o chuveiro, note que primeiro sai uma quantidade de água fria e depois ele é ligado começando a aquecê-la.

Após ligado, a corrente elétrica passa a percorrer a resistência interna do chuveiro e a esquentar a água. Mas, o que regula a temperatura da água no verão e inverno?

Imagine que dentro do chuveiro temos dois caminhos para a corrente, se você optar pela chave na posição de “verão”, a corrente irá percorrer toda a resistência do chuveiro. Sabemos que pela Lei de Ohm, que a resistência e

corrente são inversamente proporcionais, então se a resistência aumenta, a corrente diminui, ou seja, com a resistência maior, terá mais espaço para os elétrons circularem, esquentando menos o resistor e a água fica a uma temperatura agradável (morna). Utilizando o exemplo anterior dos dois caminhos dentro do chuveiro, agora com a chave na posição de “inverno”, a corrente irá percorrer uma parte da resistência interna e não todo o resistor como visto anteriormente (com a chave no verão), então com a resistência menor, a corrente será maior, elevando a temperatura do resistor e, conseqüentemente, a da água que sai do chuveiro.

Ao fechar o registro, você desliga o chuveiro, porque a água acumulada em seu interior irá escorrer pelos orifícios do chuveiro e o diafragma volta a posição inicial, não tendo mais contato com a tensão elétrica da parte superior do chuveiro.

1.4 Circuitos elétricos

Um caminho por onde elétrons fluem é chamado de circuito elétrico. Para se ter um fluxo contínuo de elétrons, temos que ter um circuito elétrico sem interrupções.

Em um circuito em série, todos os dispositivos são ligados ponta a ponta, formando um caminho único por onde os elétrons podem fluir e uma interrupção nesse circuito resulta na interrupção da corrente, pois o circuito estará aberto. A diferença de potencial (tensão) em uma associação em série é a soma das tensões em cada um dos resistores.

Em um circuito em paralelo, os resistores são conectados em paralelo. E o caminho para a corrente fluir está completo se apenas um dos resistores estiver conectado, formando assim dois caminhos separados, onde um não depende do outro, sendo a tensão a mesma. Já a corrente se divide entre os dois resistores, sendo determinada pela soma das correntes nos resistores e seu valor equivalente será menor do que a menor resistência do circuito.

Atividades Práticas

2 ATIVIDADE 1 (MODELO ATÔMICO)

O modelo atômico foi abordado neste trabalho, visto que para o debate sobre os conceitos de corrente elétrica e condutividade, é necessário que o aluno tenha conhecimento da estrutura de um átomo, sua composição e posições que ocupam.

Para isso, foi feito um modelo atômico tátil, que utilizou quatro bolinhas de isopor para compor o núcleo, onde duas delas foram coladas na areia para dar uma diferença das outras duas. Ao redor, utilizou-se cola quente para fazer as camadas de valência e, posteriormente, realizou-se a pintura (uma vez que este material pode ser utilizado para alunos videntes). Pensando na comodidade do aluno deficiente visual, por fim, colocamos a escrita em Braille.

Inicialmente, comece explicando aos os alunos sobre o conteúdo a ser trabalhado, a Eletrodinâmica. Na sequência, dê por alguns minutos o Modelo Atômico para o aluno tatear e imaginar o que possa ser.

Figura 1- Montagem tátil do Modelo Atômico.



Fonte: Autoria própria (2020).

Após um tempo de observação, o professor pode ir questionando o aluno sobre suas observações, como, por exemplo:

1-Você notou que tem seis bolinhas com relevos diferentes no centro? O que representam?

2-O que podem ser essas linhas circulares ao redor do centro?

3 – Se fosse para gente tirar um elétron desses que estão aí, qual seria o mais fácil de “desgrudar” do átomo.

Em seguida de cada uma das observações do aluno, o professor pode explicar sobre os conceitos científicos envolvidos em cada uma delas.

Após a realização das perguntas, explique que, para o entendimento e realização das atividades práticas, faz-se necessário entender a teoria, começando desde a estrutura do átomo. Nesse momento, explique o que seria o Modelo Atômico de Rutherford-Bohr, ficando livre para comentar sobre outros modelos anteriores a esse. É importante manter o aluno em contato com o material o tempo todo, para ele dizer o que é compreendido.

Nesse novo contato, após a explicação (e leitura do braille), com o aluno tateando o Modelo Atômico, pergunte se ele é capaz de responder as mesmas perguntas já solicitadas, mas, agora, com embasamento científico. Então, refaça as mesmas perguntas realizadas anteriormente, a fim de perceber a assimilação do conteúdo teórico pelo aluno, por meio do tato e da explicação.

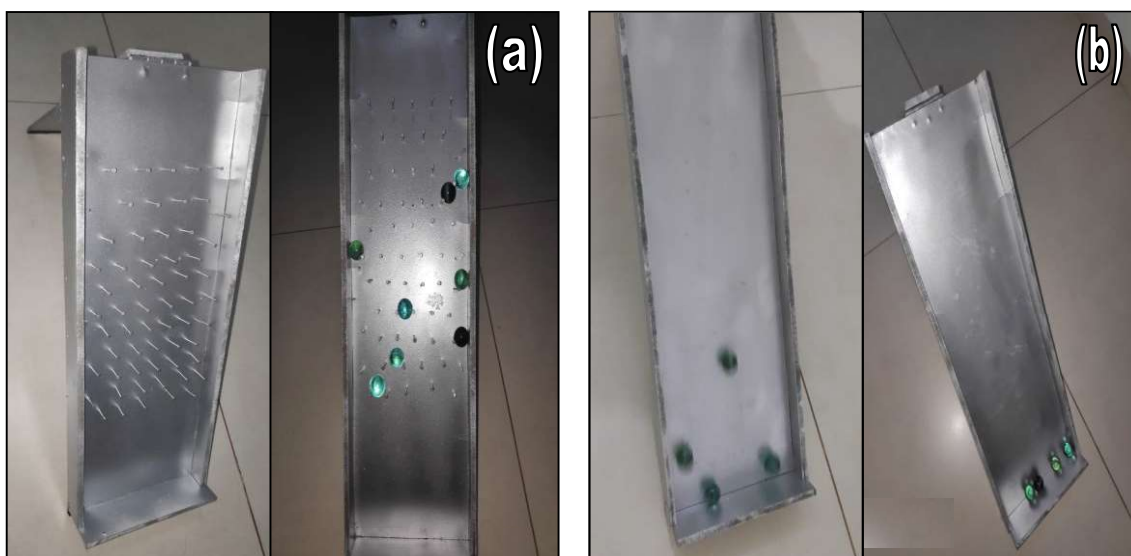
3 ATIVIDADE 2 (CORRENTE ELÉTRICA, DIFERENÇA DE POTENCIAL E RESISTÊNCIA).

O objetivo desta atividade é que o aluno trabalhe os conceitos de diferença de potencial elétrico, corrente elétrica e resistência elétrica e seja capaz de fazer analogias com a diferença de potencial gravitacional, movimentação de bolinha de gude e a resistência de movimento por meio de pregos em uma superfície.

Para isso, foram montados dois experimentos inclináveis de madeira e, em um deles, foi colocado pregos para simbolizar a resistência. Posteriormente, usou-se bolinhas de gude, que ao serem colocadas nos experimentos, representam as correntes elétricas passando pelo fio. Para finalizar uma pequena tira de borracha, foi colocada para gerar o atrito e deixar o experimento estável e inclinado.

Nessa atividade, explique que o aluno entenderá como funciona a corrente elétrica, a tensão e a resistência, então dê os dois experimentos inclináveis para o contato tátil, peça que ele manuseie todo o experimento, buscando maiores informações.

Figura 2- Planos inclinados (a) com e (b) sem para estudo da influência das alturas e presença dos pregos no movimento das bolinhas.



Fonte: Autoria própria (2020).

Enquanto o aluno manuseia os experimentos, pergunte:

- 1-Você sabe o que é tensão, corrente e resistência?
- 2-Cite exemplos sobre o que você acha que venha a ser cada grandeza.
- 3- Como relacioná-las com o experimento em suas mãos?

No primeiro momento (Parte A) Entregue a rampa sem pregos ao aluno e peça para deixar a rampa na horizontal e entregue às bolinhas de gude a ele. Em seguida, peça para o aluno deixar a rampa na horizontal, ou seja, sem inclinação, e, na sequência, peça que ele coloque bolinhas de gude sob a rampa. Depois, pergunte a ele se elas se movimentam, ele vai dizer que não. Peça para ele notar que elas não se movimentam, pois não existe inclinação, ou seja, não existe uma diferença de altura.

Durante toda realização do experimento, auxilie o aluno, mas, deixando que ele conduza a atividade. Pergunte: se você inclinar essa rampa, será que acontece algo com as bolinhas de gude?

Na sequência, peça que incline a rampa, com uma pequena altura e ele perceberá que as bolinhas de gude vão se deslocar pela rampa, aí o professor complementa que: essa inclinação (altura) é a Diferença de Potencial que gera a tensão dos circuitos.

Então, complemente essa primeira etapa da atividade explicando o que é a Diferença de Potencial (Tensão) fazendo relação com a inclinação da rampa.

Depois, inicie a segunda etapa do exercício questionando sobre as bolinhas de gude:

Muito bem, na atividade anterior você percebeu sonoramente que quanto maior a altura de inclinação, mais rápido as bolinhas de gude descem, agora que você entendeu sobre a diferença de potencial, responda:

1-Qual a função das bolinhas de gude? Você pensou nisso? Conseguiu identificar?

2-O que seria esse fluxo das bolinhas de um lado para o outro da rampa?

Deixe o aluno pensar e converse com ele sobre essas questões. Explique que corrente elétrica é o movimento dos elétrons de uma extremidade a outra. Então, quando temos uma diferença de potencial (inclinação da rampa) gera-se um fluxo de bolinhas de gude (corrente elétrica), assim as bolinhas de gude representam os elétrons que fluem pela rampa.

Neste momento (Etapa B), entregue a rampa com pregos e as bolinhas de gude ao aluno. Peça, novamente, que com esta outra rampa (com pregos), faça uma inclinação e deixe novamente descer as bolinhas. E questione:

1-O som de colisão das bolinhas se tornou frequente?

2-O tempo de descida das bolinhas de gude é o mesmo do que analisado no experimento anterior?

3- O que atrapalha a descida das bolinhas de gude?

Observe com essas questões, se o aluno consegue relacionar os pregos com os resistores. Então, explique que, nos circuitos, o resistor tem a função de atrapalhar a passagem de corrente e, com isso, acaba se aquecendo. Exemplo: lâmpada incandescente, chuveiro. Então, nesse experimento, os pregos fazem o papel do resistor, dificultando a passagem das bolinhas de gude (corrente elétrica). Além disso, perde parte da energia cinética durante as colisões, assim como os elétrons perdem energia quando passam por um dispositivo elétrico. No chuveiro elétrico, por exemplo, os elétrons perdem energia ao colidir com a estrutura cristalina do resistor (feito de um material que impõe uma resistência ao movimento dos elétrons). Assim, a energia elétrica é transformada em energia térmica, conhecida como efeito Joule.

No nosso experimento, a energia cinética se transforma em energia térmica, imperceptível, e em energia sonora, a mais observável nesse exemplo.

Além disso, torna-se interessante, antes de finalizar esta atividade 2, fazer um bate papo, novamente, com o aluno sobre os conteúdos estudados, para saber sobre o conhecimento assimilado.

4 ATIVIDADE 3 (ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE E PARALELO).

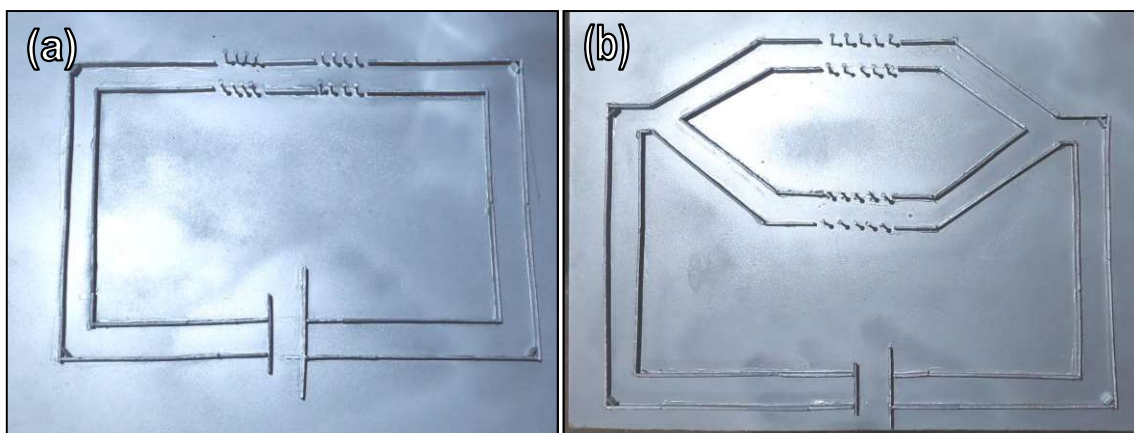
Tem como objetivo o entendimento da associação em série e paralelo, onde tanto o aluno deficiente visual e/ou o aluno vidente consigam entender quando o circuito está em série e paralelo.

Para a montagem desse experimento, colou-se em uma tábua de madeira, vários palitinhos de sorvetes simbolizando o caminho a ser percorrido pelas bolinhas de gude (corrente elétrica) e no lugar dos resistores, colocou-se, novamente, os pregos, seguindo a analogia da atividade 2.

Nessa atividade, antes de começar a explicar o conteúdo teórico, novamente, deixe o aluno manusear os dois experimentos, tirar algumas conclusões.

Em seguida, peça para que ele comece analisando os dois circuitos montados em um pedaço de madeira com palitinhos de sorvete.

Figura 3- Associações de resistores sendo (a) em série e (b) paralelo para percepção dos alunos a diferença tátil entre as duas associações.



Fonte: Autoria própria (2020).

Após ele manusear um tempo, comece perguntando:

- 1- O que te chama atenção no circuito?
- 2- Consegue identificar qual o circuito em série e em paralelo?
- 3- Enquanto ele anda com as bolinhas pelo circuito, explique que ele tem elétrons em movimento (corrente elétrica), passando por um circuito com dois resistores que estão na sequência um do outro,

simbolizando associação em série. Após esse experimento, dê a placa de associação em paralelo ao aluno.

- 4- Você reparou que em um deles você terá dois caminhos para percorrer? Sabe dizer previamente o porquê?
- 5- Concluindo, quais as diferenças entre a nossa “corrente elétrica” em um circuito elétrico em série e em paralelo?

Note se o aluno entendeu a função dos pregos nos circuitos. Na sequência, entregue 4 (quatro) ou 6 (seis) bolinhas de gude para o mesmo, e o deixe manusear. Nesse momento, somente a placa da associação em série, onde ele já sabe que tem um único caminho para ser percorrido, passando por pregos (simbolizando 2 (dois) resistores), peça que coloque as bolinhas de gude no circuito e comece a empurrá-las com o dedo. Note que os pregos estão em sequência, representando a associação em série, e que nessa associação, a corrente não divide, percorrendo o mesmo caminho.

Agora, utilizando a outra placa (circuito em paralelo), ele já deve ter percebido que diferente da anterior (circuito em série), essa terá o caminho dividido, peça que coloque as bolinhas de gude novamente no circuito e as empurre.

Fique auxiliando o aluno, enquanto ele realiza o experimento, pois as bolinhas de gude podem sair do circuito e ele necessitará de ajuda.

Ao finalizar o circuito, pergunte se ele notou que agora os pregos não estão como antes e sim paralelos (um de frente para o outro), e as bolinhas de gude (corrente elétrica) acabam por se dividir, ou seja, conclui-se que na associação em série a corrente não divide e na associação em paralelo ela se divide, pois tem dois caminhos para percorrer.

5 ATIVIDADE 4

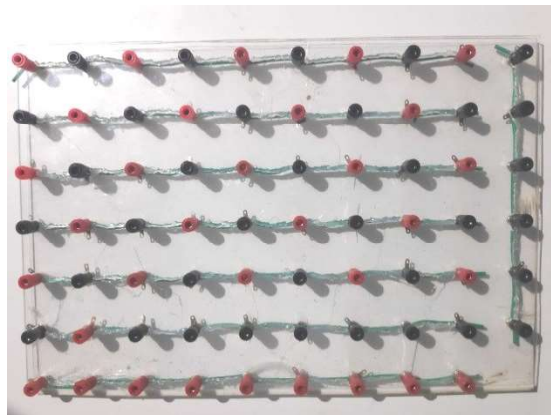
Nesta atividade, vamos realizar as medições de Resistência, Corrente e Tensão com o aluno.

Materiais:

- *Protoboard* em escala aumentada.
- Plaquinhas impressas em 3D com os resistores.

Primeiro, dê ao aluno as plaquinhas com resistores para que ele possa tatear, em seguida, a placa de *protoboard* em escala aumentada.

Figura 4- Protoboard em escala aumentada.



Fonte: Autoria própria (2020).

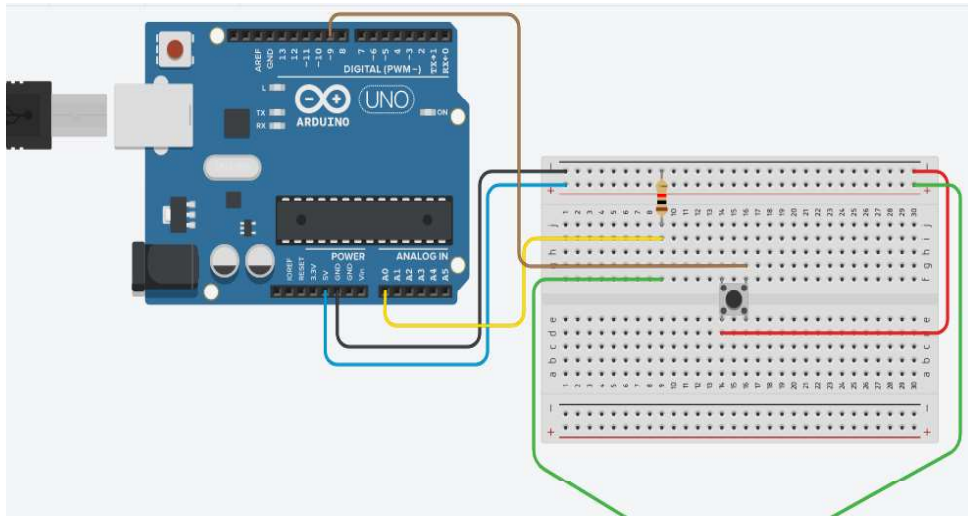
Figura 5- Resistores acoplados a plaquinha 3D.



Fonte: Autoria própria (2020).

Comente toda a estrutura envolvida na protoboard, do qual está ligada em uma *protoboard* tradicional, onde temos um botão que, ao ser pressionado, enviará as informações para o Arduino que está programado para realizar as leituras enviando as informações de Resistência, Tensão e Corrente para o Software Idle (Python) instalado e configurado no notebook, que transforma as medidas em leituras audíveis.

Figura 6 – Esquema de montagem do circuito na *protoboard* convencional para funcionamento, onde os fios de cor verde na figura simbolizam as ponteiros de medição.



Fonte: Autoria própria (2020) utilizando o site: tinkercad.com

Figura 7- Programação do Arduino para realizar as medições do experimento.

```
"Programação Arduino - Mestrando Higor Belafronte de Andrade"
"Universidade Tecnológica Federal do Paraná -UTFPR"

//inclusão das bibliotecas
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// Inicializa o display no endereço 0x27
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);

//Definição das variáveis
int estadoBoton1 = 0;
int aPinLeitura = A0;
int R1 = 0;
float val = 0;
int Vin = 5;
float Vout = 0.0;
int R2 = 1000;
float RC;
float I;
//Código para mostrar o sinal ômega(unidade de medida de
resistência)
byte ohmChar[8] = {
  B00000,
  B00100,
  B01010,
  B10001,
  B10001,
  B01010,
  B11011,
  B00000
};
```

```

void setup() {

  Serial.begin(9600); //Inicializa a Serial
  lcd.begin(20, 4); //Inicializa o LCD
  pinMode(8, INPUT_PULLUP); //Pino de entrada para o botão sem
  usar resistor
  lcd.createChar(1, ohmChar); // Cria o símbolo ômega
}

void loop() {

  val = 1.0*analogRead(aPinLeitura); //Aquisição analógica de
  valores pelo pino A0
  Vout = (val*Vin)/1024; // Fórmula para calcular o Vout
  R1 = (R2*(Vin-Vout))/Vout; //Fórmula do divisor de tensão

  // RC = R1/1000; //Fórmula para mostrar o valor com K

  //Rotina para imprimir na Serial
  // Serial.print("Val = ");
  // Serial.print(val);
  // Serial.print(" ");
  // Serial.print("Vout = ");
  // Serial.print(Vout);
  // Serial.println("V");
  // Serial.print("R1 = ");
  // Serial.print(R1);
  // Serial.println("R");
  // Serial.print("I=");
  // Serial.print(I);
  // Serial.println("A");
  //Se não tiver resistor "Insira resistor"
  if(val<60){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Insira resistor");
    //Serial.println("Insira resistor");
  }

  //Seo resitor estiver presente, mostra o valor no LCD
  if(val>60){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Valor: ");
    lcd.print(R1);
    lcd.write(1);
    //Serial.print("Valor: ");
    //Serial.print(R1);
    //Serial.println("ohms");
  }
}

```

```

//Se o valor do resistor for maior que 1000, mostra 1K
if(R1>=1000){
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("  ou: ");
  lcd.print(RC,1);
  lcd.print("K");
  //Serial.print("  ou: ");
  //Serial.print(RC);
  //Serial.println("K");

  lcd.write(1);
}
}
I = (Vout/R1)*1000; //Calcula a corrente(I)

//Rotina para mostrar Tensão e corrente ao pressionar o botão
estadoBoton1 = digitalRead(8);
if (estadoBoton1 == LOW ) {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Vout: ");
  lcd.print(Vout);
  lcd.print("V");
  Serial.print(R1);
  Serial.println(" ohms");

  //Serial.print("Vout: ");
  Serial.print(Vout);
  Serial.println(" Volts");

  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("I: ");
  lcd.print(I);
  lcd.print("mA");
  //Serial.print("I: ");
  Serial.print(I);
  Serial.println(" miliAmper");

  delay(4000);
  delay(1000);
}
delay(1000);
}

```

Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 8- Programação do IDLE para converter as medidas em som.

```

"Programação IDLE para converter as medidas em som"
"Mestrando Higor Belafronte de Andrade"
"Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR"

import serial
import pyttsx3

engine = pyttsx3.init()
engine.setProperty('rate',200) #120 words per minute
engine.setProperty('volume',1.0)
engine.setProperty('voice', 'HKEY_LOCAL_MACHINE\SOFTWARE\Microsoft\Speech\Voices\Tokens\eSpeak')

#voices = engine.getProperty('voices')
#for voice in voices:
#    #print(voice, voice.id)
#    #print(voice.id)
#    #engine.setProperty('voice', voice.id)
#    #engine.say("olá")
#    #engine.runAndWait()

ser=serial.Serial()
ser.baudrate = 9600
ser.port = 'COM3'
ser.open()
if (ser.is_open==True):
    while(1):
        frase=ser.read_until()
        #print(frase)
        #print(str(frase))
        frase2=str(frase).replace("b","").replace("\r\n","").strip()
        print(frase2)
        engine.say(frase2)
        engine.runAndWait()
else:
    print("porta não configurada")

```

Fonte: Autoria própria (2020).

Inicialmente, vamos ensinar o aluno a realizar as medidas, antes das associações em série e paralelo. Dê uma plaquinha com um resistor ao aluno e peça para que ele monte um circuito simples.

Após realizada a montagem do circuito simples, peça para o aluno apertar o botão contido na *protoboard* ligada ao Arduino, e o aluno irá ouvir as medidas de Resistência, Corrente e Tensão.

Então, para confirmarmos se essas medidas estão corretas, utilize um multímetro que é um equipamento eletrônico que serve para medir grandezas elétricas, utilizado para fazer a medição da resistência elétrica, tensão ou corrente contínua e da tensão ou corrente alternada. No centro do aparelho,

existe uma chave rotativa é ela que ativa o tipo de medição a ser realizada com o Multímetro.

Figura 9- Multímetro Digital.



Fonte: Google.

Pode-se usar um Multímetro para testar fusíveis, baterias, sistema de som, nos carros, nas indústrias pode ser utilizado no processo de manutenção de equipamentos industriais. Como é possível notar, é um aparelho simples e prático, que pode ser utilizado em diferentes setores para medir diferentes grandezas elétricas.

Para o aluno deficiente visual entender como é aplicado o Multímetro, no circuito dê a ele o circuito que consta o A (Amperímetro) e V (Voltímetro), é importante explicar e que ele entenda que para se medir corrente é necessário entrar com o medidor no circuito.

O Amperímetro serve para medir a intensidade da corrente elétrica na unidade de amperes (A). O Voltímetro é usado para medir a diferença de potencial (d.d.p), entre dois pontos em um circuito elétrico ou eletrônico, ou seja, medir a tensão na unidade de Volts (V). O Ohmímetro tem a função de medir a resistência elétrica de um único componente (resistor, por exemplo) ou um circuito eletrônico, tendo sua resistência equivalente, sua unidade é o Ohms (Ω).

Na sequência, dê as plaquinhas com resistores e peça para o aluno montar os dois circuitos (série e paralelo) na placa aumentada e, ainda, desconectado da fonte ensine o aluno a medir a resistência resultante (equivalente).

Após essa breve conversa, peça para medir a tensão na fonte, medir a tensão no R1, no R2 e novamente o professor pode questionar:

- O que vocês observam sobre os valores de tensão medidos nessa associação em série? Está de acordo com a atividade anterior?

Note se o aluno chegou à conclusão que $V_1 + V_2 = V_T$ (voltagem total).

Se der alguma diferença, lembre-se que mesmo que os fios e conexões (seja do circuito ou do medidor) sejam de metal, são bons condutores, então eles sempre terão uma resistência, muito pequena, mas que pode influenciar nas medidas. Na associação em série a tensão (V) se divide nos resistores.

Agora, ligue a fem na associação em paralelo e peça que ele faça as mesmas medidas. Meça v_1^4 e v_2^5 e ver que é a mesma nos resistores. Na associação em paralelo a tensão (V) se mantém constante.

Faça os mesmos questionamentos e procedimentos realizados com a associação de resistores em série. Ao fim, faça uma comparação entre as duas associações quanto as relações entre tensão e corrente elétrica.

Obs.: Foi realizada uma pesquisa para que a corrente fique entre $100\mu\text{A}$ e 1mA , pois são os limiares da sensação, não prejudicando o ser humano em choque elétrico, evitando qualquer desconforto na realização do experimento por parte do aluno.

O professor pode e deve auxiliar nas medidas, afinal, assim como um aluno vidente demora algumas aulas para fazer as medidas sem ajuda, um aluno com deficiência visual também.

⁴ v_1 tensão no resistor 1

⁵ v_2 tensão no resistor 2

Conclusão

Esperamos que essas atividades possam ser um importante instrumento para a compreensão dos conceitos da eletrodinâmica, uma vez que é tátil e de fácil manuseio, dando um olhar mais claro aos alunos deficientes visuais e videntes, tornando, assim, o ensino de física inclusivo, dinâmico e prático.

Esperamos, também, que essas atividades venham corroborar com o professor, podendo fazer uso em suas aulas. Que seja realmente trabalhado de maneira a facilitar o ensino-aprendizagem, uma vez que as atividades não se baseiam em métodos visuais e são de fácil assimilação, porque o aluno consegue tatear e ouvir, assimilando a teoria aplicada pelo professor com a prática em suas mãos, podendo se apropriar do conteúdo de eletrodinâmica da mesma forma que os demais alunos, sem ser prejudicado pelas estratégias visuais.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação: Secretaria de Educação Especial. **Programa Nacional de Apoio à Educação de Deficientes Visuais**. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/index.php?option=content&task=view&id=30&Itemid=157>. Acesso em dez. 2018.

MOREIRA M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo (SP): Editora Livraria da Física; 2011.

PAULA, G. M. C; BIDA, G. L. **A Importância da Aprendizagem Significativa**. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1779-8.pdf>. Acesso em dez. 2019.

RIBEIRO, L. O. M. **A inclusão do aluno com deficiência visual em contexto escolar: afeto e práticas pedagógicas**. Revista Educação, Artes e Inclusão, v.13, nº1. Santa Catarina, 2017. Disponível em: <http://www.revistas.udesc.br/index.php/arteinclusao/article/view/9287/pdf>. Acesso em dez. 2019.