



## UMA EXPERIÊNCIA NO ENSINO DE CONCEITOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS PARA DEFICIENTES VISUAIS EM CURSOS DE ENGENHARIA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.4873

**Autores:** WANDERSON DE OLIVEIRA ASSIS, CRISTIANE MARIA BARRA DA MATTA, ALESSANDRA DUTRA COELHO

**Resumo:** Este trabalho apresenta uma pesquisa e avaliação do processo de ensino-aprendizagem para deficientes visuais. O trabalho aborda as iniciativas e atividades institucionais de inclusão, acessibilidade e apoio ao aluno com deficiência, além do enfoque na participação de atividades teóricas e práticas de um curso de Fundamentos de Circuitos Elétricos da Engenharia. Foram testadas e avaliadas várias estratégias, sendo verificado o resultado na compreensão dos conteúdos e seu impacto no aprendizado do estudante.

**Palavras-chave:** Educação. Inclusão Social. Deficiência Visual. Circuitos Elétricos. Prototipagem. Ensino de Engenharia.

# UMA EXPERIÊNCIA NO ENSINO DE CONCEITOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS PARA DEFICIENTES VISUAIS EM CURSOS DE ENGENHARIA

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente o uso de dispositivos tecnológicos na rotina das pessoas vem se tornando tão natural que muitos indivíduos não conseguem viver sem o acesso, principalmente no âmbito das necessidades básicas para sobrevivência e dignidade humana, como o fornecimento de energia elétrica, saneamento básico e comunicação. Este desfrute dos avanços tecnológicos são ainda mais essenciais para a qualidade de vida e inclusão social de PcD (Pessoas com Deficiência), sobretudo na área da educação.

Especificamente na área da educação, o princípio democrático do acesso é um direito garantido pela Constituição Federal de 1988, nos Art. 205, 206 e 208 (BRASIL, 1988), que assegura aos estudantes com necessidades específicas acesso a uma educação de qualidade. Nesse caso, não basta assegurar a matrícula nas escolas, mas garantir atendimento especializado que possibilite o desenvolvimento de todas as potencialidades do estudante.

Silva Junior et al. (2013) enfatiza a importância da formação de educadores para a educação inclusiva por meio de atividades voltadas para o desenvolvimento e não apenas como mera transmissão de conhecimentos, mas contribuindo para a formação de um cidadão crítico e capaz de superar dia após dia as dificuldades que a deficiência lhe impõe.

Pesquisas de 2019 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) mostraram que no Brasil havia 7,0 milhões de habitantes com deficiência visual como mostrado na Figura 1. Rahayu *et al.* (2021) informa que há cerca 2,2 bilhões de pessoas no mundo com deficiência visual. Além disso a pesquisa do IBGE mostra que as pessoas com deficiências apresentam menor nível de instrução em cada grupo etário considerado (IBGE, 2022). Diante desse cenário, iniciativas que permitam a inclusão social das pessoas com deficiência visual, inclusive no curso superior, podem efetivamente contribuir para formação profissional e como consequência melhorar a qualidade de vida dessas pessoas.

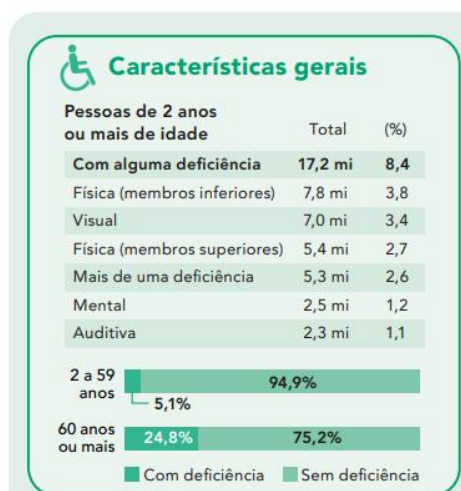


Figura 1 – Pesquisa Nacional de Saúde e Pesquisa de Informações Básicas Municipais (IBGE, 2022) - Características Gerais das Pessoas com Deficiência Visual

Para iniciar o estudo sobre os direitos dos estudantes com deficiência visual em relação à oferta educativa, fatores como condições estruturais previstas na legislação e no conjunto teórico já consolidado são fundamentais. Com base na relação legal e teórica, orientam-se técnicas e práticas necessárias para que os profissionais das instituições de ensino possam receber e atender o público em questão, viabilizando condições para que a perspectiva de escola inclusiva se efetive (GARCIA & BRAZ, 2020).

Nesse contexto, o uso de recursos didáticos e de tecnologia assistiva aparecem como ferramentas fundamentais para contribuir para a inclusão social. Adicionalmente se faz necessário avançar em questões relativas à prática e mediação pedagógica que atendam às especificidades de aprendizagem de discentes em condição de deficiência.

Algumas das estratégias de ensino incluem o uso do Sistema Braille e outros recursos que permitam ao estudante entender os textos, desenhos e formas a partir do tato (KARASTOYANOV, STOIMENOV & GYOSHEV, 2019). Contudo a estratégia se aplica a letras, números e símbolos padronizados, não sendo adequado para representar desenhos diversos, equações matemáticas, modelos complexos e aplicações industriais, que é o que se deseja em diversos conteúdos relacionados aos cursos de engenharia.

O trabalho proposto por León e Martini (2015) que faz parte da publicação “CSR and Sustainable Development: A Multinacional Perspective”, aborda a inclusão de pessoas com deficiência visual, com foco especialmente no ensino e aprendizagem de matemática. Para isso foi desenvolvido um software inovador que permite total acessibilidade na construção de fórmulas matemáticas e impressão de seus formatos de curvas em uma impressora Braille. Assim, a visualização tátil da forma de onda, referente à função matemática inserida para análise, proporciona ao deficiente visual a possibilidade de construir uma visão mental matemática.

Outros trabalhos adotam diversos recursos no ensino de deficientes visuais em cursos de engenharia. Sanavria et al. (2023) elaborou um material didático para ensino e aprendizagem de modelagem de sistemas de informação, o qual contemplava diagramas de casos de uso, diagrama de classe e modelos relacionais de dados implementados por modelagem e impressão 3-D. Mafra et al. (2012) descreveram um instrumento multifuncional de caráter pedagógico que incluía seis funções distintas integradas: guia de escrita, gabarito de formas geométricas, marcador de páginas, transferidor de graus, régua com marcações táteis e ainda furações para sistema de referência. Souza e Freitas (2018) apresentaram uma revisão de tecnologias assistivas para educação matemática de deficientes visuais. Primo, Ulbricht e Fadel (2021) mostraram o resultado de pesquisa aplicada à deficientes visuais sobre o uso de recursos de aprendizagem e transmídia na educação inclusiva.

Mesmo com tantos trabalhos direcionados para pessoas com deficiências visuais, a pesquisa bibliográfica mostrou que há poucos trabalhos direcionados para o estudo de engenharia em áreas técnicas de elétrica ou eletrônica. Steinmacher e Wiese (2010) elaboraram uma ferramenta de apoio para o ensino de lógica digital para deficientes visuais que incluiu diagramas por meio de linguagem textual em paralelo com objetos táteis permitindo criar circuitos lógicos a partir de expressões booleanas. Silva e Diniz (2017) abordaram o desenvolvimento e implementação de uma bancada didática para ensino de comandos elétricos e com acessibilidade para deficientes visuais. A bancada tem módulos intercambiáveis e utiliza baixa tensão para eliminar riscos de acidentes com choques elétricos. Silva e Silva (2014) projetaram e construíram um equipamento didático de eletrônica adaptado para pessoas com deficiência visual.

Neste trabalho propõe-se o uso de um dispositivo de prototipagem capaz de imprimir objetos tridimensionais, com caneta 3-D, além de outros recursos didáticos, para o ensino



de conteúdos relacionados à fundamentos de circuitos elétricos analógicos e digitais, visando facilitar o entendimento das pessoas com deficiência visual. Recursos similares foram adotados em trabalhos anteriores, mas direcionados para outras áreas de ensino, tais como desenho artístico e *design* de produto (WU *et al.*, 2020) e projetos de circuitos impressos (DAVIS *et al.*, 2020).

## 2 ENSINO DE FUNDAMENTOS DE CIRCUITOS

O projeto pedagógico dos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia Eletrônica, Engenharia de Controle e Automação e Engenharia de Computação do Instituto Mauá de Tecnologia consideram na 2ª série duas disciplinas semestrais formativas que apresentam os fundamentos de circuitos elétricos, respectivamente Fundamentos de Circuitos Digitais e Fundamentos de Circuitos Analógicos.

A disciplina de Fundamentos de Circuitos Digitais propicia conhecimentos, habilidades e atitudes básicos relacionados a circuitos digitais e engloba conteúdos como sistemas de numeração, álgebra booleana, aritmética binária, portas lógicas, tabela verdade, funções lógicas, simplificação e implementação de expressões booleanas, flip-flops, contadores, registradores, implementação de circuitos lógicos e elaboração de placas de circuito eletrônico. Ao final do curso espera-se que o aluno seja capaz de entender, analisar, projetar e implementar fisicamente circuitos lógicos combinatórios e sequenciais simples.

A disciplina de Fundamentos de Circuitos Analógicos propicia conhecimentos, habilidades e atitudes básicos relacionados a eletricidade e solução de circuitos elétricos analógicos, sendo abordadas as bases para solução de circuitos incluindo as leis fundamentais dos circuitos, que são as Leis de Ohm e de Kirchhoff, capacitando os estudantes à desenvolver equações matemáticas para determinar correntes, tensões e potência. Adicionalmente englobam ferramentas para análise de circuitos, das quais citam-se o "Método das Correntes nos Ramos", "Análise de Malhas", "Análise Nodal", "Teorema de Thévenin e Norton", "Conversão Estrela-Triângulo". Por fim, a disciplina capacita o estudante para interpretar o comportamento de circuitos em corrente contínua com capacitores e indutores.

Capacitar o aluno deficiente visual para que entenda todos os conteúdos e suas aplicações é uma tarefa difícil, de forma que o estudante precisa enfrentar várias dificuldades durante o processo de aprendizagem. Alguns desafios específicos incluem:

**a) Acessibilidade dos materiais:** a maioria dos materiais de ensino, como livros didáticos e *slides* de aula, são predominantemente visuais. Um estudante com deficiência visual precisa de versões acessíveis desses materiais, como livros em Braille, transcrições em áudio ou textos digitais formatados para leitores de tela.

**b) Visualização e interpretação dos circuitos:** a compreensão dos elementos e conexões em um circuito elétrico requer uma capacidade de visualização espacial. Um estudante com deficiência visual pode encontrar dificuldades em visualizar e interpretar diagramas e esquemas elétricos. Técnicas alternativas, como a representação tátil de circuitos em modelos físicos ou diagramas em relevo, podem ser úteis nesse caso.

**c) Experimentação prática:** a realização de atividades práticas envolvendo montagem e teste de circuitos elétricos pode apresentar desafios para um estudante com deficiência visual. A manipulação de componentes eletrônicos pequenos e a identificação adequada

dos pontos de conexão podem ser complicadas. Pode ser necessário adotar no processo de ensino uma abordagem adaptativa que envolva o uso de dispositivos e equipamentos de auxílio, além do apoio de assistentes qualificados.

**d) Softwares de simulação e design:** Muitas disciplinas de engenharia elétrica envolvem o uso de softwares de simulação e *design* de circuitos. A falta de acessibilidade dessas ferramentas pode prejudicar a capacidade do estudante de acompanhar os projetos e exercícios. É importante que sejam fornecidas alternativas acessíveis, como *softwares* compatíveis com leitores de tela ou suporte técnico especializado.

**e) Interação em sala de aula:** Durante aulas expositivas ou discussões em grupo, um estudante com deficiência visual pode encontrar desafios ao tentar interagir e acompanhar as informações transmitidas por meio de recursos visuais. Professores e colegas precisam estar cientes de possíveis dificuldades e fornecer informações adicionais por meio de descrições orais ou outros recursos acessíveis.

Para superar essas dificuldades, é fundamental que as instituições de ensino e professores adotem práticas inclusivas, oferecendo material de suporte adequado, tecnologias assistivas além de realizar adaptações necessárias para garantir que os estudantes com deficiência visual tenham igual acesso à educação na área de estudo.

### 3 AÇÕES NO INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA

O primeiro passo para o desenvolvimento de ações inclusivas é o diagnóstico e a identificação da dificuldade do estudante. Na sequência vêm o estabelecimento de ações no intuito de contribuir para a realização de atividades pedagógicas e implementação de estratégias de ensino que proporcionem acessibilidade e capacidade de adaptação para pessoas com deficiência.

Nesse contexto, o Instituto Mauá de Tecnologia (IMT) conta com diversas ações estratégicas aplicadas desde o início do curso de engenharia. Dentre elas podemos citar o Programa de Mentoria, o Programa de Apoio ao Aluno Mauá (PAAM) e o Núcleo de Apoio, Permanência e Acessibilidade (NAPA).

O Programa de Mentoria, inicialmente chamado de Tutoria, teve início em 2015 com o objetivo de facilitar a adaptação dos estudantes ao ambiente universitário e a integração com os colegas e professores (MATTA et al., 2022). O programa é uma oportunidade de apresentar ao aluno ingressante as oportunidades disponíveis na Instituição, inclusive o PAAM e o NAPA. É também por meio do contato com os mentores que as deficiências e as necessidades educacionais especiais ou de mobilidade reduzida são muitas vezes identificadas.

Após a identificação ou o relato da necessidade de suporte especial, os estudantes são encaminhados ao NAPA. Nesse espaço, conduzido por profissionais da Engenharia e da Psicologia, solicita-se inicialmente ao estudante o preenchimento de um formulário com as necessidades apontadas e a inserção do laudo médico. Na sequência faz-se o acolhimento, a orientação e o acompanhamento do desenvolvimento acadêmico ao longo da graduação, com apoio psicopedagógico e psicológico. Simultaneamente procura-se sensibilizar e apresentar práticas inclusivas aos coordenadores de curso, docentes e profissionais técnico-administrativos, de maneira individualizada, coletiva ou com treinamentos na Academia de Professores. Cabe ao NAPA promover campanhas de esclarecimento e conscientização frente às questões relacionadas às diversas formas de dificuldades físicas, intelectuais ou motoras e contribuir na acessibilidade, na inclusão, no apoio e na permanência ao Centro Universitário do IMT, com foco na democratização dos

espaços e do ensino.

De forma complementar, o PAAM (MELLO, CALDEIRA e MATTA, 2022) considera as melhores práticas e protocolos já desenvolvidos no contexto universitário, como também desempenha um papel fundamental na promoção do sucesso acadêmico e no bem-estar dos estudantes, oferecendo suporte emocional aos estudantes, criando um ambiente seguro e confidencial para discutir questões psicológicas, desenvolver habilidades de enfrentamento, facilitando sua adaptação, integração e permanência na faculdade. Isso engloba orientação sobre questões acadêmicas, sociais e pessoais. Ao oferecer um suporte multifacetado e personalizado, o PAAM desempenha um papel crucial no fortalecimento da comunidade acadêmica e na promoção do sucesso de todos os estudantes.

#### 4 ESTRATÉGIAS ADOTADAS PARA O ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS PARA DEFICIENTES VISUAIS

Nesta seção serão descritas as ações que foram implementadas para o ensino inclusivo, direcionado para um aluno deficiente visual nas disciplinas de Fundamentos de Circuitos Analógicos e Digitais.

##### 4.1 Acessibilidade dos materiais

Todos os materiais de ensino foram disponibilizados em ambiente virtual de aprendizagem, estando acessíveis para todos os alunos. Como mencionado anteriormente, é desejável que o estudante esteja habituado a utilizar recursos de transcrições em áudio a partir de textos digitalizados. Nesse sentido há diversas soluções disponíveis:

- NVDA (*NonVisual Desktop Access*): leitor de tela de código aberto e gratuito que permite que pessoas com deficiência visual acessem e interajam com o conteúdo digital em computadores.

- JAWS (*Job Access With Speech*): leitor de tela pago que também fornece suporte avançado para pessoas com deficiência visual ao ler o conteúdo de documentos e navegadores da web.

- Google Documentos: ferramenta *online* gratuita oferecida pelo Google que possui uma funcionalidade de ditado por voz. Os usuários só precisam ativar a opção "Digite por voz" no menu "Ferramentas" para fazer a transcrição.

- Microsoft Word: a versão mais recente do Microsoft Word possui uma funcionalidade de ditado por voz embutida. Comandos de voz podem ser usados para transcrever o áudio em texto.

- EasySpeech2Text: ferramenta *online* gratuita que converte áudio em texto. Os usuários podem fazer *upload* de arquivos de áudio ou gravar a partir do microfone do computador e, em seguida, receber a transcrição em formato de texto.

Segundo Santos e Brandão (2020) a audiodescrição incorporada ao contexto educacional pode contribuir para o aprendizado de Física dos estudantes universitários com deficiência visual.

Em relação à questão da infraestrutura para acessibilidade, embora o Instituto atenda à maioria dos requisitos, procurou-se realizar as atividades teóricas e expositivas em ambientes de mais fácil acesso para o aluno. Não havia nenhuma dificuldade para conseguir acessar os espaços e laboratórios tipicamente utilizados para atividades práticas.

##### 4.2 Visualização e interpretação dos circuitos

Para facilitar o entendimento do aluno, todas as aulas teóricas foram realizadas fazendo uso de material didático especial implementado em folhas de PET (Polietileno Tereftalato) com impressão em relevo por meio de canetas 3-D. As Figuras 2 a 5 mostram



alguns exemplos de circuitos elétricos digitais e analógicos implementados no material didático e utilizados pelo aluno nas aulas teóricas. Em algumas aulas fez-se uso de placas de madeira cortadas na máquina a laser, podendo o desenho ser impresso em profundidade como mostrado na Figura 2(a). Em outros casos, como mostrado na Figura 4(b) os desenhos foram cortados na máquina a laser e colados em relevo nas placas. Para o deficiente visual o resultado foi melhor quando os desenhos eram impressos em relevo, porque facilitavam a identificação pelo tato. Por isso, as estratégias mais utilizadas foram os desenhos impressos com caneta 3D e em alguns casos com a máquina a laser com os desenhos fixados em relevo. Contudo, essa última opção demandava maiores antecipação e tempo de planejamento, para haver tempo de preparação do material no FabLab da Instituição. Adicionalmente para desenhos com menor resolução, curvas ou textos, como mostrado nas Figuras 3(a) e 5(a), tornava-se inviável a fabricação na máquina a laser.

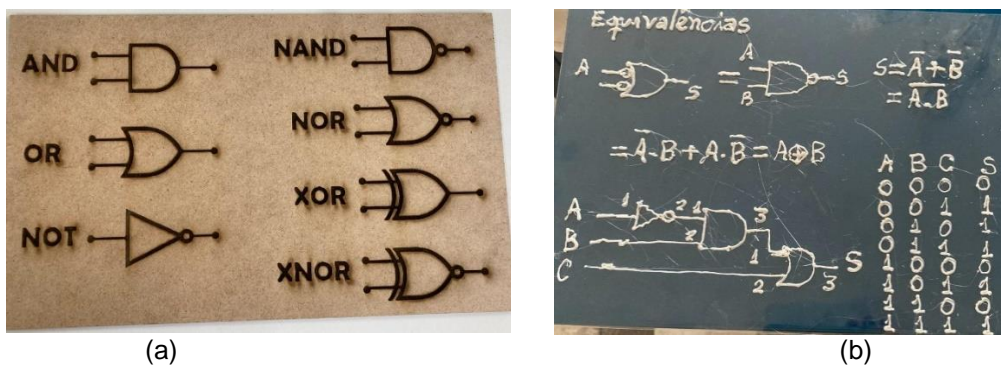


Figura 2 – Material Didático Utilizado na Aula sobre Portas Lógicas na Disciplina de Fundamentos de Circuitos Digitais

- (a) Portas Lógicas Fundamentais
- (b) Conceitos de Equivalências de Portas Lógicas e Tabela Verdade

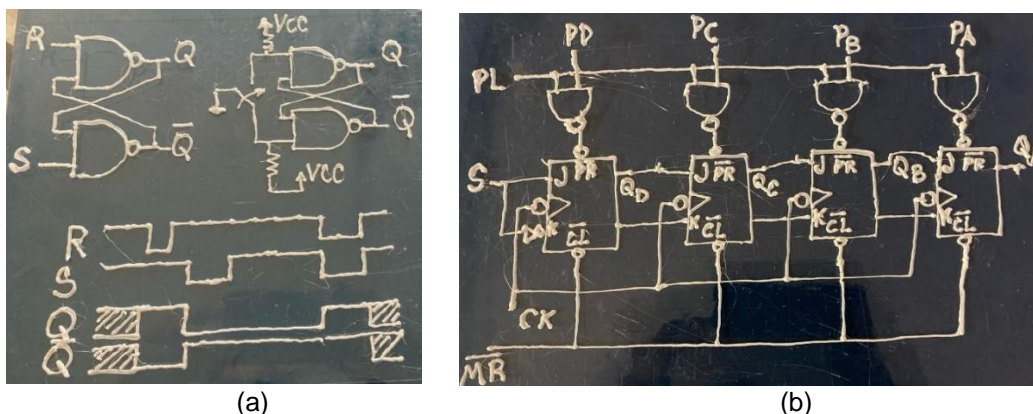


Figura 3 – Material Didático Utilizado em Aulas sobre Flip-Flops e Registrador de Deslocamentos na Disciplina de Fundamentos de Circuitos Digitais

- (a) Flip-Flop RS e Carta de Tempo
- (b) Diagrama esquemático do Registrador de Deslocamento

Todas as aulas teóricas contaram com a presença contínua de um monitor para acompanhar o aluno deficiente visual, ajudando-o na utilização do material didático e direcionando-o para entender os conceitos envolvidos. Assim o estudante conseguia apontar eventuais dúvidas e esclarecê-las, simultaneamente, enquanto ouvia as explicações realizadas pelo professor na lousa para todos os outros alunos.

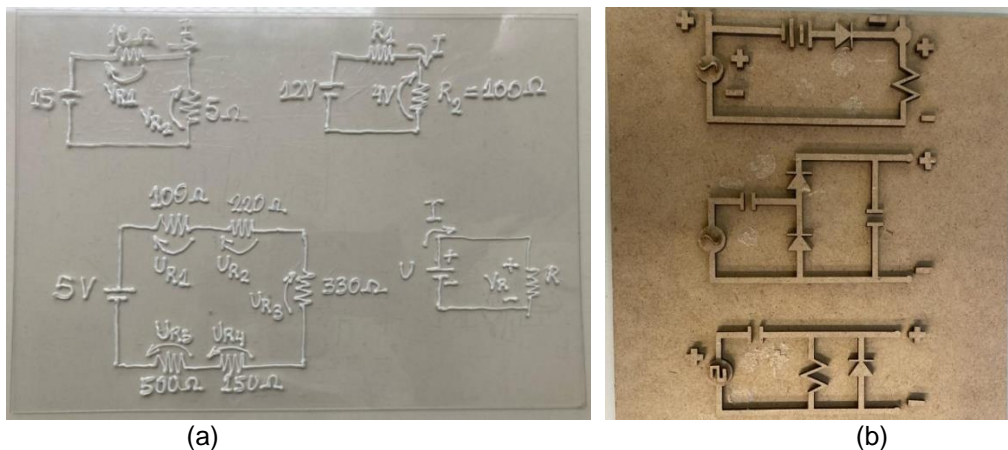


Figura 4 – Material Didático Utilizado em Aulas sobre Circuitos Elétricos na Disciplina de Fundamentos de Circuitos Analógicos

- (a) Conceitos Iniciais sobre Solução de Circuitos
- (b) Exemplo de Aplicação com Bipolos (Ex: Fonte, Bateria, Diodo e LEDs)

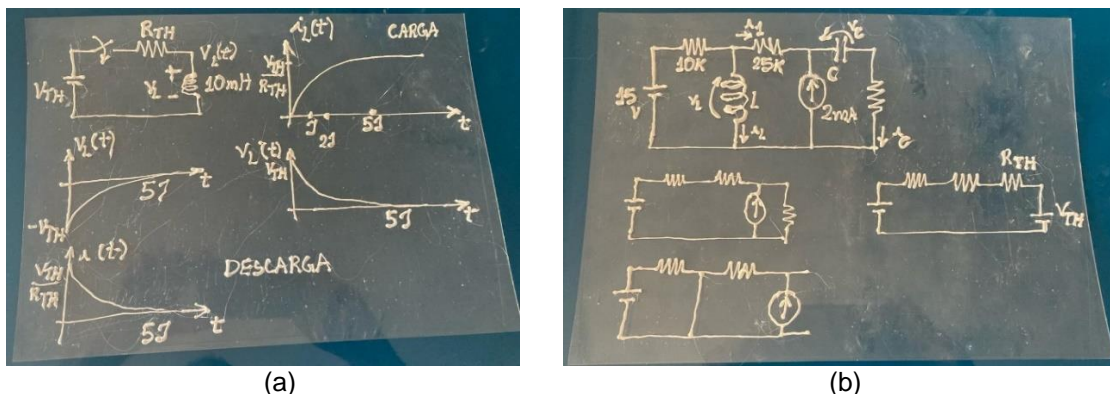


Figura 5 – Material Didático Utilizado em Aulas sobre Capacitores e Indutores

- (a) Carga e Descarga de Indutores
- (b) Circuitos com Capacitores e Indutores

Esses materiais didáticos foram também utilizados nas avaliações, as quais foram realizadas com acompanhamento do professor, responsável por fazer a leitura da prova, colocar o aluno em contato com o material didático e fazer as anotações das soluções das questões conforme descrito pelo próprio aluno após sua análise.

### 4.3 Experimentação prática

As atividades foram realizadas em equipe, mas sem a utilização de monitor. O contato e interação com os próprios colegas de sala propiciaram maior integração, enquanto o material didático e a interação com o professor proporcionaram ao aluno maior autonomia e liberdade para seguir o seu próprio ritmo durante as atividades de laboratório. O professor esteve atento a aspectos didáticos e de segurança na manipulação dos componentes e materiais de laboratório, de forma a evitar eventuais acidentes ou má utilização.

Bernardi *et al.* (2018) afirma que o acesso e permanência das pessoas com deficiência visual em Instituições de Ensino Superior está relacionado com o processo de aceitação destes indivíduos nos mais diversos setores da sociedade. Por isso, o convívio no laboratório é uma oportunidade de interação e inclusão dos estudantes no ambiente acadêmico e ao mesmo tempo contribui para sua formação pessoal e profissional.



As Figuras 6 e 7 mostram exemplos de material didático utilizado no laboratório os quais naturalmente permitem a utilização de estudantes com deficiência visual.

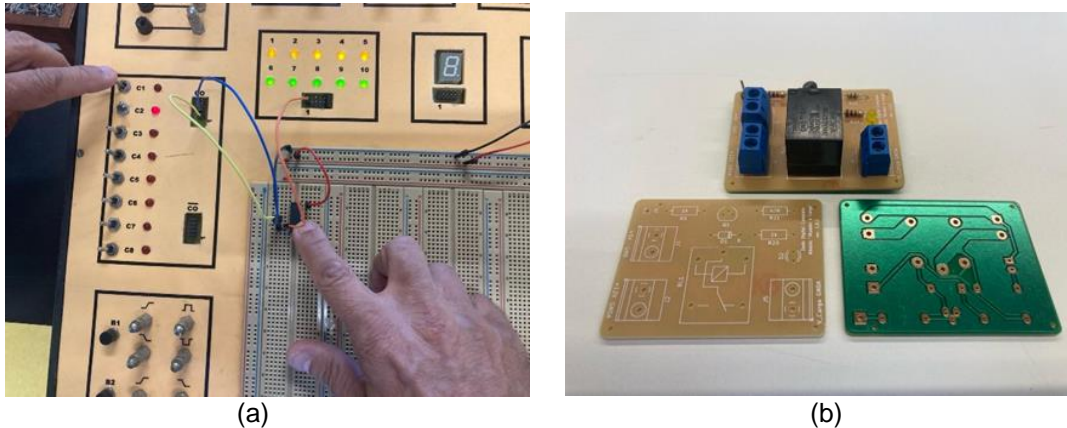


Figura 6 – Material Didático Utilizado em Aulas do Laboratório de Fundamentos de Circuitos Digitais  
(a) Circuito com Porta Lógica Implementado em Painel com Protoboard  
(b) Experimento com Relé e Placa de Circuito Impresso - Atuador e Carga

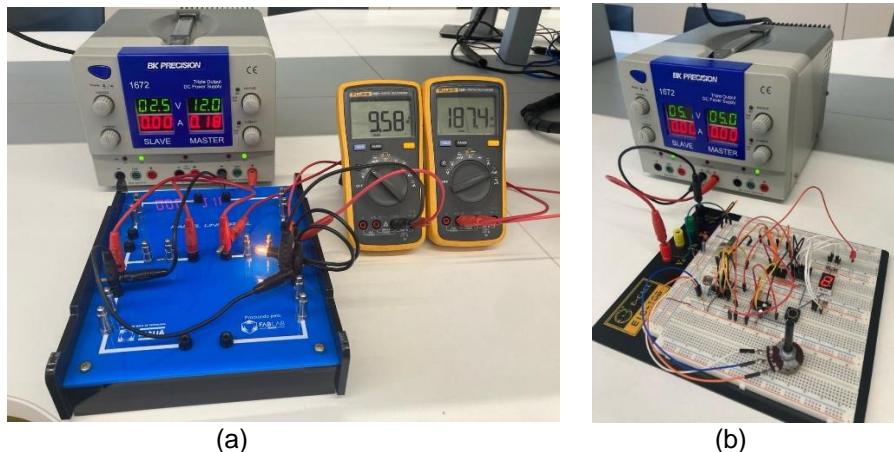


Figura 7 – Material Didático Utilizado em Aulas do Laboratório de Fundamentos de Circuitos Analógicos  
(a) Experimento sobre Bipolos com Fonte, Multímetros e Painel Digital  
(b) Projeto de Final de Semestre

#### 4.4 Softwares de simulação e design

Não foram utilizados *softwares* de simulação nesta disciplina, pois o seu objetivo é permitir ao aluno entender os fundamentos básicos de circuitos e os principais elementos em corrente contínua. *Softwares* de simulação serão abordados em disciplinas posteriores.

#### 4.5 Interações em sala de aula

As interações com professor, monitor e colegas de sala foram evidenciadas. Houve atenção na promoção de oportunidades para que o estudante se sentisse incluído, exigido no conhecimento, oferecendo suporte quando necessário, com foco no desenvolvimento intelectual e de habilidades da engenharia elétrica. A estratégia foi proporcionar autonomia ao aluno para que ele, como os demais, pudesse trabalhar futuramente na solução de problemas de Engenharia, com atenção aos aspectos de segurança.

## 5 DEVOLUTIVA DO ESTUDANTE

Um Questionário de Avaliação e *Feedback* das estratégias adotadas foi elaborado

para que o estudante pudesse relatar as suas percepções e experiências quanto ao aprendizado nas disciplinas citadas nesse artigo.

Na visualização e interpretação dos circuitos foram utilizados alguns recursos como impressão com caneta 3-D em folhas de PET, placas de madeira com circuitos montados utilizando máquinas a laser em profundidade e placas de madeira com circuitos montados em alto relevo. O estudante apontou que “os recursos didáticos foram inovadores e assertivos, e efetivamente contribuíram, com excelência, para a sua aprendizagem. Assim, ele recomendaria a impressão na máquina a laser, especialmente para circuitos mais complexos, e o uso de caneta 3-D com transparência, pois esses materiais facilitaram o entendimento tátil dos circuitos”. Para circuitos com mais de três malhas mesmo com uso de todos estes implementos fez-se necessária uma descrição oral do circuito, como realizadas em provas. O estudante ainda afirmou que “a presença de um professor especialista em provas é fundamental, pois favoreceu a comunicação”.

A interação entre professor e aluno ocorreu de forma excelente nas aulas teóricas, sendo intermediada com sucesso por meio do aluno monitor da disciplina, permitindo a compreensão dos tópicos que estavam sendo ensinados na lousa e no material didático utilizado.

Nas aulas de laboratório houve um decréscimo na sua participação nas atividades práticas. A interação entre professor e aluno, bem como entre os colegas nas equipes de laboratório ocorreram normalmente, o suficiente para permitir a compreensão dos experimentos práticos realizados. Segundo o estudante, os recursos didáticos utilizados em laboratório foram adequados e muito importantes para a aprendizagem.

Em relação à acessibilidade dos materiais da disciplina, o aluno utilizou o PowerPoint da disciplina, bem como partes da bibliografia contida nos iBooks. Em alguns momentos foram utilizados blocos de montagem de madeira, do tipo Jenga, para fazer a montagem de circuitos teóricos, proporcionando facilidade para redesenhar e entender esses circuitos.

A infraestrutura da Instituição atendeu com excelência aos requisitos de acessibilidade e inclusão, permitindo ao estudante com deficiência visual participar de todo o processo de ensino-aprendizagem. As estratégias adotadas foram consideradas inovadoras e assertivas, e efetivamente contribuíram, com excelência, para a aprendizagem.

No depoimento do aluno ele mencionou que “acredita que teve um aproveitamento razoavelmente bom tanto na disciplina de Fundamentos de Circuitos Digitais, quanto na disciplina de Fundamentos de Circuitos Analógicos. Nesse contexto, o aprendizado superou bastante as expectativas, pois imaginou que teria mais dificuldade para compreender o conteúdo”. Afirmou, ainda, que “na etapa do aprendizado ficou bastante apreensivo em como aplicar na prática os conhecimentos adquiridos, dada a deficiência visual, e como usaria os instrumentos na vida real, tais como voltímetro, amperímetro e outros”.

Em relação à infraestrutura do campus, a questão do deslocamento foi relatada como um item a ser aprimorado, principalmente nos espaços externos aos prédios, para que exista mais autonomia na locomoção dos deficientes visuais.

Outro aspecto apontado foi o uso de programas de computador como simulação gráfica, pois o estudante “acredita que em alguns casos poderia existir uma melhor comunicação com os provedores dos programas para melhorar a compatibilidade com leitores de tela”.

Por fim, no âmbito das matérias da área da elétrica, a construção de um método que considerou a deficiência específica, desde o início, facilitou a comunicação do aluno com os professores.

Destaca-se a importância da inclusão estudantil de forma sistêmica e colaborativa



que alinha as expectativas e as experiências anteriores, o apoio pedagógico em aulas e extraclasse, a orientação do monitor facilitador, o apoio psicológico e o suporte do corpo docente com destaque e incentivo às boas práticas.

## 6 Considerações FINAIS

Este artigo teve como objetivo apresentar iniciativas e atividades institucionais de inclusão, acessibilidade e apoio ao aluno deficiente visual, com ênfase na realização de atividades teóricas e práticas da disciplina de Fundamentos de Circuitos Elétricos do curso de Engenharia.

A atuação realizada pelo corpo docente, técnico-administrativo e do NAPA, na promoção da inclusão e do desenvolvimento acadêmico de estudantes com necessidades especiais, mostrou-se positiva nos aspectos intelectuais e emocionais, evidenciando a eficácia de uma abordagem colaborativa e centrada no aluno. Assim, concluiu-se que as práticas adotadas na adaptação educacional permitiram certa autonomia, conhecimento técnico, avanço no desenvolvimento acadêmico e a formação nos conteúdos de elétrica e eletrônica.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido pelo Instituto Mauá de Tecnologia - IMT e pela oportunidade de aprendizado junto ao estudante deficiente visual.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 out. 1988.

BERNARDI, Luana; ROSA, Ana Carla Gomes; SILVA, Josivaldo Godoy da; ANTONIOLLI, Andreia Conceição Milan Brochado; NASCIMENTO, Valter Aragão do. Autonomia das Pessoas com Deficiência Visual em Instituições de Ensino Superior. Interfaces Científicas – Saúde e Meio Ambiente, Aracaju, v. 7, n. 1, p. 9 – 16, Outubro, 2018. <https://doi.org/10.17564/2316-3798.2018v7n1p9-16>.

DAVIS, Josh Urban; WU, Te-Yen; SHI, Bo; LU, Hanyi; PANOTOPOULOU, Athina; WHITING, Emily; YANG, Xing-Dong. Tangiblecircuits: An Interactive 3D Printed Circuit Education Tool for People with Visual Impairments. Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, April, 2020. Pages 1-13. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376513>. Acesso em 15/02/2024.

GARCIA, Fabiane Maia; BRAZ, Aissa Thamy Alencar Mendes. Deficiência Visual: Caminhos Legais e Teóricos da Escola Inclusiva. Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação. Jul. Sep. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-40362020002802399>. Acesso em 14/02/2024.

IBGE. Pessoas com Deficiência e as Desigualdades Sociais no Brasil. Estudos e Pesquisas – Informação Demográfica e Socioeconômica, n. 47, 2022. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101964\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101964_informativo.pdf). Acesso em 14/02/2024.



KARASTOYANOV, D., STOIMENOV, N.; GYOSHEV, S. Methods and Means for Educations of People With Visual Impairments. IFAC – Papers On Line, Volume 52, 2019, pages 539-542. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.601>. Acesso em 14/02/2024.

LEÓN, Lorena C.; MARTINI, Luiz C. Education and Social Inclusion of People with Visual Impairment in the Study of Mathematical Functions. In.: CSR and Sustainable Development: A Multinacional Perspective. Editors: Saurabh Mittal e Anu Gupta. Society for Education & Research Development, 2015

MAFRA, Eliane; MACEDO, Marcelo; BATIZ, Eduardo; BOTELHO, Louise. A Régua da Inclusão no Processo de Aprendizagem de Pessoas com Deficiência Visual. 2. CONEPRO-SUL – Produção Inovadora e Sustentada. Maio/Junho de 2012. Joinville, Brasil.

MATTA, Cristiane Maria Barra da; KUNIGK, Cynthia Jurkiewicz; SOUZA, Keiti Pereira Vidal de; MATTA, Eduardo Nadaletto da. Estrutura de um Programa de Tutoria e Percepção do Ingressante de Engenharia em Época de Pandemia. L Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia e V Simpósio Internacional de Educação em Engenharia da ABENGE, Setembro, 2022, [https://abenge.org.br/sis\\_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE22&codigo=COBENGE22\\_00302\\_00004048.pdf](https://abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE22&codigo=COBENGE22_00302_00004048.pdf) .

MELLO, Luana, CALDEIRA, Ana Cristina, MATTA, Cristiane Maria Barra da. Programa de Apoio ao Aluno Mauá (PAAM): Estrutura do Serviço de Psicologia Híbrido e Suas Contribuições. L Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia e V Simpósio Internacional de Educação em Engenharia da ABENGE, Setembro, 2022, Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/365510927\\_PROGRAMA\\_DE\\_APOIO\\_AO\\_ALUNO\\_MAUA\\_PAAM ESTRUTURA DO SERVICO DE PSICOLOGIA HIBRIDO E SUAS CONTRIBUICOES/download?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InByb2ZpbGUjLCJwYWdlIjoX2RpcmVjdCJ9fQ](https://www.researchgate.net/publication/365510927_PROGRAMA_DE_APOIO_AO_ALUNO_MAUA_PAAM ESTRUTURA DO SERVICO DE PSICOLOGIA HIBRIDO E SUAS CONTRIBUICOES/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InByb2ZpbGUjLCJwYWdlIjoX2RpcmVjdCJ9fQ). Acesso em 15/02/2024.

PRIMO, Lane; ULBRICHT, Vania Ribas; FADEL, Luciane Maria. Aprendizagem de Estudantes com Deficiência Visual e a Abordagem Transmídia. IV CINTEDI - Congresso Internacional de Educação Inclusiva – Edição Digital e Revista Educação Inclusiva (REIN), v. 6, n. 1, Universidade do Estado da Paraíba, 2021.

RAHAYU, Mesra; SYARFAR, Muhammad; THAHA, Razak; JAFAR, Nurhaedar; NATSIR, Sudirman; ARENI, Intan Sari. Meta synthesis: Mobile health education to healthy lifestyle for visual impairment. Enfermería Clínica, Volume 31, Supplement 5, 2021. Pages S821-S827, <https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2021.10.008>.

SANAVRIA, Claudio Zarate, SOUZA FILHO, Celio Ferreira de; PEREIRA, Helder Gabriel da Silva; LIMA, Maria Julia Menezes; FLORIANO, Nicolas Satos; *et al.* Engenharia de Software e Banco de Dados para Deficientes Visuais: Uma Proposta de Material Inclusivo 3-D para Modelagem de Sistemas. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação. Lousada ISS. E56, Feb. 2023, pp. 15-28. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/73b9743edad126b987a8be5c3ea910e1/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>. Acesso em 15/02/2024.

SANTOS, Priscila Valdênia dos; BRANDÃO, Gisllayne Cristina de Araújo. Tecnologias Assistivas no Ensino de Física para Alunos com Deficiência Visual: Um Estudo de Caso

Baseado na Audiodescrição. Ciência e Educação, v. 26, Bauru, 2020.  
<https://doi.org/10.1590/1516-731320200046>.

SILVA, David Vasconcelos Corrêa da; SILVA, Marília Gonçalves Dutra; Equipamento Didático de Eletrônica Digital para Pessoas com Deficiência Visual. I Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense – Campus Campos-Guarus (IFF), 2014.

SILVA JUNIOR, Samuel Vinente da; SILVA, Ketlen Júlia Lima da; SOUZA, Danilo Batista de. A Educação Especial no Brasil e os Desafios para Inclusão Escolar – A Implementação das Políticas Públicas da Declaração de Salamanca ao Decreto 7611/2011. VI Jornada Internacional de Políticas Públicas. Agosto, 2013, São Luís do Maranhão, Brasil. Disponível em: <https://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinpp2013/JornadaEixo2013/anais-eixo8-direitosepoliticaspUBLICAS/pdf/aeducacaoespecialnobrasileosdesafiosparainclusaoescolar.pdf>. Acesso em 14/02/2024.

SILVA, Robson Taveira Gonçalves; DINIZ, Alexandre Magno Ferreira. Desenvolvimento e Implementação de uma Bancada Didática para Comandos Elétricos com Acessibilidade para Deficientes Visuais. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), 2017.

SOUZA, Adriana; FREITAS, Diamantino. Tecnologias Assistivas para Apoiar o Ensino e Aprendizagem de Pessoas com Deficiência Visual na Matemática: Uma Revisão Sistemática da Literatura. VII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2018) e Anais do SBIE 2018 - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2018. Disponível em: <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/sbie/article/view/8052>. Acesso em 15/02/2024.

STEINMACHER, Igor; WIESE, Igor Scaliante. Uma Ferramenta de Ensino de Circuitos Lógicos para Deficientes Visuais. Revista Varia Scientia, v. 09, n. 16, p. 159-170, 2010.

WU, Chih-Fu, WU, Hsiang-Ping, TU, Yung-Hsiang; YEH, I-Ting. 3D Pen Tactile Pictures Generated by Individuals with Visual Impairments. Journal of Visual Impairment & Blindness, v. 114, Issue 5, pp. 382-392, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0145482X20954759>. Acesso em 15/02/2024.

## AN EXPERIENCE IN TEACHING ELECTRICAL CIRCUITS CONCEPTS FOR THE VISUALLY IMPAIRED IN ENGINEERING COURSES

**Abstract:** *This work presents research and evaluation of the teaching-learning process for visually impaired people. The work addresses institutional initiatives and activities for inclusion, accessibility and support for students with disabilities, in addition to focusing on participation in theoretical and practical activities of a Fundamentals of Electrical Circuits in Engineering course. Various strategies were tested and evaluated, and the results were verified in terms of understanding the content and its impact on student learning.*

**Keywords:** *Education. Social inclusion. Visual impairment. Electric circuits. Prototyping. Engineering Teaching.*

