



MULTIDISCIPLINARIDADE NA PRÁTICA - APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (PBL) APPLICADA AO ENSINO DE ELETRÔNICA E AUTOMAÇÃO

DOI: 10.37702/2175-957X.COBIENGE.2025.6134

Autores: VICTOR FELÍCIO RIGONATO, MIQUÉIAS DE JESUS SILVA, THAMYRIS DA SILVA, EVANGELISTA, VALDEZ ARAGÃO DE ALMEIDA FILHO

Resumo: Este artigo apresenta o desenvolvimento de um projeto de sensor de temperatura como parte da disciplina de Eletrônica Analógica I na UNIFESSPA, utilizando a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) como metodologia central. Um circuito foi construído utilizando o sensor de temperatura LM35, amplificadores operacionais LM741, potenciômetros, buzinas e ventiladores de refrigeração para detectar e reagir a variações de temperatura. O sistema foi simulado no Proteus e posteriormente montado em placas de prototipagem, integrando conhecimentos teóricos e práticos. Desafios durante a implementação, como ajustes de componentes e limitações de corrente, foram solucionados de forma iterativa. O projeto destaca o valor pedagógico da aprendizagem ativa na educação em engenharia, promovendo autonomia, trabalho em equipe e experiência prática.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Problemas, Sensor de Temperatura LM35, Amplificador Operacional (LM741)

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

MULTIDISCIPLINARIDADE NA PRÁTICA – APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (PBL) APLICADA AO ENSINO DE ELETROÔNICA E AUTOMAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A evasão no ensino superior tem se consolidado como um dos principais desafios da educação brasileira nos últimos anos. Dados da Secretaria de Modalidades Especializadas de Educação (SEMESP, 2021) apontam um aumento significativo nas taxas de abandono escolar, com o índice mais elevado registrado em 2020, início da pandemia da COVID-19, quando alcançou alarmantes 37%. Especificamente na área das engenharias, segundo o Conselho Nacional de Educação (CNE), a média de evasão gira em torno de 22%, considerando as mais de 30 habilitações ofertadas no país. Diante desse cenário, diversos estudiosos (Barbosa, 2014; Alvez & Mantovani, 2016; Bipshop, 2013) têm buscado estratégias para enfrentar esse problema, propondo melhorias tanto no ensino superior quanto na educação básica.

Entre as abordagens mais promissoras estão as metodologias ativas de ensino, que têm se mostrado eficazes na redução da evasão. Rubem Alves (2001) defende uma educação que inspire e motive os alunos, despertando sua criatividade e o prazer pelo aprendizado. É nesse contexto que se insere a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), uma metodologia que visa auxiliar os estudantes na assimilação do conteúdo teórico, ao mesmo tempo em que desenvolve sua capacidade de resolver problemas e promove maior engajamento no processo de aprendizagem (Levin, 2001). Em um contexto interdisciplinar, os problemas propostos devem envolver diversas disciplinas do currículo, exigindo dos discentes tomadas de decisão e o desenvolvimento de competências cognitivas mais complexas do que aquelas alcançadas pela simples memorização (Lopes et al., 2019).

Além disso, essa abordagem metodológica está alinhada às Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia, estabelecidas pela resolução do CNE de 2019, que enfatizam a importância da articulação entre teoria e prática, promovendo uma formação mais integrada e conectada aos desafios da profissão.

Com base nesse referencial, foi desenvolvido um projeto prático com alunos do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA), com o objetivo de aplicar os conhecimentos adquiridos nas disciplinas de Eletrônica Analógica, Automação e Circuitos Elétricos. A proposta reforça a integração entre conteúdos já estudados ao longo do curso, destacando a multidisciplinaridade que pode ser explorada nas atividades práticas. O projeto alia os princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) ao trabalho em laboratório, potencializando o aprendizado e evidenciando a efetividade da metodologia.

A atividade consistiu na construção de um circuito eletrônico capaz de detectar variações de temperatura por meio de um sensor, acionando um sistema de alarme sonoro e de refrigeração. O experimento utiliza componentes como amplificadores operacionais (Amp-ops), diodos e transistores, possibilitando a aplicação prática dos conceitos teóricos abordados em sala de aula.

A participação ativa dos estudantes em todas as etapas do projeto permitiu a tomada de decisões autônomas, tanto na interação em equipe quanto na resolução de problemas técnicos surgidos ao longo do desenvolvimento. Essa autonomia reforça a argumentação de Levin sobre os benefícios da aprendizagem ativa, tornando o processo mais dinâmico e envolvente e rompendo com os modelos tradicionais de ensino. Este artigo está organizado em cinco seções, que abordam os componentes utilizados na montagem do circuito, a

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

concepção e o desenvolvimento do projeto, a análise dos resultados obtidos e as considerações finais sobre o trabalho realizado.

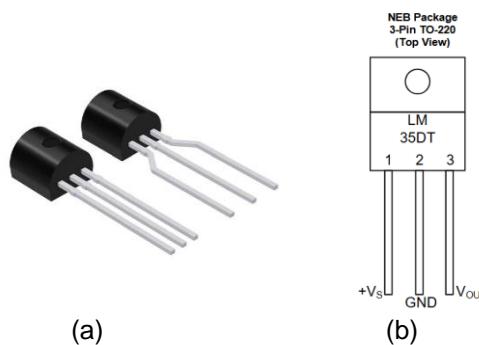
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 LM35

As informações coletadas por um sistema, seja ele digital ou analógico, geralmente são de natureza analógica, pois representam valores numéricos de um parâmetro físico e não elétrico a ser analisado, como pressão, vazão, nível ou temperatura. O objetivo do sensor é converter esse sinal não elétrico em um sinal elétrico equivalente (Ribeiro, 1999).

Para o desenvolvimento do projeto, foi escolhido o sensor LM35, pois suas características atendem às especificações necessárias. Esse sensor é capaz de produzir um sinal de tensão com uma variação de 10 mV (milivolts) para cada °C (grau Celsius), operando em uma faixa térmica que varia de -55 °C a 150 °C. Isso o torna ideal para situações com variações bruscas de temperatura, sem que suas características e modos de operação sejam comprometidos (Texas Instruments, 2017). Uma das razões para essa estabilidade é o fato de a corrente extraída da fonte ser muito pequena, variando na faixa de apenas 60 μ A (microampères), o que resulta em um auto aquecimento extremamente baixo. Na Figura 1(a) é apresentado o encapsulamento do sensor, enquanto a Figura 1(b) exibe a configuração de sua pinagem. No circuito montado, sua função é captar os parâmetros de temperatura do ambiente e convertê-los em um sinal elétrico, enviando-os para o circuito principal.

Figura 1 – (a) Sensor encapsulado; (b) Configuração de pinagem.



Fonte: Texas Instruments, 2017.

2.2 LM741

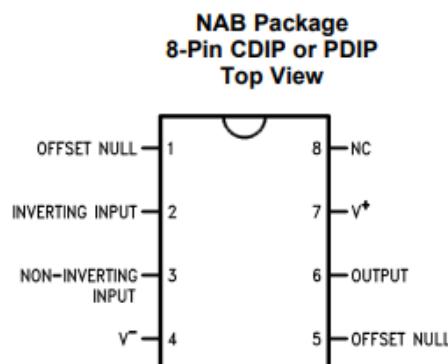
Os amplificadores operacionais são dispositivos caracterizados por possuírem alto ganho, elevada impedância de entrada e baixa impedância de saída. Eles são amplamente utilizados em aplicações que envolvem alteração de valores de tensão, osciladores, filtros e diversos circuitos de instrumentação (Boylestad, 2013). Para atender às necessidades do projeto, foi escolhido o amplificador operacional LM741, que requer uma fonte de alimentação simétrica para seu funcionamento. A entrada aplicada na entrada inversora é subtraída da tensão aplicada à entrada não inversora, e a diferença resultante é amplificada com um ganho típico de 100.000 (Texas Instruments, 2015). Na Figura 2 é apresentado o circuito integrado LM741 com suas configurações de pinagem.

No projeto, um LM741 foi configurado como amplificador com ganho de 10 vezes, utilizando resistores para definir esse valor. Além disso, outros dois amplificadores operacionais foram empregados na configuração de comparador, onde uma pequena diferença entre as entradas é amplificada em até 100.000 vezes, elevando a tensão de saída

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

para um valor próximo à tensão de alimentação. Para garantir a tensão de saída necessária, um potenciômetro foi adicionado ao circuito, permitindo o ajuste do limite da tensão a ser comparada.

Figura 2 – Pinagem do CI LM741 e suas funções.



Fonte: Texas Instruments, 2015.

2.3 BUZZER

Buzzers são amplamente utilizados para emitir alertas e sinais sonoros em diversos tipos de dispositivos eletrônicos e sistemas. Esses dispositivos eletroacústicos convertem sinais elétricos em ondas sonoras audíveis por meio de um transdutor piezoeletrico, material capaz de gerar vibrações mecânicas quando submetido a uma corrente elétrica (Guse, 2024).

Os *buzzers* podem ser classificados em diferentes tipos. Para este projeto, foi escolhido o *buzzer* ativo, que emite som assim que uma corrente elétrica é aplicada, esse componente pode ser observado na Figura 3. Para controlar seu acionamento, foi adicionado um resistor de $100\ \Omega$ (ohms) em seu terminal de entrada. Dessa forma, quando a tensão atingisse o valor desejado, a corrente necessária seria conduzida, ativando o *buzzer*.

Figura 3 – Buzzer ativo.



Fonte: Eletrogate, 2024.

2.4 Potenciômetro

Resistores variáveis possuem uma resistência que pode ser ajustada girando um botão ou outro mecanismo apropriado para a aplicação específica. Quando esses dispositivos possuem três terminais, são chamados de potenciômetros. O botão ou chave localizado no centro do encapsulamento controla o movimento de um contato deslizante, que se desloca ao longo de um elemento resistivo conectado entre os terminais externos. Dessa forma, a resistência entre os terminais pode variar entre $0\ \Omega$ e um valor máximo correspondente ao valor nominal do potenciômetro (Boylestad, 2012).

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

Na Figura 4 é apresentado o tipo de potenciômetro utilizado no projeto. Sua função no circuito foi ajustar a resistência no comparador que utilizava o amplificador operacional (AOP). Foram empregados dois potenciômetros de $1\text{ k}\Omega$, cada um configurado com uma resistência diferente, permitindo que cada comparador atuasse em um estágio distinto de temperatura do circuito.

Figura 4 – Potenciômetro.



Fonte: Flessak, 2024.

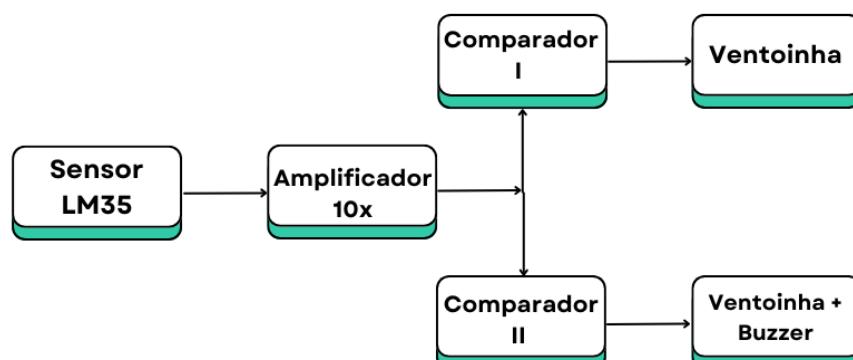
2.5 Fluxograma do circuito

Conhecendo individualmente todos os componentes que compõem o circuito, é possível analisar seus estágios e a contribuição de cada etapa para seu desempenho eficiente. O fluxograma em blocos, apresentado na Figura 5, ilustra os diferentes estágios do circuito.

No primeiro estágio, composto pelo sensor LM35, a temperatura do ambiente é medida e convertida em um sinal elétrico. Esse sinal, que inicialmente está na faixa dos milivolts, é amplificado em um fator de 10 vezes por um amplificador.

O próximo estágio do circuito é formado pelos comparadores, construídos com amplificadores operacionais (Amp-op) e potenciômetros. Quando a tensão recebida excede o limite estabelecido, o comparador I permite a passagem de corrente pelo Amp-op, acionando a primeira ventoinha, que tem a função de resfriar o ambiente. Caso a temperatura continue aumentando e ultrapasse o limite do comparador II, este, por sua vez, aciona a segunda ventoinha, que atuará em conjunto com a primeira para reduzir a temperatura. Além disso, o comparador II também ativa um *buzzer*, emitindo um sinal sonoro para alertar sobre o aumento excessivo da temperatura. As ventoinhas permanecerão ativadas até que a temperatura diminua a um nível inferior à tensão de operação estabelecida pelos comparadores.

Figura 5 – Fluxograma de funcionamento do Circuito.



Fonte: Os autores, 2025.

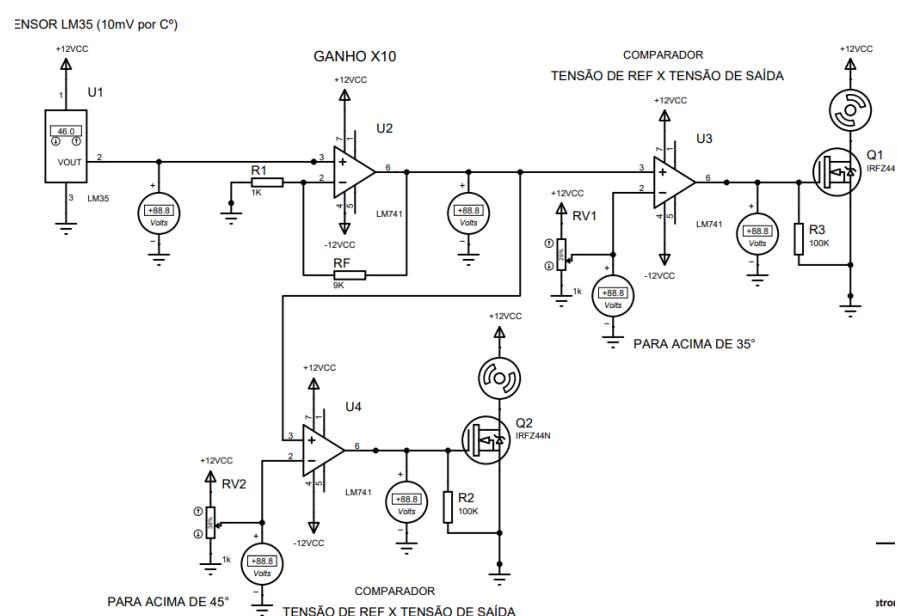
2.6 Simulações no Proteus

Com a idealização da operação completamente concluída, tornou-se essencial realizar simulações para analisar, de forma mais objetiva, o comportamento dos componentes no circuito. Para isso, foi utilizado o software Proteus (versão estudante). O Proteus Design Suite é um software voltado para projetos eletrônicos, contando com uma biblioteca ampla e completa. Ele é utilizado para a criação de esquemáticos e para a impressão de circuitos eletrônicos (Labcenter Electronics, 2025).

A simulação permitiu uma compreensão mais detalhada do funcionamento do circuito antes de sua implementação prática. Com ela, foi possível analisar o comportamento do sensor LM35 ao variar a temperatura de entrada e ajustar com precisão os valores dos potenciômetros para que os comparadores operassem dentro da faixa de tensão esperada.

Na Figura 6 o esquemático completo do circuito é apresentado, que inclui voltímetros — dispositivos eletrônicos responsáveis por medir a tensão em diferentes pontos do circuito. A obtenção prévia dessas informações foi fundamental para o sucesso do projeto, pois tensões elevadas poderiam danificar alguns componentes, enquanto tensões muito baixas comprometeriam o funcionamento adequado do sistema, especialmente das ventoinhas, que necessitam de uma tensão mínima para operar corretamente.

Figura 6 – Diagrama do Circuito.



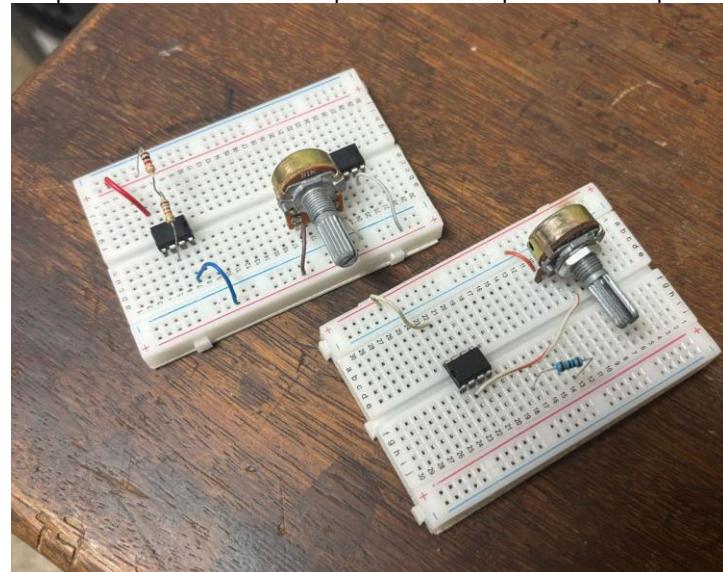
Fonte: Os autores, 2025.

3 PROTOTIPO DESENVOLVIDO

Primeiramente, partimos com a construção do circuito, separando em duas etapas e *protoboards* diferentes, apresentadas na Figuras 7, de forma que tornasse mais prático e seguro o manuseio do sensor de temperatura e, também, dos potenciômetros dos circuitos comparadores, responsáveis pelo acionamento das ventoinhas.

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

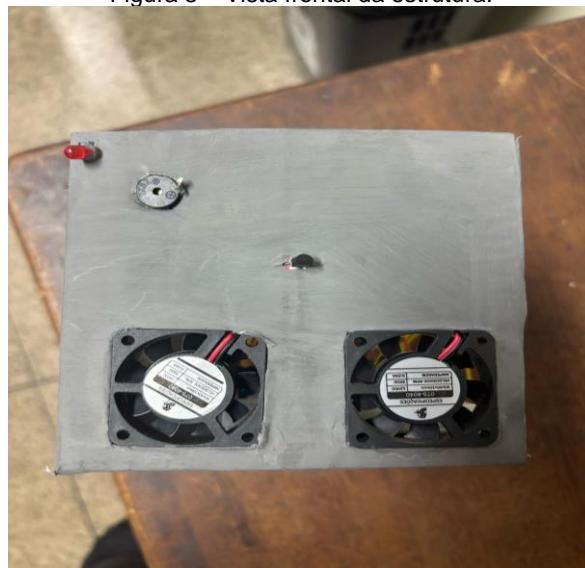
Figura 7 – Componentes dos circuitos amplificador e comparadores em placas separadas.



Fonte: Os autores, 2025.

A partir da construção do circuito, com os devidos testes concluídos com sucesso, uma estrutura, feita a partir de uma caixa de papelão reaproveitada, foi construída para sustentação e apresentação do projeto em sala de aula, com os encaixes certos para as ventoinhas, *buzzer* e o LED que representa o momento que o circuito está em funcionamento, representada na Figura 8. Com isso foi possível soldar esses componentes a fios, Figura 9, que serviriam para integrar os mesmos ao circuito anteriormente produzido. Para a sustentação das placas *protoboards*, foi construída também uma base para as mesmas, ilustrada na Figura 10.

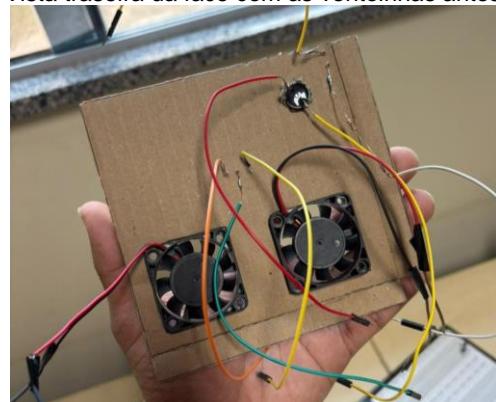
Figura 8 – Vista frontal da estrutura.



Fonte: Os autores, 2025.

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

Figura 9 – Vista traseira da face com as ventoinhas antes da pintura.



Fonte: Os autores, 2025.

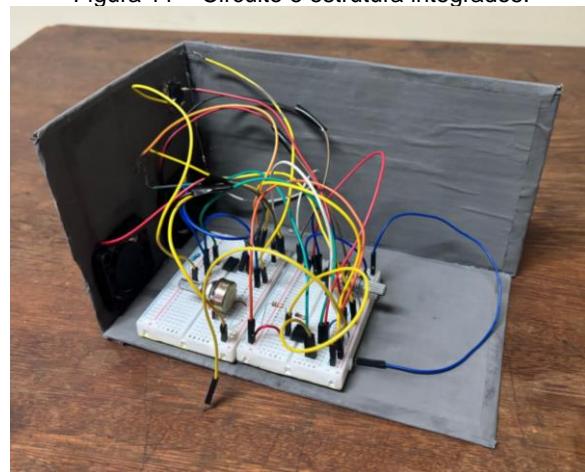
Figura 10 – Vista diagonal da estrutura final.



Fonte: Os autores, 2025.

Com a base finalizada, fora necessário apenas integrar o circuito já montado aos elementos externos às *protoboards*, utilizando fita, do tipo dupla face, para assegurar a posição das placas. Dessa forma, o projeto foi concluído para apresentação, exibido na Figura 11.

Figura 11 – Circuito e estrutura integrados.



Fonte: Os autores, 2025

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o estudo do fluxograma e aplicação do circuito no software Proteus, conforme ilustrados nas Figuras 5 e 6, o projeto passou a ser desenvolvido, tendo em mente os resultados esperados em cada parte do projeto e como seriam empregados nos seguintes estágios. Dessa forma, os primeiros testes foram sendo realizados e, com isso, os primeiros desafios foram encontrados.

Inicialmente, o projeto empregava dois MOSFETs na saída dos comparadores, atuando como chave eletrônica para as ventoinhas em que, para essa função, os transistores de efeito de campo devem apresentar a saída dos comparadores como a tensão V_{GS} , dessa forma, a partir do momento que o circuito comparador conduzisse tensão suficiente (maior que V_{th}), o transistor passaria a conduzir corrente para a sua ventoinha (modo de condução).

Porém tais componentes não eram essenciais para o funcionamento da nossa proposta e, não estava atuando da forma desejada, em momentos que o transistor já deveria conduzir e a ventoinha acionar, ele apresentava dificuldade para fluir a corrente necessária. Com isso, foram retirados os dois transistores de efeito de campo do projeto.

A partir dessa mudança, a ventoinha menor, enquanto operava sozinha, passou a funcionar adequadamente, com a força necessária. Utilizando, desse modo, apenas a alimentação da fonte para os componentes dos circuitos e a tensão do sensor LM35, variando entre 0,2V e 0,3V.

Entretanto, a contar de que a ventoinha maior, configurada para ser acionada em temperaturas mais alarmantes, começava a operar, a corrente que estava presente no primeiro comparador diminuía bruscamente, fazendo com que a inferior operasse com menos força devido à sua pequena corrente. Para esse desafio, fora necessário substituir a ventoinha grande por uma de igual tamanho a inferior, demandando uma corrente menor para o seu funcionamento.

Não só a substituição da ventoinha foi suficiente para que as duas operassem de igual forma nas configurações desejadas, mas também foram alterados os valores das resistências do amplificador, de forma a aumentar o seu ganho, passando de um ganho de tensão de fator 10 para um fator de 19. Com isso, os valores das correntes nas saídas dos comparadores se tornaram ideais para o desempenho das ventoinhas e, por sugestão da professora, foi adicionado um *buzzer* que opera como um alarme sonoro no segundo nível de operação.

Contudo, para que o *buzzer* transmitisse um sinal sonoro com menos ruídos e com a corrente adequada, foram testadas diferentes resistências, diminuindo a partir de $1\text{k}\Omega$, até encontrarmos o valor de 200Ω para que o alarme sonoro fosse transmitido de forma mais limpa e com bom volume.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste projeto proporcionou aos alunos envolvidos o aprimoramento de diversas habilidades, tanto acadêmicas, ao analisar e aplicar o funcionamento de diversos componentes com características próprias de manuseio, quanto interpessoais, como a capacidade de solucionar desafios de maneira prudente conforme surgem no desenvolvimento do projeto, trabalhar em grupo para atingir um resultado satisfatório e ampliar conhecimentos que serão cruciais no ambiente profissional.

Os desafios enfrentados são típicos de ambientes laboratoriais, uma vez que o comportamento não ideal dos componentes frequentemente surpreende o desenvolvedor durante o processo. No entanto, os estudantes não encararam essas dificuldades como um obstáculo que os fizesse estagnar, mas sim como uma oportunidade de crescimento e

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

superação, reafirmando o principal aspecto da ABP: serem os protagonistas de sua aprendizagem. O projeto evidenciou a importância da multidisciplinaridade no ambiente acadêmico, já que o protótipo desenvolvido envolveu disciplinas como Eletrônica Analógica, Automação e Circuitos Elétricos. Ter adquirido previamente esses conhecimentos em sala de aula facilitou a aplicação prática no laboratório, consolidando suas bases teóricas. Essa visão integrada de trabalho é essencial para o desenvolvimento profissional de qualquer engenheiro.

Durante o desenvolvimento, a equipe enfrentou algumas limitações, como a falta de material adequado para construir a base do protótipo, optando, então, pelo uso de materiais recicláveis. Essa escolha demonstra que iniciativas como esta podem ser replicadas em diversos ambientes acadêmicos, mesmo com recursos mais simples. Para futuras aplicações, diversas melhorias poderiam ser implementadas, como o uso de impressoras 3D para a fabricação do suporte, a utilização de outros componentes para o sistema de resfriamento, o emprego de um microcontrolador para registrar as temperaturas máxima e mínima detectadas pelo sensor e, até mesmo, a possibilidade de acionar automaticamente uma autoridade responsável para intervir em situações críticas.

Desenvolver esse tipo de projeto consolida todo o aprendizado teórico, tão comum nas disciplinas das grades curriculares de engenharia, por meio de práticas técnicas mais atrativas aos discentes. Lidar com os próprios problemas e conseguir solucioná-los de forma efetiva constrói um senso de autonomia nos estudantes, além de desenvolver um pensamento crítico essencial para a resolução de problemas. O aprimoramento de todas essas habilidades fortalece a eficácia da ABP no ensino da engenharia, mantendo o processo educacional sempre em movimento e eficaz para a formação da geração do amanhã.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. F. S.; MANTOVANI, K. L. Identificação do perfil dos acadêmicos de engenharia como uma medida de combate à evasão. *Revista de Ensino de Engenharia*, Brasília, v. 35, n.2, p. 26-36, maio/ago. 2016. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/464>.

ALVES, Rubem. *A escola com que sempre sonhei sem imaginar que pudesse existir*. Campinas: Papirus, 2001.

BARBOSA, Eduardo Fernandes; MOURA, DG de. Metodologias ativas de aprendizagem no Ensino de engenharia. In: *Anais International Conference on Engineering and Technology Education*, Cairo, Egito. 2014. p. 110-116.

BISHOP, J. A Controlled study of the flipped classroom with numerical methods for engineers. 2013. 284 f. Tese (Doutorado em Ensino de Engenharia) - UTAH State University, Logan, 2013. Disponível em: <http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3011&context=etd>.

BOYLESTAD, R., NASHELSKY, L. *Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos*, 11a ed, Prentice-Hall do Brasil, 2013

Boylestad, Robert L. *Introdução à análise de circuitos / Robert L. Boylestad ; revisão técnica Benedito Donizete Bonatto ; tradução Daniel Vieira e Jorge Ritter.* – 12. ed. – São Paulo : Pearson Prentice Hall, 2012.

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

BRASIL. Secretaria de Modalidades Especializadas de São Paulo (SEMESP). Mapa do Ensino Superior, 2021. São Paulo, SP, 2021. Disponível em: <https://www.semesp.org.br/mapa-do-ensino-superior/edicao-11/dados-brasil/evasao/>.

GUSE, Rosane. Buzzer: guia completo. Disponível em: https://www.makerhero.com/guia/componentes-eletronicos/buzzer/?srsltid=AfmBOopZTyu34z_dihEoxzMVLrKENKNTn0NXWCSF888V8m0onwhrGSvF.

LEVIN, B. Energizing teacher education and professional development with problem-based learning. ASCD: United States, 2001.

LOPES, Renato Matos et al. Características gerais da aprendizagem baseada em problemas. LOPES, Renato Matos; FILHO, Moacelio Veranio; ALVES, Neila Guimarães (org.). Aprendizagem baseada em problemas: fundamentos para a aplicação no ensino médio e na formação de professores. Rio de Janeiro: Publiki, p. 45-72, 2019.

RIBEIRO, Marco Antônio. Automação industrial. Salvador:[sn], 1999.

SENSOR, Basic Centigrade Temperature; SENSOR, Full-Range Centigrade Temperature. LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors. TX, USA: SNIS159H Datasheet, Texas Instruments, 1999.

MULTIDISCIPLINARITY IN PRACTICE – PROBLEM-BASED LEARNING (PBL) APPLIED TO THE TEACHING OF ELECTRONICS AND AUTOMATION

Abstract: This paper presents the development of a temperature sensor project as part of the Analog Electronics I course at UNIFESSPA, using Problem-Based Learning (PBL) as the central methodology. A circuit was built using the LM35 temperature sensor, LM741 operational amplifiers, potentiometers, buzzers, and cooling fans to detect and react to temperature changes. The system was simulated in Proteus and later assembled on prototype boards, integrating theoretical and practical knowledge. Challenges during implementation, such as component adjustments and current limitations, were solved iteratively. The project highlights the pedagogical value of active learning in engineering education by fostering autonomy, teamwork, and hands-on experience.

Keywords: Problem-Based Learning (PBL), LM35 Temperature Sensor, Operational Amplifier (LM741) and Active Learning.

