



Validação Metodológica da Medição Térmica via Termopares em Condutores Elétricos de Baixa Tensão

Ana Clara Vieira Blanger | ana.cvb@aluno.ifsc.edu.br¹
Betina Michels Henemann | betina.m09@aluno.ifsc.edu.br¹
David Von Biveniczko Pezzin | davidpezzin@gmail.com¹
Isabeli Montagna Silvani | isabeli.ms@aluno.ifsc.edu.br¹
Cristiano Venturi | cristiano.venturi@ifsc.edu.br²

Edital de fomento do trabalho 01/2025/PROPI PIBIC_EM
Trabalho de Pesquisa
DT 4 - Inovação Tecnológica, Processos Produtivos e Futuro das Tecnologias

Resumo:

Este estudo avalia a confiabilidade da medição de temperatura por termopares em condutores de baixa tensão. Inicialmente, observou-se alta variabilidade devido a falhas de contato e interferências ambientais. Foram realizados testes com aferição dos sensores, uso de poços térmicos e isolamento do ambiente. Os resultados mostram que a combinação de fita Kapton e cobertura térmica reduziu significativamente a variação das leituras. Conclui-se que o controle da fixação e do ambiente é fundamental para garantir medições térmicas precisas, estabelecendo um protocolo confiável para estudos futuros.

Palavras-chave: termopares; instalações elétricas; medição de temperatura; cabos elétricos; rigor metodológico

Introdução

O estudo desenvolvido a seguir se dá no âmbito do projeto de pesquisa “Desempenho Térmico de Emendas e Conectores utilizados em Instalações de Baixa Tensão: Estudo Comparativo”. O projeto consiste em realizar testes em cabos com emendas e conectores e verificar as diferenças de temperatura entre eles, em amostras padronizadas. Os cabos são ligados em série, conforme ABNT NBR 9513 e os níveis de corrente são ajustados, para os níveis de carga e sobrecarga, segundo método C da ABNT NBR 5410. A temperatura é medida através de termopares do tipo K de junta exposta, fixados no meio de cada amostra, sendo as junções dos termopares envolvidas em massa (selante butílico) fixados no cabo com fita isolante elétrica. Dois termômetros digitais de quatro canais com registrador, modelo TASSI TA612C são utilizados para ler os termopares. Para que imprecisões no ajuste de corrente elétrica e a temperatura ambiente

¹ Estudante do curso técnico em Sistemas de Energias Renováveis do Instituto Federal de Santa Catarina, campus Chapecó.

² Servidor, Docente de Instalações Elétricas do Instituto Federal de Santa Catarina, campus Chapecó

não sejam fatores relevantes, a cada bateria de seis amostras testadas são utilizados dois cabos sem emendas como testemunha, posicionados no arranjo de testes (posições 1 e 5 da figura 1).

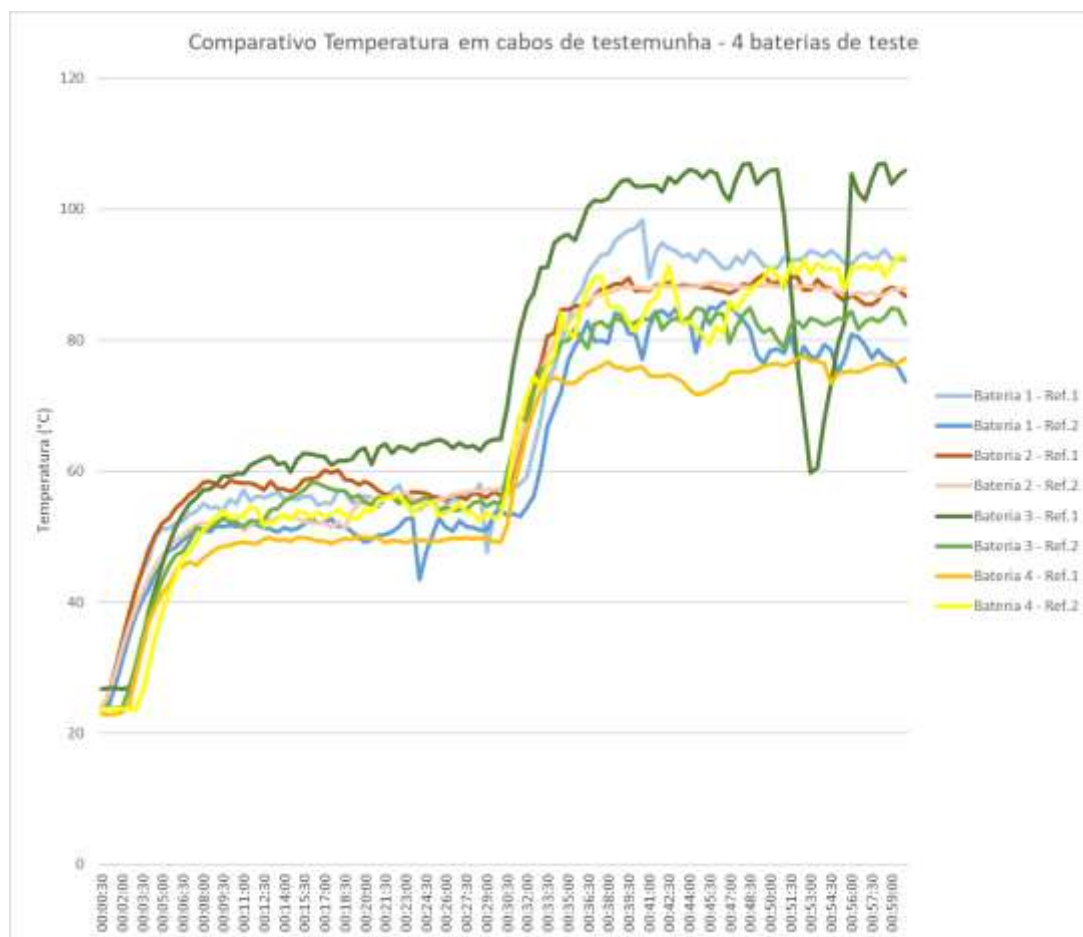
Figura 1 - Arranjo das amostras na área de testes



Fonte: Autoria Própria (2026).

Quatro baterias de testes exploratórias foram executadas, onde puderam ser verificadas inconsistências nas medições entre os cabos de testemunha, conforme figura 2.

Figura 2 - Cenário Base



Fonte: Autoria Própria (2026).

Numa mesma bateria de testes como entre baterias distintas, as variações foram relevantes. Observou-se o aumento da variação com o aumento da temperatura, e os cabos na posição 1 (Ref1) de cada bateria atingiram temperaturas maiores que os na posição 5 (Ref2). A fixação dos cabos mostrou-se precária, onde um deles desconectou do ponto de medição. Os gráficos demonstraram variações no valor médio medido entre os canais, e na estabilidade de leitura de um mesmo canal. Sendo umas das premissas do projeto um maior rigor metodológico em comparação aos testes realizados com fins midiáticos e pelo contexto de ser um projeto de iniciação científica, considerou-se um estudo mais aprofundado sobre a medição utilizando termopares. Portanto, os objetivos do trabalho são desenvolver e validar um método confiável para medição de temperatura, no contexto do projeto.

Fundamentação teórica

Termopares são largamente utilizados como sensores de temperatura (ÔMEGA ENGINEERING, 2024). Baseados no efeito *Seebeck*, onde a junção de dois fios de metais diferentes submetidos temperaturas distintas geram uma diferença de potencial entre seus terminais, proporcional a temperatura. São classificados quanto aos materiais que os compõem através de letras (S, R, K...). O termopar do tipo K, é composto de uma junção de níquel-cromo e níquel-alumínio, utilizado para temperaturas entre -200°C a 900°C (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2009). Embora confiáveis, a medição com termopares pode apresentar erros (ALUTAL, 2024), como:

- Interferência Eletromagnética: Campos eletromagnéticos podem induzir tensões na junção ou nos cabos do termopar, afetando as medições;
- Condução térmica do cabo: O cabo do termopar pode conduzir calor da junção;
- Erro de contato: Caso a junção do termopar não possua contato adequado com a superfície de medição, bolhas de ar podem ocorrer fazendo com que a leitura de temperatura seja diferente do real;
- Correntes parasitas: correntes elétricas de pequena intensidade podem circular entre a superfície medida e a junção do termopar;
- Erro na junta de referência: como o termopar mede a diferença de potencial entre dois metais, caso a referência de zero (junta fria) não esteja adequada pode ocorrer erro na leitura;
- Influência do ambiente: a troca de calor do sensor com o ambiente e superfícies próximas pode gerar variações na leitura;

Procedimentos metodológicos

Foram realizados três testes para avaliar a confiabilidade das medições. No Teste 1, analisaram-se as leituras entre sensores e entre termômetros. Os termopares foram submersos simultaneamente, em misturas de água e gelo, água a temperatura ambiente e água fervente, utilizando copos térmicos como recipientes (Figura 3)

Figura 3 - Copos térmicos



Fonte: Autoria Própria (2026).

No Teste 2, as junções foram inseridas em um cilindro metálico, preenchido com uma mistura de areia de quartzo e pasta térmica, para criar um poço térmico. O conjunto foi isolado com tubo termorretrátil (Figura 4).

Figura 4 - Tubo de metal, sensores com e sem poço térmico



Fonte: Autoria Própria (2026).

Quatro amostras foram fixadas com fita isolante e quatro com Kapton, envolvendo o poço térmico e o cabo com 3 voltas de fita, de forma a garantir o contato entre eles. Foram utilizados cabos de 2.5 mm² com 100 cm de comprimento, com a corrente gradualmente elevada em intervalos de 10A até 70A. O teste visou reduzir a maioria dos fatores de influência nas medições. No Teste 3, o procedimento foi repetido com cobertura térmica, criando ambiente controlado.

Figura 5 - Área de testes coberta - Teste 3



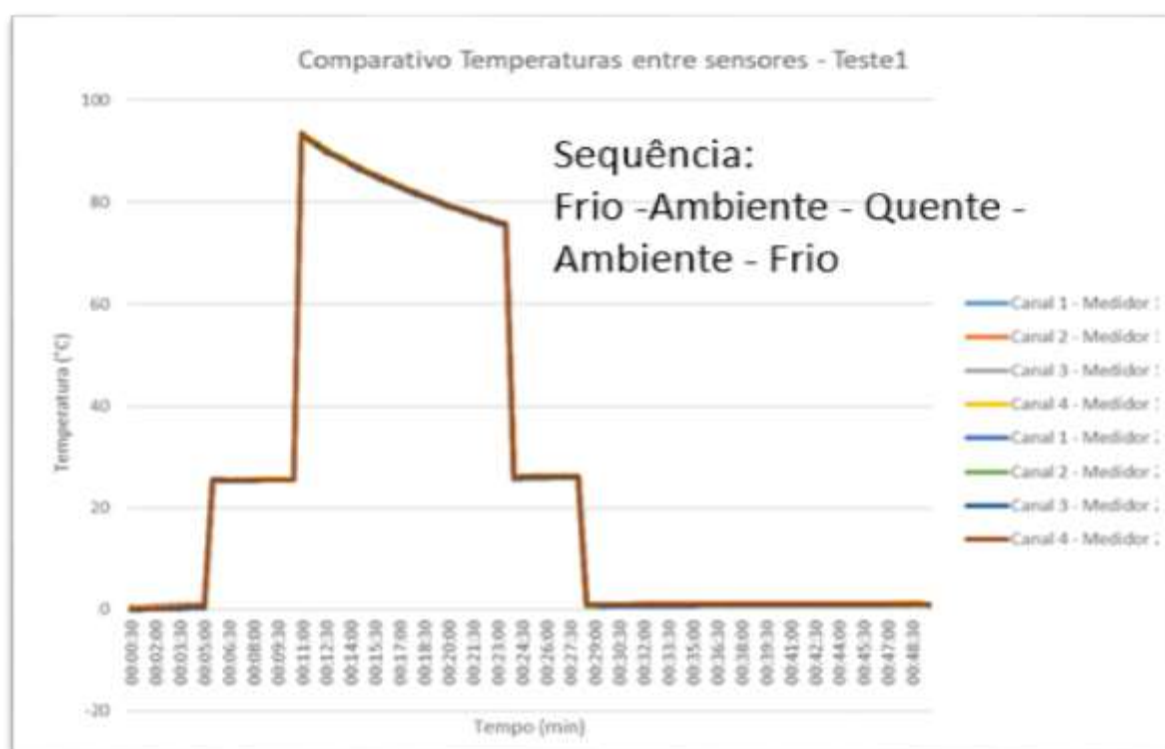
Fonte: Autoria Própria (2026).

Os dados foram compilados, sendo extraídos gráficos e medidas estatísticas. O uso destas medidas procurou quantificar os resultados de forma numérica, complementando os dados obtidos.

Resultados e discussões

A figura 6, apresenta os resultados do Teste 1.

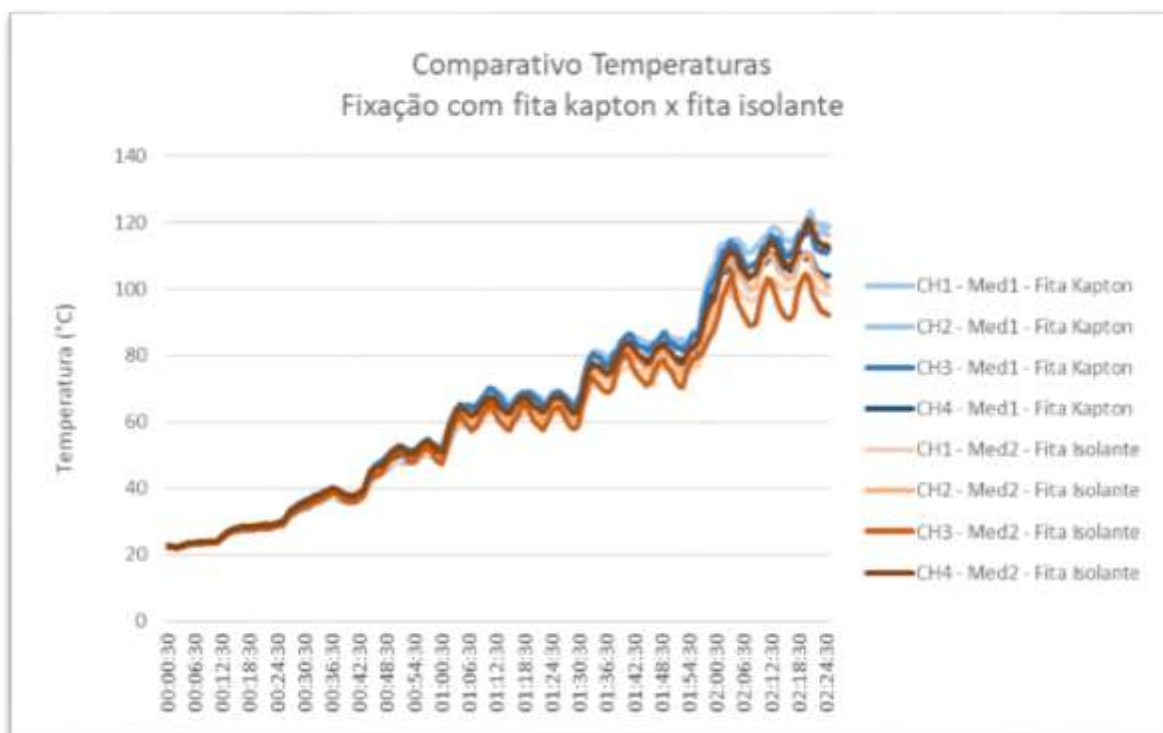
Figura 6 - Teste 1



Fonte: Autoria Própria (2026).

Observa-se através do gráfico a rápida resposta dos sensores e leitura de temperatura similar. A amplitude da variação máxima foi de 0,9°C. Desta forma, excluem-se como fatores relevantes erros relacionados a qualidade dos termopares, do medidor de junta fria. A figura 7, apresenta os resultados do Teste 2.

Figura 7 - Teste 2

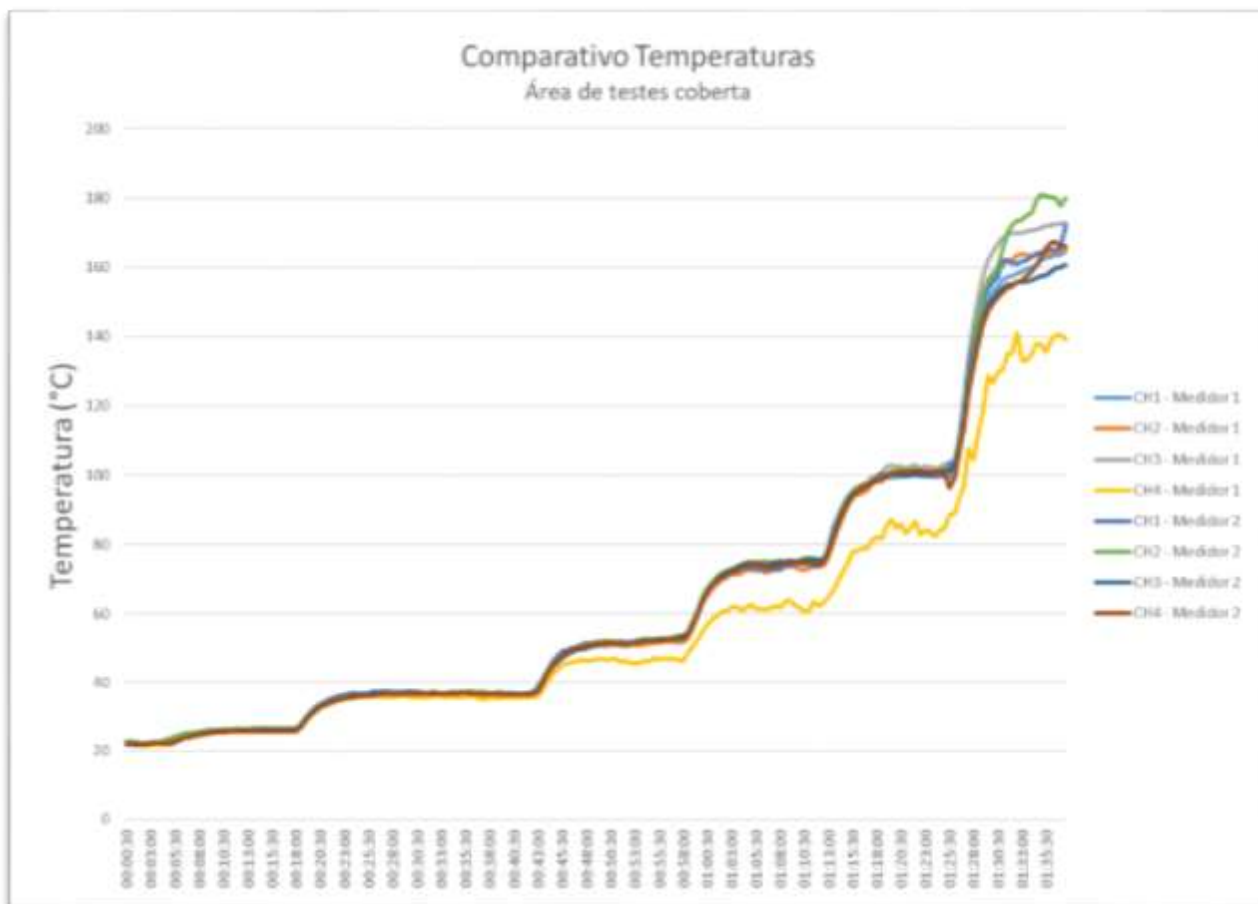


Fonte: Autoria Própria (2026).

Através da figura 7 é perceptível a diminuição da variação das medições, em relação à figura 2. Através da criação do poço térmico e isolamento elétrico da junção, fatores como correntes parasitas e condução térmica do cabo puderam ser minimizados. Ao comparar as diferentes fitas utilizadas, observa-se maior variação onde houve a fixação com fita isolante elétrica. Como a fita isolante elétrica tem temperatura de trabalho inferior a fita Kapton, com o aumento da temperatura e seu amolecimento, o contato do termopar com a superfície do cabo é comprometido, fazendo com que a temperatura medida seja menor. O fator ambiental é perceptível, devido a variação cíclica a partir de 60°C. O laboratório onde os testes foram executados possui um aparelho de ar-condicionado do tipo *on-off*. Embora não direcionado para a bancada, as leituras de temperatura indicam seu ciclo de liga e desliga. Em maiores temperaturas, a troca de calor com o ambiente aumenta. Também, o posicionamento do medidor 2 mais próximo do fluxo de ar (posição à esquerda da figura 1), indica que o fator ambiental é significativo.

A figura 8, apresenta os resultados do Teste 3.

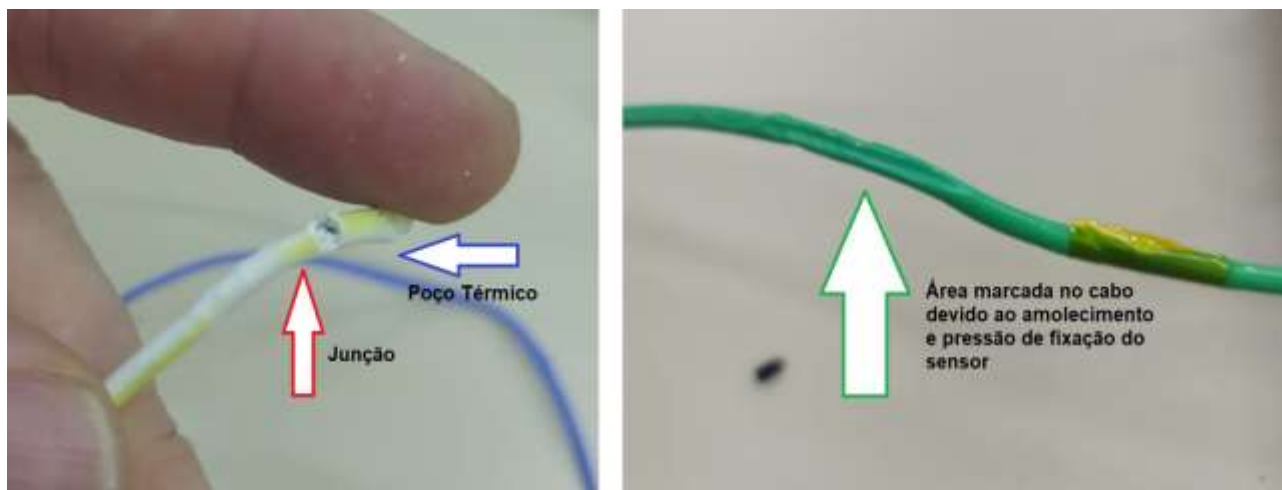
Figura 8 - Teste 3



Fonte: Autoria Própria (2026).

Exceto para o CH4 do medidor 1, a variação diminuiu, embora aumente a partir de 150°C. Em relação ao CH4, ela ocorreu devido à falha no sensor, onde a junção de medição escapou do interior do poço térmico. Quanto a variação em temperaturas elevadas, esta ocorreu devido ao amolecimento do cabo (nominal em sobrecarga de 100°C). O isolamento do cabo amolece e o contato entre o sensor e a superfície fica comprometido, pela perda de pressão de contato. A figura 9 apresenta ambos os fatores mencionados acima.

Figura 9 - Fatores de influência - Teste 3



Fonte: Autoria Própria (2026).

O quadro 1, resume as medidas realizadas com os valores médios entre os 8 sensores/canais.

Quadro 1 – Medidas entre canais/medidores

Medidas	Testes			
	Cenário Base	Teste 1	Teste 2	Teste 3
Amplitude	22.317	0.039	19.362	2.519
Variância	49.877	0.018	43.002	0.666
Desvio Padrão	7.062	0.0133	6.558	0.816
Média	83.351	86.533	106.063	100.388
Margem de erro	5.904	0.014	5.482	0.682
Coeficiente de Variação	8.473%	0.154%	6.183%	0.813%

Fonte: Autoria Própria (2026)

As melhorias testadas no Teste 2 apresentaram discreta melhora em relação ao Cenário Base. A diferença entre a temperatura medida diminuiu, as leituras ficaram mais estáveis, mas a diminuição da variação entre elas não foi significativa. Isoladamente, a criação do poço térmico e melhorias na fixação dos sensores sem a cobertura térmica não apresentou bons resultados, mas sua influência pode ser percebida através da falha no sensor do CH₄ no Teste 3, o que mostra a influência tanto da fixação quanto do poço térmico.



Considerações finais

Os objetivos deste estudo, centrados na validação de um rigor metodológico para a medição térmica de condutores elétricos, foram alcançados. A análise dos procedimentos demonstrou que, embora a criação de um poço térmico e o uso de fita Kapton tenham melhorado a fixação e a estabilidade individual dos sensores, a precisão desejada só foi consolidada com o uso da cobertura térmica, que mitigou as interferências do ambiente.

A atividade contribuiu para a formação da equipe, proporcionando maior compreensão sobre medições térmicas e controle de variáveis. O conhecimento teórico pode ser aplicado de forma experimental, demonstrando uma intrínseca relação entre ensino e pesquisa. A bancada é oriunda de projetos integradores realizados no curso técnico em eletroeletrônica, proporcionando sinergia entre atividades de ensino e pesquisa. Em relação à extensão, o método será utilizado no projeto “Laboratório Aberto”, cujo objetivo inclui a realização de experimentos na área. Como projeção futura, o método validado será aplicado na fase principal da pesquisa, voltada à comparação do desempenho térmico de emendas e conectores.

Referência ao fomento recebido

Edital de Pesquisa 01/2025/PROPPI PIBIC_EM

Referências

ABNT. **NBR 9513**: Emendas para cabos de potência isolados para tensões até 750 V — Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT. 2010. Base de dados ABNT assinatura IFSC.

OMEGA ENGINEERING. **Introdução aos Termopares**. Norwalk, CT, 2024. Disponível em: <https://br.omega.com/prodinfo/termopares.html>. Acesso em: 26 abril 2026.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. **Sensores Industriais**: fundamentos e aplicações. 8. ed. São Paulo: Érica, 2009.



ALUTAL SENSORES. **Termopares: O que são e como funcionam.** Votorantim, SP, 2024. Disponível em: <https://www.alutal.com.br/br/wiki/termopares/>. Acesso em: 26 abril 2026.