



Estudo comparativo de desempenho térmico de emendas em instalações elétricas de baixa tensão

Betina Michels Henemann | betina.m09@aluno.ifsc.edu.br¹
Isabeli Montagna Silvani | isabeli.ms@aluno.ifsc.edu.br¹
Ana Clara Vieira Blanger | ana.cvb@aluno.ifsc.edu.br¹
Rafael Avelino Gasparetto | rafael.a2006@aluno.ifsc.edu.br¹
Cristiano Venturi | cristiano.venturi@ifsc.edu.br²

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

Resumo:

O aumento de acidentes de origem elétrica evidencia a necessidade de estudos sobre a segurança de componentes elétricos, como emendas. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar experimentalmente o desempenho térmico de emendas do tipo prolongamento reto e de caixa. A metodologia consistiu na confecção de amostras por estudantes, utilizando cabos de cobre flexíveis de 1,5 mm², as quais foram posteriormente submetidas a testes sob tensões e correntes controladas, simulando condições de regime e sobrecarga. As temperaturas foram monitoradas por termopares tipo K, com coleta periódica de dados. Os resultados indicaram que as emendas de caixa alcançam temperaturas mais elevadas que as de prolongamento reto, sugerindo maior resistência elétrica e, conseqüentemente, maior dissipação de energia na forma de calor, podendo levar ao superaquecimento e riscos de falhas. Além disso, verificou-se que a habilidade do executante tem influência direta. Conclui-se que o tipo de emenda e sua correta aplicação são fatores determinantes para a segurança e eficiência das instalações elétricas, destacando a importância da formação técnica adequada. O estudo faz parte do projeto “Desempenho Térmico de Emendas e Conectores Utilizados em Instalações de Baixa Tensão: Estudo Comparativo”.

Palavras-chave: emendas; instalações elétricas; segurança; resistência de contato.

Introdução

Segundo a ABRACOPEL, em 2024 foram registrados 1.186 incêndios de origem elétrica causados por sobrecargas e curtos-circuitos. Desse total, as conexões, extensões e instalações representam 40% dos casos. Tais dados evidenciam que pontos de fragilidade nas instalações elétricas como as emendas podem estar contribuindo para

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

² Servidor do curso técnico em Sistemas de Energias Renováveis do Instituto Federal de Santa Catarina, câmpus Chapecó.

este cenário. No entanto, as normas técnicas tratam de forma superficial o assunto, não tratando de parâmetros para a avaliação da qualidade das emendas.

Dessa forma, o estudo de emendas se torna pertinente, pois mesmo existindo inúmeras variações e amplo uso, não há uma indicação referente à limitação operacional ou ao melhor método de execução. O objetivo deste estudo é verificar experimentalmente o comportamento térmico de emendas de prolongamento reto e de caixa, em regime e em sobrecarga. Buscando assim integrar o conhecimento técnico-científico à prática acadêmica, e futuramente promover conscientização e segurança junto à comunidade e profissionais do setor elétrico.

Fundamentação teórica

De acordo com a ABNT NBR 5474:1986, emendas são a ligação da extremidade de dois ou mais condutores em um circuito elétrico, sendo seus tipos mais utilizados os de prolongamento reto, de derivação e de caixa. A emenda em prolongamento é utilizada para unir dois condutores em linha aberta, podendo ser observada na Figura 1 (CAVALIN; CERVELIN, 2010).

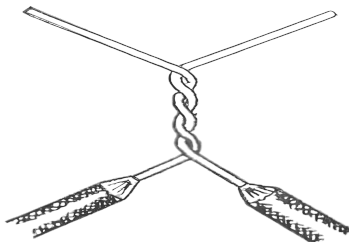
Figura 1 – Emenda de prolongamento reto



Fonte: Adaptado de Lauer (2023).

Já a emenda de caixa recebe esse nome uma vez que é usada no interior de caixas de passagem. Apesar de também unir dois ou mais condutores, possui um método de construção diferente da técnica anterior, conforme Figura 2 (CAVALIN, CERVELIN, 2010).

Figura 2 – Emenda de caixa

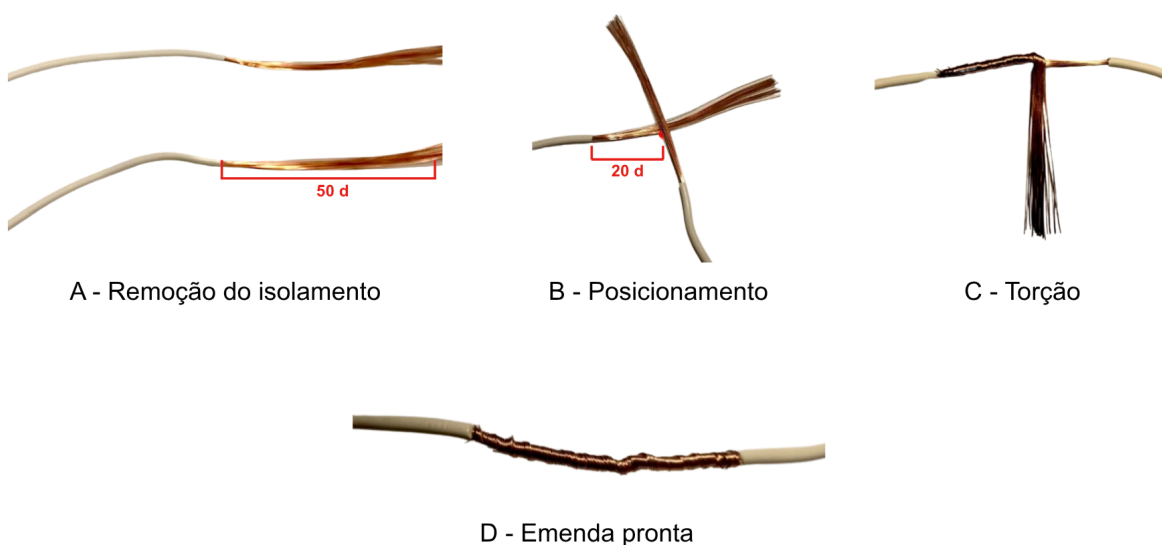


Fonte: Adaptado de Lauer (2023).

As normas ABNT NBR 5410 e ABNT NBR 9513 determinam que as emendas devem suportar as mesmas condições de sobrecarga e curto-circuito dos cabos em que foram realizadas, não especificando outros parâmetros relevantes como a resistência elétrica (relacionada a resistência de contato) e características dimensionais. A avaliação se a emenda executada atende as normas, fica comprometida desta forma.

Seguindo a metodologia baseada no livro de Cavalin e Cervelin (2010), Instalações Elétricas Prediais, para fazer uma emenda de prolongamento reto, seguem-se os passos conforme Figura 3.

Figura 3 – Passos para execução da emenda de prolongamento reto

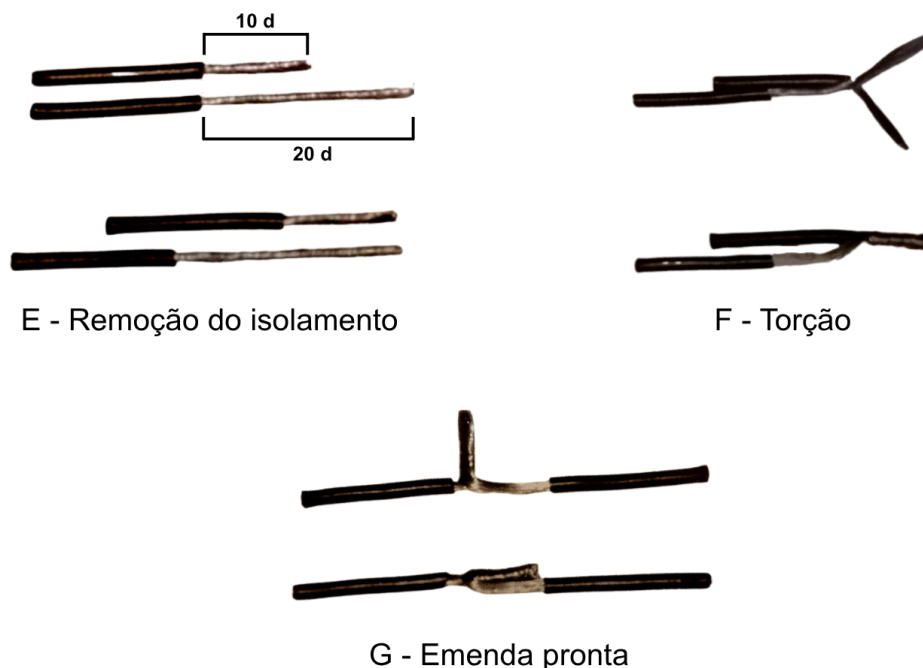


Fonte: Adaptado de Lauer (2023).

Primeiramente, remover a isolação dos dois condutores a serem interligados em aproximadamente 50 vezes o diâmetro do condutor (A). Em seguida, cruzar as pontas dos cabos em um ângulo entre 90° e 120° , em uma distância de aproximadamente 20 vezes o diâmetro do condutor (B). A partir disso, realiza-se o enrolamento dos cabos, inicialmente do condutor 1 no sentido anti-horário (C). O passo final consiste em torcer o condutor 2 em sentido horário e finalizar a emenda utilizando um alicate para o aperto final, obtendo uma melhor fixação (D). Caso essa emenda seja utilizada em uma instalação elétrica ela deve ser isolada com fita isolante.

Já na emenda de caixa, remove-se a isolação do condutor 1 em 20 vezes o seu diâmetro e do condutor 2 em 10 vezes o seu diâmetro, conforme a Figura 4 (E). Feito isso, deve-se cruzar os condutores em 10 vezes o diâmetro do condutor com a maior isolação removida (F). Após, realiza-se a torção de ambos os condutores simultaneamente, empurrando a parte de cima da emenda em direção aos condutores emendados (G).

Figura 4 – Passos para execução da emenda de caixa



As etapas demonstradas evidenciam que o processo de confecção de uma emenda é praticamente artesanal. Nesse contexto, a resistência de contato, decorrente de imperfeições nas superfícies dos condutores ou aperto insuficiente, reduz a área efetiva de condução e pode aumentar o aquecimento da emenda.

Procedimentos metodológicos

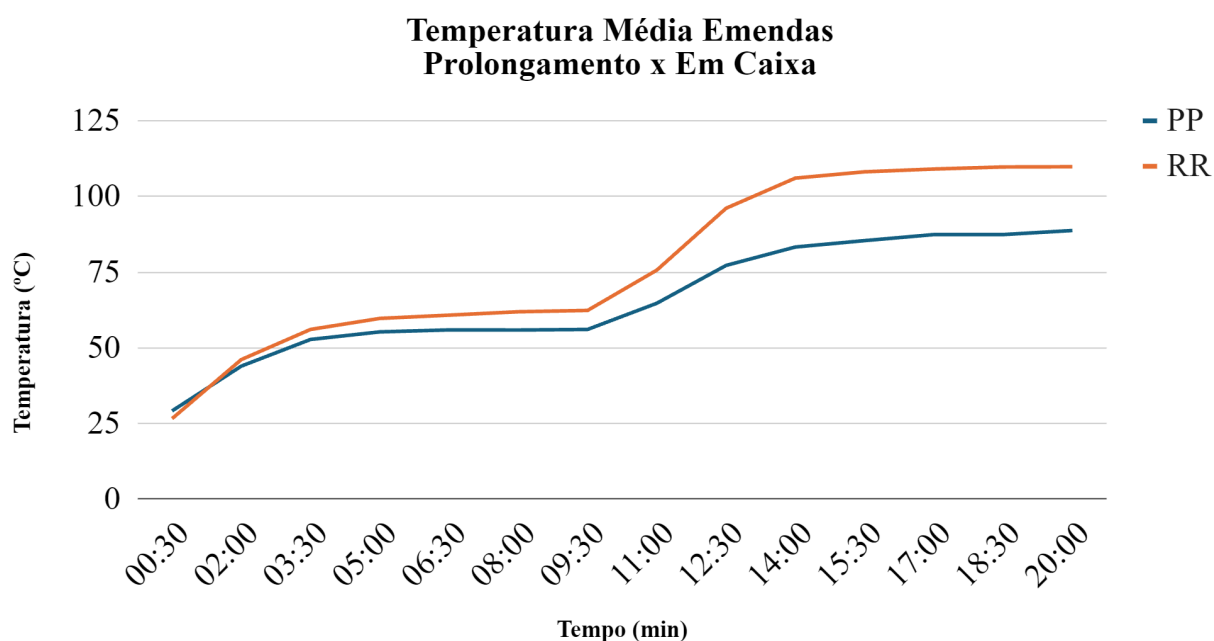
Foram produzidas amostras para teste com cabos de $1,5 \text{ mm}^2$, classe de encordoamento 4, cada um com 30 cm de comprimento. Os cabos foram cortados ao meio, e neste ponto realizada a emenda pelos alunos do curso técnico em eletroeletrônica. Cada um dos estudantes executou três emendas de caixa e de prolongamento reto para treinar a técnica antes da confecção da amostra. Foram produzidas 25 emendas de cada tipo, sendo esse número devido à quantidade de alunos da turma. Posteriormente, iniciaram-se os experimentos com as emendas, as quais foram instaladas em série na bancada de testes e submetidas a 24 V de tensão alternada, com correntes reguladas em 19,5 A para regime e 28,3 A para sobrecarga, conforme a maneira de instalar C da ABNT 5410.

As emendas foram submetidas a estes níveis de corrente por 10 minutos a cada nível, tempo previamente verificado como suficiente para que sua temperatura estabilizasse. As temperaturas foram medidas com termopares tipo K ligados à multímetros digitais na função de termômetro. Os termopares foram fixados nas emendas utilizando fita isolante. As leituras foram executadas a cada 30 segundos de forma manual e os dados obtidos foram compilados em tabelas, para assim elaborar gráficos e medidas estatísticas.

Resultados e discussões

A partir dos resultados, é possível verificar que as emendas de caixa atingiram temperaturas mais elevadas do que as de prolongamento, o que pode ser observado na figura 5, a qual representa a média de todas as amostras para cada tipo.

Figura 5 – Valores médios de temperatura por tipo de emenda

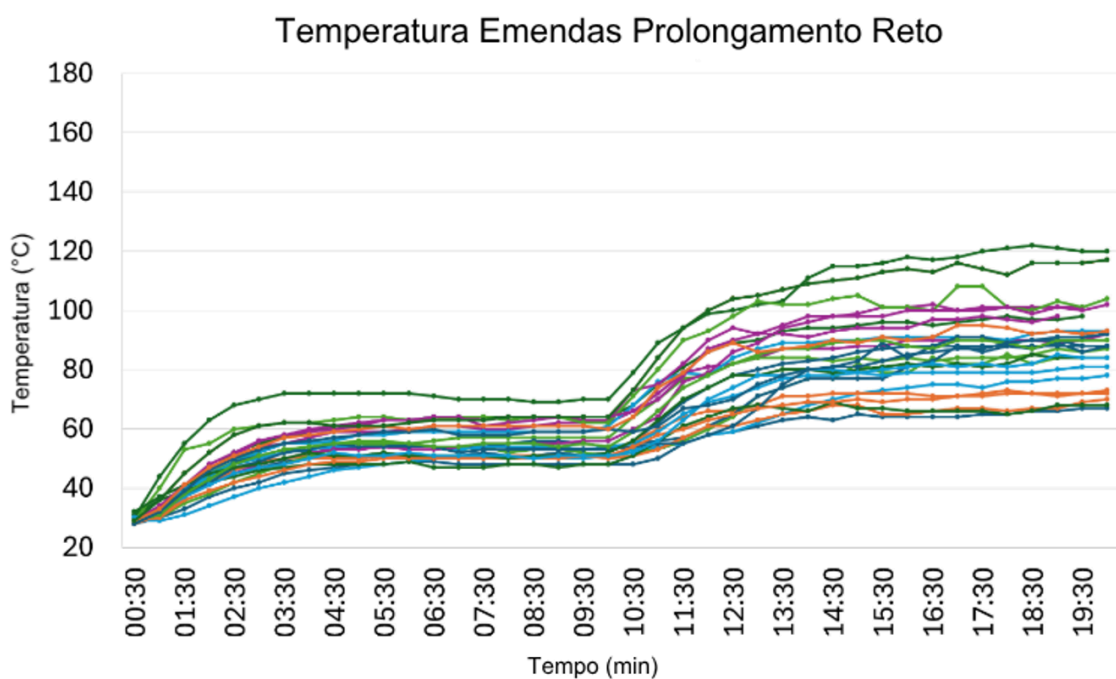


Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Uma hipótese seria que a corrente elétrica não circula por toda a área da emenda de caixa, resultando em maior densidade de corrente em alguns pontos, causando um efeito de resistência superior ao original e assim maior temperatura por efeito joule. Mesmo sendo constituídas por condutores de cobre, as superfícies de contato entre os fios não são ideais, apresentando irregularidades e microespaços que aumentam a resistência elétrica local. A potência dissipada na forma de calor é proporcional ao quadrado da corrente e à resistência ($P = R \cdot I^2$), de modo que pequenas elevações na resistência resultam em aumentos significativos de temperatura.

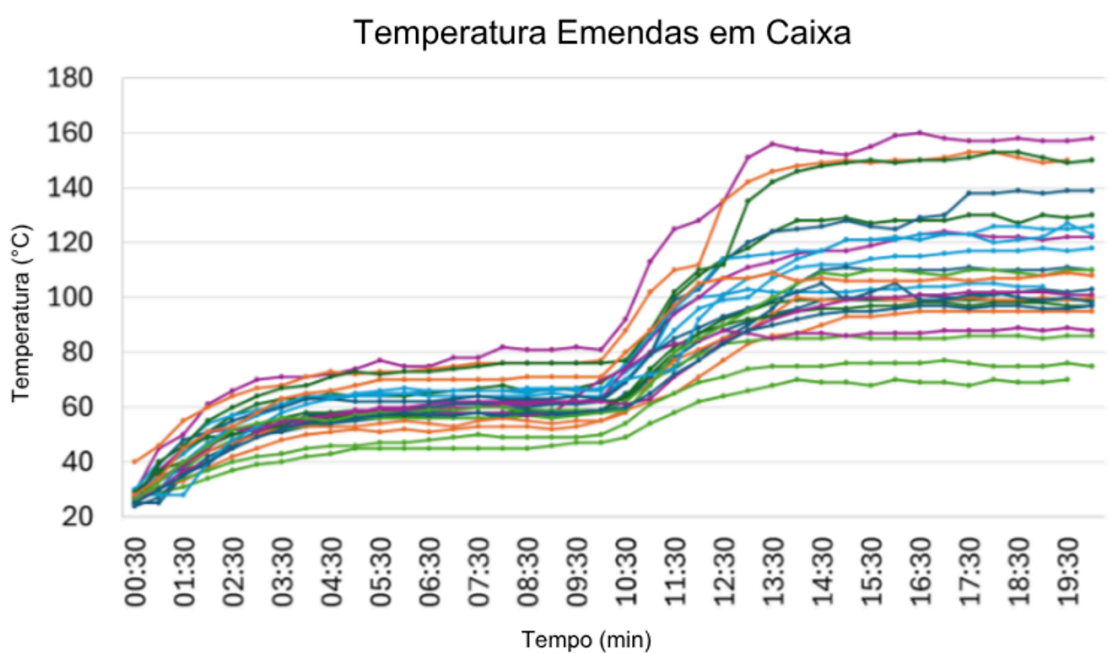
Nas emendas de caixa, a área efetiva de contato “útil” tende a ser menor e mais concentrada, o que eleva a densidade de corrente em determinados pontos, intensificando o aquecimento. Esse fenômeno explica as maiores temperaturas e maior variabilidade observadas experimentalmente nesse tipo de emenda. Além disso, as habilidades e conhecimentos dos alunos responsáveis pela execução também influenciam em seu desempenho térmico, como demonstrado nas Figuras 6 e 7.

Figura 6 – Gráfico emendas de prolongamento



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Figura 7 – Gráfico emendas de caixa



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Observa-se grande variabilidade entre a temperatura das emendas, evidenciando que a habilidade do executante é um fator relevante. Em ambos os tipos de emendas, ocorreram casos onde a temperatura ultrapassou os limites em regime e sobrecarga dos cabos (respectivamente, 70 °C e 100 °C). O quadro 1 apresenta as medidas estatísticas dos dados obtidos nos testes.

Quadro 1 – Valores Prolongamento vs Caixa

Medidas (°C)	Prolongamento		Caixa	
	Regime	Sobrecarga	Regime	Sobrecarga
Média	55,84	87,08	61,28	109,20
Desvio Padrão	6,17	13,75	7,69	21,55
Amplitude	23,80	53,73	33,00	87,91

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

As medidas do Quadro 1 corroboram com os resultados interpretados através dos gráficos. As emendas de caixa alcançam maiores temperaturas, tanto médias quanto em amplitude, além de apresentarem maior variação especialmente em sobrecarga, evidenciando que a habilidade do executante é tão crítica quanto o tipo de emenda.

Considerações finais

O estudo teve êxito nos seus objetivos ao comprovar que as emendas de caixa esquentam mais que as de prolongamento reto, demonstrando experimentalmente essa diferença. Adicionalmente, contribui para um melhor entendimento por parte dos estudantes referente a metodologias de iniciação científica, além de contribuir para uma área na qual ainda existem lacunas no conhecimento técnico e científico. Por fim, espera-se que o presente trabalho tenha contribuído com a segurança e disseminação de informações técnicas na área. As próximas etapas do projeto consistem na realização deste estudo com foco em conectores emenda elétricos

Referência ao fomento recebido

Editais de Pesquisa 01/2025/PROPPI PIBIC EM.



Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSCIENTIZAÇÃO PARA OS PERIGOS DA ELETRICIDADE (ABRACOPEL). **Anuário estatístico de acidentes de origem elétrica 2025: ano base 2024**. Salto-SP: Abracopel, 2025. Disponível em:

<https://abracopel.org/wp-content/uploads/2025/03/Anuario-2025.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2026.

ABNT. **NBR 5474**: Eletrotécnica e Eletrônica – Conector Elétrico. Rio de Janeiro: ABNT. 1986. Base de dados ABNT assinatura IFSC.

LAUER, José Rafael. **Análise de emendas em cabos condutores para instalações elétricas de baixa tensão**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2023. Disponível em:

<https://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/13032/Jos%C3%A9%20Rafael%20Lauer.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2026.

CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais**. 20. Ed 3 Reimpressão. São Paulo: Érica, 2010. 422 p.

ABNT. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT. Base de dados ABNT assinatura IFSC.

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.