

Estudo de perdas pelo efeito *Joule* em instalações elétricas residenciais

Adilson Pacheco Bortoluzzi | adilson.bortoluzzi@ifsc.edu.br¹

Saimon Miranda Fagundes | saimon.fagundes@ifsc.edu.br²

Lucas Varelo Pereira | lucas.p11@aluno.ifsc.edu.br³

Adriel Allebrandt Eleuterio | adriel.e2003@aluno.ifsc.edu.br⁴

Trabalho de Pesquisa
DT 4 - Inovação Tecnológica, Processos Produtivos e Futuro das Tecnologias

Resumo:

Este trabalho aborda as perdas de energia elétrica por efeito *Joule* em instalações residenciais, destacando a influência do dimensionamento técnico e econômico dos condutores na eficiência energética. Diante da necessidade de reduzir desperdícios, o estudo analisa experimentalmente e teoricamente a relação entre a seção transversal dos condutores e as perdas de potência dissipada em calor, avaliando impactos na segurança e viabilidade financeira. A metodologia, de caráter experimental e teórico, englobou a montagem de circuitos de iluminação com condutores de bitolas nominais distintas (1,5mm² e 2,5mm²). Foram realizadas medições de tensão, corrente e aferição da seção real dos cabos. Os resultados demonstraram que condutores de menor seção apresentam maior resistência e perda energética. Durante os ensaios, identificaram-se condutores comercializados como 2,5mm² e 1,5mm² que possuíam, na realidade, 1,78mm² e 1mm², respectivamente. Tais achados explicam as severas discrepâncias entre as perdas teóricas e experimentais observadas. A análise econômica evidenciou que condutores de maior bitola e em conformidade técnica proporcionam retorno financeiro ao longo do tempo através da redução do desperdício. Conclui-se que a verificação da conformidade dos materiais é essencial para garantir a segurança e a eficiência energética, materializando a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão.

Palavras-chave: perdas por efeito *joule*; eficiência energética; dimensionamento de condutores; instalações elétricas residenciais; aquecimento em cabos.

Introdução

O desenvolvimento tecnológico tem provocado um aumento contínuo na demanda por energia elétrica em ambientes residenciais. Esse cenário intensifica a necessidade de soluções voltadas à eficiência energética em instalações de baixa tensão, visando a preservação ambiental e a otimização de recursos. Nesse contexto, o dimensionamento adequado dos condutores elétricos destaca-se como um fator determinante, uma vez que

¹ Docente de Engenharia Elétrica do IFSC - Câmpus Itajaí.

² Docente de Engenharia Elétrica do IFSC - Câmpus Itajaí.

³ Discente do curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do IFSC - Câmpus Itajaí.

⁴ Discente do curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do IFSC - Câmpus Itajaí.

a escolha da seção transversal influencia diretamente as perdas de energia por efeito *Joule*, caracterizado pela dissipação de energia na forma de calor (CREDER, 2007).

Apesar de consolidado na literatura, o efeito *Joule* é frequentemente tratado de forma puramente teórica, o que limita a percepção de seus impactos a longo prazo. Em instalações residenciais, perdas aparentemente inexpressivas podem se tornar significativas em larga escala. Conforme destacam Burani *et al.* (2007), essas perdas contribuem não apenas para o desperdício financeiro na fatura do consumidor, mas também promovem o aquecimento excessivo dos condutores, trazendo implicações para a segurança e para a vida útil da própria instalação elétrica.

O tema ganha relevância na sustentabilidade e na formação tecnológica, pois a compreensão prática das falhas de mercado capacita os profissionais a propor soluções mais seguras. Este trabalho tem como objetivo analisar teoricamente e experimentalmente as perdas de energia por efeito *Joule* em circuitos residenciais, avaliando a influência da bitola dos condutores e a conformidade dos materiais ofertados no mercado. Com isso, busca-se apresentar possíveis esforços para a caracterização do princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, trazendo um problema real do mercado para dentro do ambiente acadêmico.

Fundamentação teórica

As perdas por efeito *Joule* ocorrem quando a corrente elétrica percorre um condutor que apresenta resistência. Esse fenômeno é descrito pela expressão $P = R \times i^2$, evidenciando a dependência da potência dissipada em relação à resistência e à corrente (NILSSON; RIEDEL, 2009). A resistência depende do material, do comprimento e, de forma inversamente proporcional, da seção transversal (GUSSOW, 2008). De acordo com Chaves (2019), o aumento da seção transversal do condutor resulta na redução de sua resistência interna, o que consequentemente minimiza o desperdício de energia em forma de calor.

No Brasil, a ABNT NBR 5410 estabelece os critérios técnicos de dimensionamento visando a segurança e a capacidade de condução de corrente, fixando as seções mínimas permitidas. No entanto, basear-se apenas no limite mínimo para baratear a obra ignora os custos operacionais. A NBR 15920 introduz o dimensionamento econômico, ponderando o custo de instalação com o custo do desperdício. Sobre esse paradoxo econômico vivenciado nos projetos elétricos, destaca-se:

Enquanto por um lado, adotar uma menor seção no condutor acarreta em um menor custo inicial de aquisição do mesmo, por outro lado uma maior seção irá onerar o custo inicial, no entanto o custo operacional do cabo, que é o custo relacionado à manutenção da instalação elétrica, será menor (CHAVES, 2019, p. 130).

Além das escolhas de projeto, um fator crítico é a qualidade do material. A utilização de fios e cabos que não atendem às especificações das normas de fabricação funciona como um catalisador para o aquecimento excessivo, agravando os riscos de incêndio latentes e a degradação acelerada da isolamento plástica dos circuitos (BURANI *et al.*, 2007).

Procedimentos metodológicos

A pesquisa possui caráter experimental e teórico, estruturada em etapas sequenciais. Inicialmente, foi realizada revisão bibliográfica com base na literatura técnica e na norma ABNT NBR 5410, visando fundamentar o estudo e orientar o planejamento experimental.

Foram montados dois circuitos de instalação elétrica residencial idênticos, diferenciando-se apenas pela bitola dos condutores de cobre (1,5mm² e 2,5mm²). Os circuitos operaram sob as mesmas condições de tensão e carga, garantindo a padronização das variáveis analisadas.

As medições foram realizadas com multímetro digital, para aferição de tensão e corrente elétrica. A partir dos dados coletados, calcularam-se as perdas de potência com base na Lei de *Joule*.

Os resultados foram analisados de forma comparativa, permitindo avaliar a influência da bitola nas perdas energéticas. O projeto contou com a participação de estudantes, promovendo a integração entre ensino e pesquisa e contribuindo para o desenvolvimento de competências técnicas.

Resultados e discussões

A análise inicial confirmou a premissa de que há uma relação direta entre a redução da seção e o aumento das perdas. O condutor de $1,5\text{mm}^2$ apresentou maior resistência elétrica em relação ao de $2,5\text{mm}^2$, resultando em maior dissipação de energia, o que valida as equações de Nilsson e Riedel (2009).

Entretanto, durante o projeto, aconteceu uma ocorrência que gerou inconsistências nos resultados: ao realizar os ensaios em um condutor que o fornecedor comercializava com a seção transversal nominal de $2,5\text{mm}^2$, notou-se que o valor de potência de perdas calculado teoricamente estava muito distinto do obtido no experimento. A norma estabelece limites rígidos para a fabricação de cabos de $2,5\text{mm}^2$. Ao aferir fisicamente o condutor utilizado, a seção transversal encontrada foi de aproximadamente $1,78\text{mm}^2$.

Complementarmente, a equipe realizou o mesmo procedimento de aferição para o condutor vendido nominalmente como de $1,5\text{mm}^2$. De forma análoga ao caso anterior, as perdas medidas foram discrepantes em relação aos cálculos teóricos iniciais. Ao conferir a bitola real deste fio, constatou-se que sua seção transversal era de apenas 1mm^2 .

Esses cabos "desbitolados" foram os motivos centrais da enorme discrepância nos valores em ambos os circuitos. Após verificada essa irregularidade, a equipe reaplicou os cálculos considerando a nova seção, considerando a bitola real de 1mm^2 e $1,78\text{mm}^2$. Desta vez, percebeu-se uma diferença mínima entre o ensaio e a teoria, cujos desvios marginais podem ser explicados por fatores como a pureza reduzida do cobre utilizado na fraude ou a calibração dos instrumentos de medição.

Do ponto de vista econômico, esse evento ilustra o alerta de Chaves (2019), pois, embora condutores normatizados de maior bitola apresentem custo inicial elevado, eles oferecem um prazo de retorno do investimento através da redução significativa do desperdício faturado mensalmente. Além disso, o superaquecimento causado pelos condutores fora de norma (1mm^2 e $1,78\text{mm}^2$) agrava severamente os riscos operacionais descritos por Burani *et al.* (2007). Esses autores alertam para o comprometimento da segurança nas instalações, destacando os perigos de choques elétricos e os graves riscos de incêndio.

O estudo reforça que os incêndios oriundos de falhas elétricas possuem um tempo de latência, ou seja, o aquecimento excessivo e contínuo deteriora a instalação de forma silenciosa, podendo desencadear o fogo repentinamente, meses após o início do uso do material inadequado (BURANI *et al.*, 2007).

Considerações finais

O trabalho alcançou seus objetivos ao provar, teoricamente e experimentalmente, que o subdimensionamento dos condutores compromete gravemente a eficiência energética e a segurança das instalações elétricas. A detecção do condutor não conforme ($1,78\text{mm}^2$ vendido como $2,5\text{mm}^2$ e 1mm^2 vendido como $1,5\text{mm}^2$) agregou uma relevante contribuição investigativa ao projeto, evidenciando que a busca pelo menor custo imediato em materiais gera riscos intoleráveis e perdas ocultas que o consumidor pagará ao longo do tempo.

A análise confirmou que dimensionamentos pautados em critérios econômicos e não apenas em limites mínimos técnicos favorecem a viabilidade financeira da edificação. A metodologia permitiu uma visualização prática rica dos fenômenos, garantindo a confiabilidade dos dados aferidos.

Por fim, os esforços empreendidos materializaram a indissociabilidade acadêmica. Através do ensino das leis elétricas e da pesquisa de perdas, gerou-se uma extensão inestimável ao expor e comprovar os perigos de materiais elétricos irregulares disponíveis



na sociedade civil, mostrando que a equipe vislumbra, com amplo êxito, a manutenção desse princípio em atividades futuras.

Referência ao fomento recebido

Este trabalho contou com o apoio institucional do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), tendo sido desenvolvido no âmbito do Edital nº 04/2024/PROPPI – Fluxo Contínuo, sem a percepção de fomento financeiro direto.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: **Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BURANI, G. F. et al. **Análise de perdas em instalações elétricas residenciais**. In: XIX Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE). Rio de Janeiro, 2007.

CHAVES, C. C. **Dimensionamento econômico de condutores aplicados a instalações elétricas em baixa tensão: um estudo de casos**. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 11, n. 4, p. 126-137, dez. 2019.

CREDER, H. **Instalações elétricas**. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

GUSSOW, M. **Eletricidade básica**. 2. ed. São Paulo: Pearson do Brasil, 2008.

NILSSON, J. W.; RIEDEL, S. A. **Circuitos elétricos**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2009.