

Barramentos de Potência para Drones

Bruno Vítor Renosto | bruno.v01@aluno.ifsc.br¹
Christopher Costa | christopher.c1@aluno.ifsc.edu.br²
Luiz Carlos Baron | luiz.baron@ifsc.edu.br³
Rafael Henrique Eckstein | rafael.eckstein@ifsc.edu.br⁴

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

Resumo:

O crescimento do uso de drones em aplicações profissionais de alta capacidade exige aeronaves robustas, levando à um aumento significativo na demanda de corrente elétrica. Tradicionalmente, a distribuição dessa energia utiliza chicotes elétricos ou PDBs, soluções que apresentam limitações frente a altas correntes devido a problemas térmicos, mecânicos e de alto custo. Este trabalho tem como objetivo propor e dimensionar um barramento de cobre como alternativa técnica e econômica para a distribuição de potência em um drone de grande porte. A metodologia baseou-se em pesquisa aplicada para um hexarotor de 30 kg, operando com corrente de projeto de 120 A. Na ausência de normas aeronáuticas específicas para essa categoria, adaptaram-se parâmetros de instalações elétricas terrestres e catálogos comerciais. O processo envolveu o cálculo iterativo da seção transversal efetiva do condutor, descontando rigorosamente a área de estrangulamento gerada pela furação dos terminais de fixação para evitar a formação de pontos quentes. Os resultados demonstram que um barramento com dimensões de $\frac{7}{8}$ " x $\frac{1}{8}$ " atende plenamente à aplicação. Conclui-se que o barramento supera os sistemas convencionais, assegurando estabilidade térmica, resistência mecânica superior contra vibrações e expressiva vantagem econômica devido à escalabilidade de fabricação.

Palavras-chave: drones; distribuição de potência; barramento elétrico.

Introdução

O uso de drones cresceu exponencialmente devido à maior acessibilidade eletrônica (Ajay Vishwath *et al.*, 2022). Segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2026), os registros saltaram de 15 mil para mais de 140 mil. Apesar da predominância recreativa, cresce a aplicação profissional na agricultura, logística e segurança (Důbravová; Bureš; Velfl, 2024; Purtell; Hong; Hiatt, 2024).

¹ Estudante do curso de Engenharia Elétrica do IFSC - Campus Florianópolis.

² Estudante do curso de Engenharia Eletrônica do IFSC - Câmpus Florianópolis.

³ Servidor docente do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAE) do IFSC - Câmpus Florianópolis.

⁴ Servidor docente do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAE) do IFSC - Câmpus Florianópolis.

Demandas severas exigem aeronaves robustas, com massas entre 25 kg e 50 kg (Hyun; Han; Hong, 2024; Petrobras, 2026). Esse peso eleva o torque mecânico dos motores, resultando em um fluxo de corrente significativamente maior exigido das baterias.

Essa distribuição ocorre via "chicotes" elétricos ou Placas de Distribuição de Potência (PDBs). Sob altas correntes, contudo, os chicotes propiciam pontos quentes, e as PDBs comerciais têm custo proibitivo. Neste contexto, este artigo explora o uso de barramento de cobre sólido como alternativa às soluções tradicionais, detalhando seu dimensionamento para alta performance.

Fundamentação teórica

Para dimensionar adequadamente um barramento de distribuição de energia, faz-se necessário revisar alguns conceitos fundamentais que envolvem a corrente elétrica. O primeiro princípio a ser considerado é a relação expressa por $I = \frac{P}{V}$, que define a corrente elétrica I como uma razão entre a potência demandada e a tensão de alimentação. Esta relação é particularmente crítica em drones, pois o peso total da aeronave impacta diretamente a potência mecânica exigida dos motores e, consequentemente, a magnitude da corrente elétrica transportada.

Além das considerações puramente elétricas de ampacidade, o ambiente operacional impõe restrições severas. A norma ABNT NBR 5410 (2004), embora voltada para instalações prediais, seus critérios de segurança para conexões elétricas e limites de elevação de temperatura são fundamentados em princípios universais da física e da engenharia de materiais, válidos independentemente do ambiente de aplicação, fornecendo diretrizes universais sobre conexões que serão expandidas para o cenário de drones no presente trabalho. A ABNT (2004, p. 116), aconselha “[...]evitar o uso de conexões soldadas em circuitos de energia. Se tais conexões forem utilizadas, elas devem ter resistência à fluência e a solicitações mecânicas compatíveis com a aplicação.”. Também é indicado que “as conexões devem ser acessíveis para verificação, ensaios e manutenção [...]” (ABNT, 2004, p.116). Além disso:

As conexões devem poder suportar os esforços impostos pelas correntes, seja em condições normais, seja em condições de falta. Além disso, as conexões não devem sofrer modificações inadmissíveis em decorrência de seu aquecimento, do envelhecimento dos isolantes e das vibrações que ocorrem em serviço normal. Em particular, devem ser consideradas as influências da dilatação térmica e das tensões eletroquímicas, que variam de metal para metal, bem como as influências da temperatura que afetam a resistência mecânica dos materiais. (ABNT, 2004, p.116).

Tais exigências normativas corroboram a inviabilidade técnica da utilização de chicotes convencionais para a distribuição de correntes de alta ordem em um drone. A combinação de elevada temperatura, vibração mecânica constante dos motores e a dificuldade de acesso para manutenção tornam as emendas soldadas e os conectores, múltiplos potenciais pontos de falhas críticas. Dessa forma, a presente fundamentação estabelece as bases para a escolha do barramento de cobre sólido como solução condutora robusta.

Procedimentos metodológicos

A presente pesquisa de caráter aplicado visa solucionar a distribuição de potência de um drone hexarotor de aproximadamente 30 kg, operando com tensão de 50 V. Considerando a demanda de até 100 A e um fator de segurança de 1,2, a corrente de projeto adotada foi de 120 A. Na ausência de normas específicas para aeronaves não tripuladas dessa categoria, utilizou-se a NBR 5410 como parâmetro comparativo inicial. Simulando condições térmicas extremas (60 °C) para condutores isolados, as correntes corrigidas indicaram seções nominais de 70 mm² e 25 mm², para 2 isolantes (ABNT, 2004). Contudo, como o projeto emprega barramentos de cobre nus, esses valores normativos atuaram apenas como direcionadores de magnitude.

Avançando para os catálogos de fabricantes, as opções comerciais indicadas apresentavam seções entre 50 e 60 mm², próximas ao que foi norteado pelo pior caso do calculado usando a NBR 5410, a exemplo dos perfis de 5/8" x 1/8", 1/4" x 3/8" e 1/2" x 3/16" (Copper Barras, 2026). O desafio mecânico, no entanto, reside no acoplamento elétrico: a utilização de terminais tipo olhal exige furações que reduzem a seção transversal útil do barramento. Esse estrangulamento físico cria um gargalo na condução elétrica, exigindo um recálculo rigoroso para evitar a formação de pontos quentes.

Tomando o perfil de $\frac{1}{2}$ " x $\frac{3}{16}$ " como exemplo e descontando o espaço para um parafuso de folga M5, a área útil cai para 34,3 mm². Nesse ponto crítico, a capacidade térmica de condução despenca para 82,3 A, um valor insuficiente para a aeronave. Através de cálculos iterativos para compensar essa perda de material na conexão, determinou-se que o barramento de $\frac{7}{8}$ " x $\frac{1}{8}$ " é a dimensão correta para suportar a corrente de projeto de 120 A com segurança em toda a sua extensão (Copper Barras, 2026).

Resultados e discussões

O dimensionamento indicou que o barramento de $\frac{7}{8}$ " x $\frac{1}{8}$ " atende plenamente aos requisitos da aplicação. Mesmo subtraindo a área da furação de folga para o parafuso M5, a seção transversal efetiva resultante de 53 mm² garante a condução segura de até 130 A nos pontos críticos de conexão (Copper Barras, 2026). Somada a essa validação elétrica, a fixação por terminais tipo olhal parafusados confere um acoplamento mecânico superior e altamente resistente à vibração, superando a confiabilidade estrutural que seria obtida com emendas soldadas em chicotes de alta bitola.

Quanto à viabilidade econômica, a solução proposta apresenta uma nítida vantagem de escalabilidade. Embora o investimento inicial na barra de cobre seja similar ao custo de aquisição de PDBs comerciais projetadas para esse nível de corrente, o material bruto rende mais: uma barra padrão de 1 metro permite usinar até três pares de barramentos para a aeronave. Isso dilui substancialmente o custo unitário e otimiza o orçamento da fabricação.

Considerações finais

O presente trabalho alcançou seu objetivo ao validar o uso de barramentos de cobre como uma alternativa técnica e econômica superior aos chicotes elétricos e PDBs em drones de grande porte. A principal dificuldade superada foi a ausência de normatização específica para o setor aeroespacial não tripulado, o que exigiu da equipe uma adaptação investigativa e criteriosa da NBR 5410, cruzando dados normativos com especificações de fabricantes para garantir a segurança térmica nas conexões. Como

trabalhos futuros, projeta-se a realização de ensaios práticos de bancada, utilizando câmeras termográficas sob a carga nominal de 120 A, visando à validação empírica dos cálculos de dimensionamento aqui estabelecidos.

A superação desses desafios proporcionou um salto qualitativo na formação profissional dos envolvidos, consolidando competências em projetos elétricos, gestão térmica e análise de custo-benefício. Ademais, o projeto materializou com êxito a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão: os conceitos teóricos de eletrotécnica vistos em sala embasaram a investigação para solucionar uma lacuna real de engenharia, gerando uma solução acessível, segura e escalável. Esse resultado possui potencial imediato de aplicação, permitindo o aumento da confiabilidade das aeronaves sem a necessidade de componentes importados de alto custo.

Referência ao fomento recebido

Este trabalho foi executado no IFSC Câmpus Florianópolis, a partir da atuação no projeto de PD&I PFLN 2506 0023, no âmbito do Polo de Inovação e Unidade Embrapii do IFSC.

Referências

Agência Nacional de Aviação Civil. **Painel - Aeronaves - Drones Cadastrados**.

Disponível em:

<https://www.gov.br/anac/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/areas-de-atuacao/aeronaves-1/drones-cadastrados/painel-drones>. Acesso em: 14 abr. 2026.

AJAY VISHWATH, N.C. *et al.* A guide to novice for proper selection of the components of drone for specific applications. **Materials Today**: Proceedings, v. 65, p. 3617-3622, 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2022.06.187>.

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

COPPER BARRAS. **Tabela de Barramentos de Cobre**. Disponível em:

<https://copperbarras.com.br/tabela-de-barramento-de-cobre/>. Acesso em: 17 abr. 2026.

DŮBRAVOVÁ, Hana; BUREŠ, Vladimír; VELFL, Lukáš. Review of the application of drones for smart cities. **Iet Smart Cities**, [S.L.], v. 6, n. 4, p. 312-332, 28 out. 2024. Institution of Engineering and Technology (IET). <http://dx.doi.org/10.1049/smc2.12093>.



HYUN, Daeil; HAN, Jaeyoung; HONG, Seokmoo. Development of hybrid-powered, sustainable multi-purpose drone system: an analysis model. **International Journal Of Hydrogen Energy**, [S.L.], v. 61, p. 762-773, abr. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.02.251>.

PETROBRAS. **Petrobras realiza voo pioneiro no Brasil com aeronave remotamente pilotada**. Disponível em: <https://agencia.petrobras.com.br/w/negocio/petrobras-realiza-voo-pioneiro-no-brasil-com-aeronave-remotamente-pilotada>. Acesso em: 14 abr. 2026.

PURTELL, Clinton; HONG, Seock-Jin; HIATT, Brian. Bibliometric analysis on advanced air mobility and drones. **Journal Of Air Transport Management**, [S.L.], v. 116, p. 102569, abr. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jairtraman.2024.102569>.