

Desenvolvimento de um Protótipo de Conjunto Atuador para Robôs Móveis

Matheus Henrique Finkler, Aureo Guilherme Dobrikopf, Douglas Wildgrube Bertol.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a área de robótica tem apresentado crescimento significativo, impulsionando a demanda por atuadores cada vez mais eficientes e confiáveis. Entre os componentes utilizados, os motores BLDC (*Brushless Direct Current*) destacam-se pela elevada eficiência energética, menor desgaste mecânico e baixa necessidade de manutenção. No entanto, no Brasil, a aquisição desses motores ainda depende majoritariamente do mercado externo, o que eleva os custos e dificulta a logística de obtenção.

Diante desse cenário, este projeto teve como objetivo a parametrização, desenvolvimento e teste de um protótipo de motor BLDC destinado à composição de um atuador robótico, contemplando sua modelagem, fabricação e análise de desempenho.

DESENVOLVIMENTO

O projeto foi conduzido em etapas sequenciais. Inicialmente, foi realizada a introdução ao ambiente ROS2 e aos fundamentos de controle de motores BLDC (*Brushless Direct Current*), com ênfase na técnica FOC (*Field Oriented Control*). Em seguida, foram executados testes práticos utilizando o driver ODrive por meio da ferramenta odrivetool, a fim de validar os conceitos aplicados a um motor BLDC comercial.

Posteriormente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica voltada ao design de motores BLDC, com o objetivo de definir o modelo e os parâmetros dimensionais mais adequados à aplicação proposta (HANSELMAN, 2003; ODRIVE, 2025; ROS2, 2025; HABER, 2025; DEFENSE TURKEY, 2025). A partir dessa análise, optou-se pelo design *slotless*, em razão de vantagens como a eliminação do *cogging* torque, que corresponde ao torque de alinhamento presente em estatores convencionais com slots, além da maior simplicidade construtiva. Com base nessa escolha, foi realizada a modelagem tridimensional do motor no software SolidWorks (Figura 1.a), seguida da fabricação das peças por impressão 3D (Figura 1.b).

Na etapa de montagem, foram confeccionadas as bobinas do estator, instalados os ímãs permanentes no rotor e realizado o acoplamento entre rotor e estator. Por fim, testes experimentais foram conduzidos para validar o funcionamento do sistema desenvolvido (SELEMA et al., 2022).

RESULTADOS

Nos testes primários, verificou-se que o motor apresentou baixo torque na partida, com dificuldade para vencer o ponto de inércia. Essa limitação foi atribuída à ausência de núcleo ferroso no primeiro protótipo, o que prejudicou o direcionamento do fluxo magnético. Também foi observada elevação significativa da temperatura no estator, resultando em danos estruturais devido à baixa resistência térmica do material utilizado.

Apesar dessas limitações, os resultados iniciais foram considerados positivos, indicando a viabilidade do projeto e evidenciando pontos que podem ser otimizados nas próximas etapas de desenvolvimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

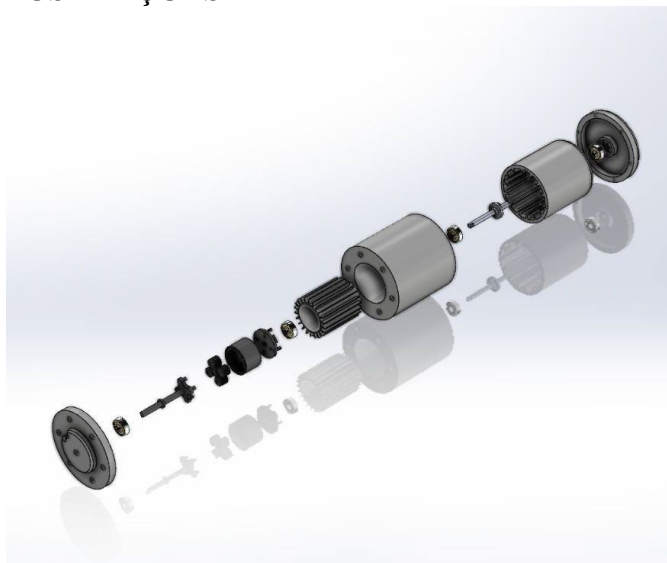
Nos testes primários, verificou-se que o motor apresentou baixo torque na partida, com dificuldade para vencer o ponto de inércia. Essa limitação foi atribuída à ausência de núcleo

ferroso no primeiro protótipo, o que prejudicou o direcionamento do fluxo magnético. Também foi observada elevação significativa da temperatura no estator, resultando em danos estruturais devido à baixa resistência térmica do material utilizado.

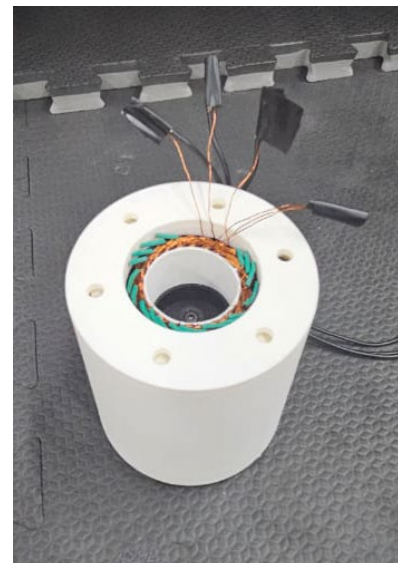
Apesar dessas limitações, os resultados iniciais foram considerados positivos, indicando a viabilidade do projeto e evidenciando pontos que podem ser otimizados nas próximas etapas de desenvolvimento.

Palavras-chave: motores BLDC; motor *slotless*; atuadores robóticos; controle FOC; ODrive; prototipagem.

ILUSTRAÇÕES



(a)



(b)

Figura 1. (a) Vista explodida do protótipo de motor BLDC desenvolvido e (b) um dos protótipos do motor desenvolvido. Fonte: próprio autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEFENSE TURKEY. **FEMSAN launches serial production of slotless BLDC motors following a successful R&D process**. Disponível em:

<<https://www.defenceturkey.com/en/content/femsan-launches-serial-production-of-slotlessbldc-motors-following-a-successful-r-d-process-3221>>. Acesso em: 25 ago. 2025.

SELEMA, A.; IBRAHIM, M. N.; SERGEANT, P. Electrical machines winding technology: latest advancements for transportation electrification. **Machines**, v. 10, p. 563, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/machines10070563>.

HANSELMAN, D. C. **Brushless permanent magnet motor design**. Cranston, R.I.: The Writers' Collective, 2003.

ODRIVE. **Getting started – Odrive documentation 0.5.6**. Disponível em:

<<https://docs.odriverobotics.com/v/0.5.6/getting-started.html#start-odrivetool>>. Acesso em: 25 ago. 2025.

ROS2 DOCUMENTATION. **ROS 2 documentation: Jazzy documentation**. Disponível em:

<<https://docs.ros.org/en/jazzy/index.html>>. Acesso em: 25 ago. 2025.

HABER, A. **Model, simulate, and control differential drive robot in ROS2 Jazzy and Gazebo Harmonic from scratch**. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=9sjTrpxtBaE>>. Acesso em: 25 ago. 2025.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Matheus Henrique Finkler

MODALIDADE DE BOLSA: PROBIC/UDESC (IC)

VIGÊNCIA: 08/2024 a 08/2025 – Total: 12 meses

ORIENTADOR(A): Douglas Wildgrube Bertol

CENTRO DE ENSINO: CCT

DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETRICA CCT

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Engenharias / Engenharia Elétrica

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Desenvolvimento de um Protótipo de Conjunto Atuador para Robôs Móveis

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP4271-2013