

Otimização da transferência de energia cinética em armas de tambor com massa ativa integrada para robôs *Hobbyweight*

Vinícius Rodrigues Borba | vinicius.borba@ifsc.edu.br¹

Jardel Carlos Godinho | jardel.g03@aluno.ifsc.edu.br²

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

Resumo:

As batalhas de robôs representam uma ferramenta educacional multidisciplinar que integra mecânica, eletrônica e programação. Este trabalho visa desenvolver uma arma do tipo tambor, com massa ativa interna, destinada a robôs da categoria *Hobbyweight* (5,44 kg), integrando motor e baterias no interior do tambor para maximizar a transferência de energia cinética. A metodologia adotada inicia com modelagem e análise de distribuição de massa no *SolidWorks*, seguida pela usinagem em aço SAE 8640 e montagem do sistema com anel coletor (*slip ring*). Espera-se que a configuração de acionamento interno apresenta maior eficiência energética e melhor controle do momento angular por meio do uso de tambores contrarrotativos, validando a hipótese de que a concentração de massa ativa na extremidade de ataque otimiza o desempenho em combate.

Palavras-chave: Robótica de combate; Arma de tambor; *Hobbyweight*.

Introdução

Atividades relacionadas à batalha de robôs tiveram início na década de 1970 no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e, desde então, vêm despertando o interesse de estudantes da área de robótica, bem como do público em geral. Esse interesse decorre dos desafios impostos pela integração de diferentes áreas do conhecimento, como mecânica, programação, elétrica e eletrônica, além do caráter competitivo das disputas. Nesse sentido, os robôs de combate representam uma ferramenta educacional completa, pois reúnem diversos subsistemas que atuam de forma integrada, exigindo dos estudantes competências nas áreas supracitadas, o que resulta em um aprendizado multidisciplinar e em bom desempenho durante as competições.

Com bases nos subsistemas de um robô de combate, o sistema de ataque dos robôs precisa ser robusto e eficiente, enquanto o sistema de defesa deve garantir

¹ Docente do curso de Manutenção Automotiva do IFSC, Câmpus Florianópolis.

² Estudante do curso de Engenharia Mecatrônica do IFSC, Câmpus Florianópolis.

resistência sem que o robô ultrapasse o limite de peso da respectiva categoria (Meggiolaro, 2006).

Diante das restrições de peso e das exigências de impacto, o sistema de ataque deve equilibrar robustez estrutural e eficiência dinâmica. Assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de uma arma do tipo tambor, com massa ativa interna, para robôs da categoria *Hobbyweight* (5,44 kg).

Com base nos resultados desta pesquisa, torna-se possível oportunizar, em estudos futuros, a análise do desempenho quanto à transferência de energia cinética, à estabilidade rotacional e ao tempo de recuperação pós-impacto, por meio de uma configuração de acionamento interno, com motor e baterias integrados e tambores contrarrotativos para compensação do momento angular.

Fundamentação teórica

A inspiração por batalhas envolvendo máquinas autônomas ou teleoperadoras remonta a experimentos acadêmicos, mas foi somente com a popularização de competições abertas que a atividade ganhou escala global. Desde os primeiros encontros até os circuitos internacionais atuais, o princípio permanece baseado na multidisciplinaridade e na capacidade de resolver problemas sob restrições reais de tempo, peso e segurança.

Robôs de competição não se restringem ao entretenimento, suas soluções de acionamento, gestão térmica e otimização estrutural frequentemente migram para setores industriais, logísticos e de exploração. A batalha de robôs exerce papel catalisador no avanço da mecatrônica aplicada, ao estimular a prototipagem rápida, a simulação computacional e a validação experimental (Rocha, 2000).

Na categoria *Hobbyweight* (5,44 kg), cada grama conta: a distribuição de massa entre chassi, sistema de defesa e de ataque define a janela de desempenho. A concentração de massa no tambor de ataque teoricamente eleva o momento de inércia, permitindo maior energia cinética na mesma rotação. Contudo, integrar componentes ativos (motor e baterias) no interior da arma introduz desafios de balanceamento, vedação, transmissão de energia e dissipação térmica. A estratégia de tambores

contrarrotatórios surge para anular o torque reativo, preservando a trajetória do robô durante e após o impacto.

Procedimentos metodológicos

O desenvolvimento seguiu o fluxo estruturado em quatro etapas. Inicialmente, realizou-se modelagem paramétrica no *SolidWorks*, com cálculo de momento de inércia, simulação de distribuição de massa e verificação de interferências para garantir espaço interno compatível com motor *brush* e *pack* de baterias LiPo.

Na etapa subsequente, procedeu-se à seleção do material da arma do robô por meio da aplicação da metodologia de Pugh (matriz de decisão), a qual possibilitou a comparação sistemática entre alternativas. Foram avaliados três materiais: aço SAE 8640, aço SAE 1045 e aço SAE 1020. A definição dos critérios de avaliação e de seus respectivos pesos foi realizada com base nos requisitos do projeto, considerando-se: relação resistência/peso (peso 3), resistência mecânica (peso 3), absorção de impacto (peso 2), facilidade de fabricação (peso 1) e facilidade de reparo (peso 1).

Com base no modelamento desenvolvido e no material selecionado, procedeu-se à usinagem por meio de torneamento e fresamento, em operações internas e externas, para as geometrias de menor complexidade. As regiões com maior grau de complexidade geométrica foram manufaturadas por eletroerosão a fio com controle CNC, garantindo elevada precisão dimensional e qualidade de acabamento superficial.

Com o corpo da arma construído, procedeu-se à integração eletrônica, utilizando um anel coletor (*slip ring*) de quatro canais para alimentação do motor interno e transmissão de sinais de controle, eliminando a necessidade de cabos torcidos. Tal solução foi desenvolvida em trabalho anterior, intitulado “Projeto e Fabricação de um Sistema *Slip Ring* para Arma Ativa de Robô de Combate” (Borba *et al.*, 2025), no qual são apresentadas a metodologia empregada e a validação de sua eficácia. Posteriormente, realizou-se a montagem da arma, bem como a validação de seus componentes.

Por fim, para trabalhos futuros, pretende-se realizar a validação experimental por meio de testes A/B controlados: (A) arma acionada externamente por correia, sem massa interna; e (B) arma autotracionada, com motor e baterias no interior. Ambas as

configurações serão ensaiadas em bancada segura, equipada com blindagem transparente e sistema de contenção de fragmentos.

Resultados e discussões

O presente trabalho dá continuidade às pesquisas em robôs de combate desenvolvidas pela equipe de robótica Cerberus. Em estudo anterior, intitulado “Análise em Armas de Robôs de Combate” (Borba *et al.*, 2025), identificou-se que a energia cinética rotacional da arma constitui um dos principais fatores que influenciam a transferência de energia de impacto. Com base nesses resultados, foi conduzido um estudo com o objetivo de desenvolver uma arma do tipo tambor com massa ativa interna.

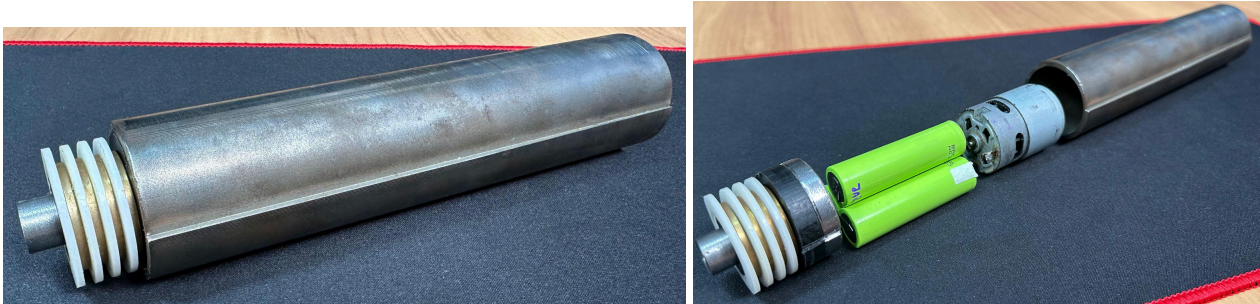
A utilização de tambores contrarrotativos visa ao cancelamento do momento angular, contribuindo para a melhoria do controle e da dirigibilidade do sistema durante a competição. A estabilidade será avaliada em trabalhos futuros, de forma qualitativa por meio de análise de vídeos em alta velocidade e, quantitativamente, pelo desvio lateral do centro de massa após colisões.

Adicionalmente a isto, a integração do sistema por meio de anel coletor (*slip ring*) mostrou-se funcional para a transmissão de potência e sinais de controle ao conjunto rotativo interno, sem ocorrência de falhas ou limitações operacionais.

Após a modelagem 3D e a seleção do material por meio de uma adaptação da metodologia de Pugh, definiu-se o aço SAE 8640 como material para a construção do corpo da arma. De acordo com os critérios estabelecidos (relação resistência/peso e resistência mecânica), seguidos de absorção de impacto, facilidade de fabricação e de reparo, o SAE 8640 apresentou desempenho superior, devido à sua composição de baixa liga, com elementos como níquel, cromo e molibdênio, que conferem elevada resistência mecânica, boa tenacidade e excelente resposta a tratamentos térmicos, características essenciais para aplicações sujeitas a carregamentos dinâmicos e impactos severos. Esses resultados estão alinhados com dados clássicos da engenharia de materiais, que indicam a superioridade de aços ligados para aplicações estruturais críticas submetidas a esforços elevados e condições de impacto (Callister *et al.* 2013).

A fabricação foi realizada por processos de usinagem e, na Figura 01, é possível visualizar, na imagem da esquerda, a arma montada e, na imagem da direita, todos os seus componentes.

Figura 1 – Arma montada (esquerda) e com todos os componentes (direita).



Fonte: Elaboração própria.

A utilização de tambores contrarrotativos tem como objetivo o cancelamento do momento angular, contribuindo para a melhoria do controle e da dirigibilidade do equipamento durante a competição.

Dados preliminares obtidos por simulação em CAD, observa-se a viabilidade e a eficiência do empacotamento interno, resultando em aumento significativo da energia cinética rotacional.

Espera-se que, na próxima etapa da pesquisa, a construção de uma bancada de ensaios de impacto, esses resultados sejam corroborados experimentalmente. Tal configuração autotracionada (grupo B) apresenta menor tempo de recuperação de rotação, em função da maior concentração de inércia e da eliminação de perdas associadas a sistemas de correia e polias. Caso essa hipótese seja confirmada, a realocação de massa ativa poderá representar uma vantagem técnica relevante para robôs da classe *Hobbyweight*, nos quais a eficiência de pico é determinante para o desempenho em combate.

Considerações finais

O desenvolvimento da arma do tipo tambor com massa ativa interna representa um avanço consistente em relação às abordagens convencionais adotadas em robôs de

combate, ao integrar conceitos de aumento de energia cinética rotacional com soluções voltadas à estabilidade dinâmica do sistema.

Já a adoção do aço SAE 8640, selecionado por meio da metodologia de Pugh, revelou-se tecnicamente adequada frente aos requisitos estruturais e de impacto, corroborando fundamentos consolidados da engenharia de materiais descritos por Callister. Além disso, a viabilidade funcional do sistema com anel coletor e os resultados preliminares de simulação indicam que a arquitetura proposta é promissora, especialmente no que se refere à eficiência energética e ao tempo de recuperação de rotação.

Por fim, destaca-se que a validação experimental em bancada de impacto será essencial para confirmar as hipóteses levantadas, podendo consolidar a realocação de massa ativa como uma estratégia relevante para ganho de desempenho em robôs da classe Hobbyweight.

Referências

BORBA, *et al.* Projeto e Fabricação de um Sistema *Slip Ring* para Arma Ativa de Robô de Combate. In: **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - IFSC**, 2025, Florianópolis. Caderno de Resumos da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia – IFSC, 2025. ISSN 2965-8772.

CALLISTER JUNIOR, William D.; RETHWISCH, David G. **Ciência e engenharia de materiais**: uma introdução. 8. ed. -. Rio de Janeiro: LTC, 2013. xxi, 817 p. ISBN 9788521621249.

MEGGIOLARO, M. A. **Tutorial em robôs de combate**. 2006. Disponível em: <http://www.robocore.net/modules.php?name=Forums&file=viewtopic&t=923>. Acesso em: 10 maio 2024.

ROCHA, R. P. *Estado da arte da robótica móvel em Portugal*. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2000.