



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2025**

Construção de Veículo Aéreo Não Tripulado Multi-Rotor Utilizando Peças Impressas por Método Aditivo

Tássio Carvalho Rodrigues¹; Anfranserai Morais Dias²

1. Tássio Carvalho Rodrigues, PVIC/UEFS, ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO, e-mail: tassiocarvalhor@gmail.com

2. Anfranserai Morais Dias, DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA, e-mail: amdias@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Controle *Open-Source*; Drone; Resíduos Eletrônicos

INTRODUÇÃO

O avanço dos veículos aéreos não tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones, tem ampliado suas aplicações em setores como agricultura, monitoramento ambiental e segurança (DJI, 2020). Contudo, o aumento no uso desses dispositivos contribui para o crescimento dos resíduos eletrônicos, que em 2019 alcançaram 53,6 milhões de toneladas métricas globais (Forti et al., 2020). Nesse contexto, a reutilização de componentes descartados, como motores de discos rígidos (HD), emerge como uma alternativa sustentável e de baixo custo (Baldé et al., 2017). Além de mitigar impactos ambientais, essa abordagem alinha-se aos princípios da economia circular, promovendo a reutilização de recursos e a redução de resíduos (*Ellen MacArthur Foundation*, 2013). A integração com sistemas de controle *open-source*, como o *ArduPilot*, também democratiza o acesso à tecnologia, permitindo maior inclusão em projetos de inovação (*ArduPilot*, 2023). Este trabalho tem como objetivo desenvolver e analisar um drone funcional construído com resíduos eletrônicos, avaliando a viabilidade de motores de HD em comparação com motores comerciais, por meio de testes em bancada e prototipagem com peças impressas em 3D.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

O desenvolvimento do projeto seguiu uma abordagem experimental e aplicada, estruturada em etapas que envolveram desde a análise técnica dos componentes reciclados até a construção de uma bancada de testes e a validação prática dos resultados. Para avaliação experimental, construiu-se uma bancada de teste vertical equipada com célula de carga de 20 kg, módulo amplificador HX711 e microcontrolador ESP8266 para aquisição e processamento de dados. A estrutura contou com peças impressas em 3D para suporte e adaptações dos motores e hélices, além de uma barra de alumínio para transmissão do empuxo. Os ensaios seguiram protocolo padronizado, incluindo calibração da célula de carga, aplicação de incrementos de potência via ESC e registro simultâneo de empuxo, tensão, corrente e rotação. Foram testadas diferentes configurações de hélices, tanto nos motores reciclados quanto no motor de referência A2212-10T 1400kV, amplamente utilizado em

drones comerciais. Por fim, os dados coletados foram analisados em termos de empuxo, eficiência propulsiva e relação peso/potência, permitindo avaliar a viabilidade prática do uso de motores reciclados em drones e fundamentar a decisão de redirecionar o projeto para motores comerciais.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

Foi desenvolvida uma bancada de teste vertical com célula de carga e módulo ESP8266 e HX711 para aquisição de dados, possibilitando a medição de empuxo e parâmetros elétricos dos motores analisados. A estrutura contou com peças projetadas por construção aditiva e impressas em 3D para suportes e adaptações dos motores, como mostrado na Figura 1 e as peças na Figura 2.

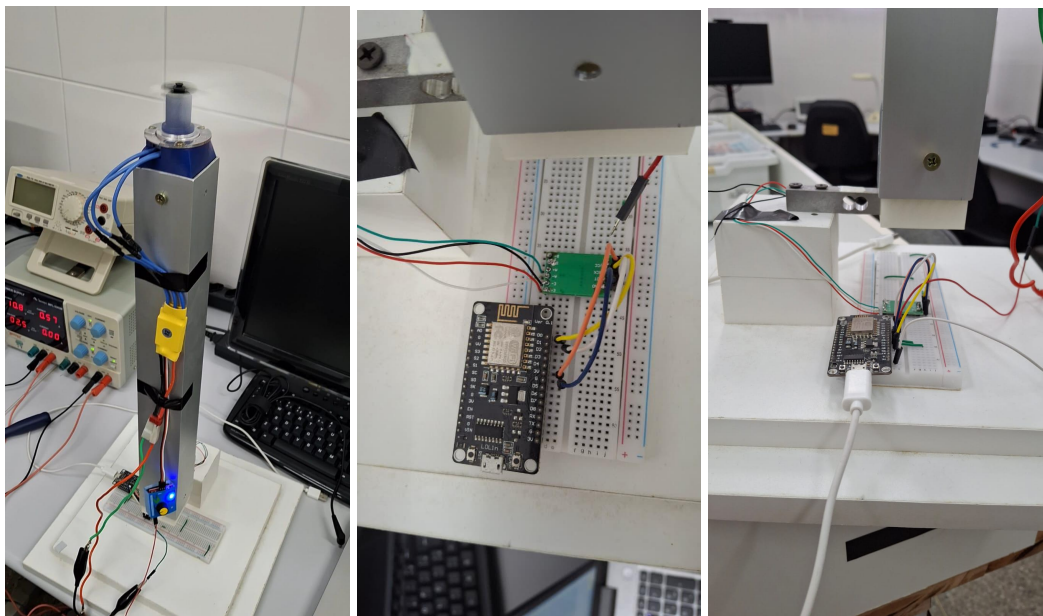


Figura 1 - Bancada de Teste e módulo do microcontrolador e célula de carga

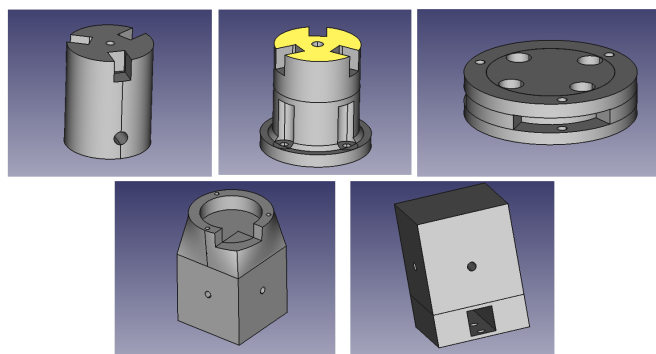


Figura 2 - Peças projetadas no FreeCAD para adaptações

Os ensaios foram realizados comparando motores reciclados de discos rígidos com um motor brushless comercial de referência, utilizando hélices DJI Mavic 3 e diferentes configurações de montagem, obtendo-se os dados dos sensores e organizando em gráfico de curvas.

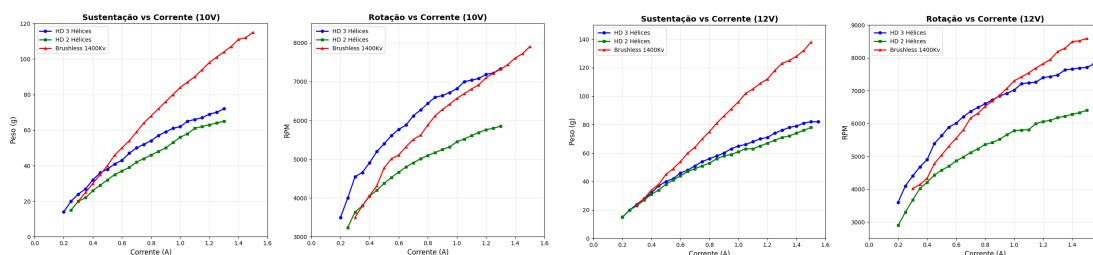


Figura 3 - Curva das relações de Peso x Corrente e RPM x Corrente de 10V a (esquerda) e 12V a (direita)

Conforme observado na Figura 3, o comportamento da sustentação em função da corrente a 10V revela diferenças significativas entre os motores testados. O motor Brushless 1400Kv demonstra desempenho claramente superior, atingindo aproximadamente 115g de sustentação máxima com consumo de 1,5A, representando um aumento substancial em relação aos motores de hard disk (HD). O motor de HD equipado com 3 hélices apresenta sustentação máxima de cerca de 72g com consumo de 1,3A, enquanto a configuração com 2 hélices alcança aproximadamente 65g na mesma corrente. Ambos os motores de HD exibem curvas de comportamento semelhantes, porém a configuração com 3 hélices apresenta vantagem em toda a faixa operacional. Ainda na Figura 3, a análise do comportamento rotacional em 10V mostra que o motor Brushless 1400Kv atinge aproximadamente 7.900 RPM máximo, mantendo curva de crescimento suave e linear, o que sugere maior estabilidade e melhor controle. Em contrapartida, os motores de HD apresentam características distintas: a configuração com 3 hélices atinge cerca de 7.340 RPM, enquanto a de 2 hélices limita-se a 5.850 RPM, ambas com um “joelho” característico, indicando transição no regime de operação. Na mesma Figura 3, ao considerar a operação em 12V, nota-se um desempenho otimizado para todos os motores. O motor Brushless 1400Kv mantém sua superioridade, alcançando cerca de 138g de sustentação máxima com 1,5A, representando um incremento de aproximadamente 20% em relação à operação em 10V. O motor de HD com 3 hélices atinge cerca de 82g com 1,55A, enquanto a versão com 2 hélices chega a 78g com 1,5A. Em 12V, observa-se que ambos os motores de HD apresentam curvas mais próximas, especialmente na faixa de corrente entre 0,4A e 1,0A, onde o desempenho é praticamente equivalente. Ainda em 12V, a Figura 3 mostra que o motor Brushless 1400Kv alcança aproximadamente 8.590 RPM, um incremento de cerca de 9% em relação à operação em 10V, mantendo a linearidade característica. Já os motores de HD apresentam melhorias: a configuração com 3 hélices atinge 7.810 RPM (aumento de 6%), enquanto a de 2 hélices alcança 6.400 RPM (aumento de 9%), ambos com curvas mais suavizadas em comparação ao teste em 10V. Por fim, a Figura 3 evidencia também a eficiência energética em 12V. O motor Brushless 1400Kv gera aproximadamente 68% mais sustentação que o motor de HD com 3 hélices e 77% mais que o de 2 hélices, vantagem ainda mais significativa que a registrada em 10V. Considerando a relação potência consumida ($P = V \times I$), o motor Brushless opera a 18W (12V $\times$ 1,5A) com eficiência de 7,7 g/W, enquanto os motores de HD consomem

potências próximas (18,6W com 3 hélices e 18W com 2 hélices), resultando em eficiências de 4,4 g/W e 4,3 g/W, respectivamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

O trabalho permitiu avaliar, de forma experimental, a viabilidade do uso de motores reciclados de discos rígidos em sistemas de propulsão para drones. Os resultados mostraram que, apesar de operarem de maneira estável em condições limitadas, esses motores apresentaram restrições significativas quanto à relação empuxo/peso, massa dos módulos propulsivos e eficiência energética, inviabilizando sua aplicação prática em voo. Diante dessas limitações, o projeto foi redirecionado para o uso de motores comerciais brushless, que demonstraram desempenho superior e condições adequadas para a implementação de um sistema aéreo funcional. Para o controle do protótipo, optou-se pelo controlador F4V3S Plus, pela compatibilidade com quatro motores e confiabilidade em aplicações de drones, e pelo ESP32, devido à sua capacidade de integração, monitoramento e comunicação em tempo real. Embora o objetivo inicial de reutilizar componentes eletrônicos não tenha sido alcançado na propulsão, o processo experimental proporcionou aprendizado relevante sobre caracterização de motores, dimensionamento de sistemas e integração de controladores, estabelecendo a base necessária para as próximas etapas do desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

- ARDUPILOT. ArduPilot: versatile, trusted, open. Disponível em: <https://www.ardupilot.org/>. Acesso em: 2025.
- BALDÉ, C. P. et al. The global e-waste monitor 2017: quantities, flows, and resources. Bonn: United Nations University; Geneva: International Telecommunication Union; Viena: International Solid Waste Association, 2017. Disponível em: <https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/Global-E-waste-Monitor-2017-electronic-spreads.pdf>. Acesso em: 16 set. 2025.
- DJI. Agricultural drone industry insight report (2021). Shenzhen: DJI Agriculture, 2020. Disponível em: <https://ag.dji.com/>. Acesso em: 16 set. 2025.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Towards the circular economy: economic and business rationale for an accelerated transition. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2013. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>. Acesso em: 16 set. 2025.
- FORTI, V. et al. The global e-waste monitor 2020: quantities, flows and the circular economy potential. Bonn: United Nations University; Geneva: International Telecommunication Union; Viena: International Solid Waste Association, 2020. Disponível em: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf. Acesso em: 16 set. 2025.