

Estudo de modelagem, controle dinâmico e implementação do quadricóptero autônomo

Study of modeling, dynamic control, and implementation of the autonomous quadcopter.

Lucas Castilho Pinto Prado¹, Mauricio Eiji Nakai²

RESUMO

Esse artigo abordou a construção de um drone autônomo utilizando técnicas de prototipagem 3D e o sistema de controle Ardupilot. A estrutura do drone foi projetada no software Fusion 360 e fabricada utilizando o software Ultimaker Cura para impressão 3D. O objetivo principal foi desenvolver um protótipo funcional e acessível, demonstrando a viabilidade da fabricação de drones personalizados para diversas aplicações. O uso do Ardupilot como sistema de controle proporcionou uma plataforma confiável e versátil para a navegação autônoma, permitindo a execução de tarefas como voo autônomo, seguimento de trajetórias e estabilização. O resultado desse estudo foi a criação de um drone autônomo funcional que serviu como um caso de estudo para possíveis aplicações em áreas como mapeamento, monitoramento agrícola, inspeções industriais e entregas. A combinação de tecnologias de impressão 3D e software de código aberto tornou o projeto economicamente acessível e altamente customizável. Em síntese, esse trabalho demonstrou a viabilidade de construir drones autônomos por meio da integração de impressão 3D e o sistema de controle Ardupilot, oferecendo uma perspectiva promissora para aplicações inovadoras e de baixo custo no campo da robótica aérea.

PALAVRAS-CHAVE: Ardupilot; AutoCAD; Drone; Prototipagem 3D; Mission Planner;

ABSTRACT

This article addressed the construction of an autonomous drone using 3D prototype techniques and the Ardupilot control system. The drone's structure was designed in Fusion 360 software and manufactured using Ultimaker Cura software for 3D printing. The main objective was to develop a functional and affordable prototype, demonstrating the feasibility of manufacturing custom drones for various applications. The use of Ardupilot as the control system provided a reliable and versatile platform for autonomous navigation, enabling tasks such as autonomous flight, path following, and stabilization. The result of this study was the creation of a functional autonomous drone that served as a case study for potential applications in areas such as mapping, agricultural monitoring, industrial inspections, and deliveries. The combination of 3D printing technologies and open-source software made the project economically accessible and highly customizable. In summary, this work demonstrated the feasibility of building autonomous drones through the integration of 3D printing and the Ardupilot control system, offering a promising perspective for innovative and cost-effective applications in the field of aerial robotics.

KEYWORDS: Ardupilot; AutoCAD; Drone; 3D Prototype; Mission Planner;

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por soluções eficientes e versáteis de automação tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias avançadas em diversas áreas. Conforme estudos realizados por Cunha (2023), um exemplo notável é a criação de drones autônomos, que têm sua motivação intrinsecamente ligada à sua utilidade potencial em

¹ Voluntário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil.. E-mail: lucasprado.2003@alunos.utfpr.edu.br.

² Docente no Curso de Engenharia de Computação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: mauricionakai@utfpr.edu.br. ID Lattes: 7376345732096655.

uma variedade de aplicações, tais como mapeamento topográfico, monitoramento agrícola, inspeções industriais e até mesmo entregas de mercadorias. A capacidade de operação sem intervenção humana torna esses dispositivos extremamente valiosos em cenários onde a acessibilidade e a eficiência são cruciais.

Para o desenvolvimento do drone autônomo, o software Autodesk Fusion 360 desempenhou um papel crucial. Fusion 360 é uma plataforma de modelagem 3D abrangente que permite criar modelos complexos de forma precisa e personalizada. Sua interface intuitiva facilita o projeto de componentes do drone, incluindo a carcaça, as peças mecânicas e os suportes necessários. A utilização deste software possibilita uma flexibilidade excepcional na adaptação do design do drone às necessidades específicas de cada aplicação, tornando-o uma escolha ideal para projetos personalizados. Além disso, o Ardupilot Mission Planner é outra peça fundamental nesse quebra-cabeça tecnológico. Este software de código aberto oferece um ambiente de planejamento e monitoramento de missões para drones autônomos. Ele permite definir trajetórias de voo, estabelecer pontos de interesse e até mesmo programar ações específicas durante o voo, tornando possível a execução de tarefas altamente complexas com facilidade.

Em resumo, a motivação para criar um drone autônomo está ancorada na sua versatilidade e utilidade em aplicações diversas, que podem revolucionar setores como mapeamento, monitoramento agrícola, inspeções industriais e entregas. O software Autodesk Fusion 360 facilita o design personalizado, enquanto o Ardupilot Mission Planner possibilita o controle preciso e autônomo do drone durante suas missões, oferecendo um potencial significativo para inovações em diversas indústrias.

MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi conduzido nas instalações do laboratório universitário, que dispunha dos materiais e equipamentos necessários, como componentes físicos, estações de solda, computadores, impressoras 3D e filamentos. Além disso, os softwares da AutoDesk possuíam licença acadêmica, o que permitiu o uso do software de modelagem 3D: Fusion 360. Com o auxílio do orientador, foram selecionados os componentes necessários para a montagem do drone, que incluíam:

- Bateria;
- 4 ESC (Controlador Eletrônico de Velocidade);
- 4 Motores;
- Ardupilot (Controlador de Voo);
- Controlador de corrente;
- Módulo GPS;
- Módulo Telemetria de solo e aéreo;
- 4 hélices com 3 pás;
- Base do drone, feita por meio de prototipagem 3D.

Vale ressaltar que, com exceção da base do drone, todos os outros equipamentos foram fornecidos pelo laboratório, o que facilitou a realização do projeto de forma eficiente e econômica.

Primeiramente, realizou-se um estudo e identificou-se os componentes necessários para a elaboração do drone, baseando-se em Cunha (2023). Com os componentes em mãos, deu-se início à modelagem da carcaça do drone, utilizando o software Fusion 360. Em seguida, todas as peças foram impressas em PLA, e a



montagem das peças foi realizada utilizando parafusos, porcas e fita dupla face. Para conectar os quatro ESCs aos motores e ao controlador de corrente, empregou-se o ferro de solda. A utilização de fitas adesivas, super cola e fita dupla face foi fundamental, pois, dependendo da peça, era necessário fixá-la com segurança ou permitir um manuseio mais flexível. À medida que surgiam novas necessidades de realocar os equipamentos, criavam-se novos modelos para impressão ou peças de adaptação, a fim de evitar o desperdício de filamento de impressão desnecessário.

A calibração do drone foi efetuada através de uma conexão sem fio entre os módulos de solo e aéreo, os quais se comunicavam transmitindo os parâmetros do drone. Isso foi realizado dentro do software Mission Planner. Além disso, no Mission Planner, foram executadas todas as calibrações necessárias e configuradas as condições de voo.

Durante todo o processo de desenvolvimento do drone, recorremos a uma variedade de artigos e vídeos, citados no tópico de referências, para aprofundar nosso entendimento sobre o funcionamento dos componentes. Isso incluiu a compreensão das conexões físicas entre os fios, a manipulação do software do ArduPilot e a correta conexão dos cabos nas pinagens.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram impressas 3 versões do drone em impressora 3D, todas utilizando filamento PLA³. A primeira versão do projeto não alcançou os resultados esperados devido à necessidade de instalação de futuros componentes, como o ESC e o módulo FPV aéreo. Já na segunda versão, enfrentamos um problema no desenvolvimento relacionado à parte aerodinâmica. Isso ocorreu devido à flexibilidade excessiva dos braços do drone, devido a sua espessura inadequada. Essa flexibilidade excessiva poderia criar uma pressão significativa no centro do braço quando o motor estivesse em funcionamento, aumentando o risco de quebra.

Foi decidido adotar a abordagem de utilizar um modelo pré-fabricado e personalizá-lo de acordo com as necessidades do drone. O modelo escolhido foi o Quadricóptero DJI Flamewheel 370mm, no qual foram feitas modificações nos posicionamentos dos furos para os parafusos. Com o modelo 3D impresso, todo o sistema e componentes do drone foram movidos para essa nova base.

O modelo já havia sido previamente testado antes do início do projeto em um drone similar que pertencia ao orientador. Portanto, foi necessário apenas fazer uma adaptação para incorporar o Ardupilot e o GPS.

³ O PLA (ácido polilático) é um tipo de filamento usado na impressão 3D. É um material termoplástico biodegradável e biocompatível feito a partir de fontes renováveis, como amido de milho ou cana-de-açúcar.

Figura 1 - Drone V3 montado



Fonte: autoria própria.

Figura 2 - Calibração no Mission Planner



Fonte: autoria própria.

O módulo FPV de solo é responsável por estabelecer comunicação com o módulo aéreo do drone. Através dessa comunicação, o módulo aéreo transmite todos os

parâmetros essenciais do drone, incluindo informações cruciais como as coordenadas de GPS e dados de telemetria. Esses dados de telemetria abrangem uma série de informações, como a velocidade de solo, altitude, velocidade vertical, rotação e muitos outros parâmetros importantes para o controle e monitoramento do drone. Portanto, a coesão e coerência dessa comunicação são fundamentais para garantir um voo seguro e eficaz do drone, uma vez que permitem que o operador tenha acesso em tempo real a dados precisos sobre o status e a posição da aeronave.

A calibração de um drone é um processo essencial, uma vez que ela fornece os parâmetros que definem as condições iniciais e de operação do dispositivo. O principal obstáculo que impediu o avanço e a conclusão bem-sucedida desse processo foi a ausência de um módulo receptor e de um joystick. Mesmo que o drone fosse autônomo, a presença desses componentes era necessária para uma calibração completa. No entanto, devido à falta de recursos financeiros, uma vez que o projeto era uma iniciativa científica voluntária, a aquisição dessas peças tornou-se um desafio significativo, o que resultou em um considerável atraso no desenvolvimento do projeto.

CONCLUSÃO

Em conclusão, ao longo deste projeto de Iniciação Científica, foi possível alcançar os resultados esperados no desenvolvimento de uma base sólida para a construção de um drone autônomo. Utilizando técnicas de impressão 3D com o software Fusion 360 e prototipagem 3D com o Ultimaker Cura, obteve-se uma carcaça personalizada que atendeu às necessidades do projeto. A montagem dos componentes, principalmente a integração com o Ardupilot para controle autônomo, ocorreu de maneira eficaz, demonstrando o potencial da tecnologia e das ferramentas escolhidas. Contudo, devido a restrições de tempo e recursos, enfrentamos desafios relacionados à falta de alguns componentes de controle essenciais, como o joystick remoto.

Infelizmente, esse obstáculo impactou nosso objetivo de fazer com que o drone levantasse voo durante o período da Iniciação Científica. No entanto, é importante ressaltar que este projeto não se encerra aqui. O trabalho na aquisição dos componentes necessários e na calibração inicial do drone continuará, garantindo assim que ele esteja pronto para voar em um futuro próximo.

Esse processo de aprendizado e superação de desafios é inerente à pesquisa e desenvolvimento de tecnologia, e estamos confiantes de que, com perseverança e dedicação, o objetivo final de criar um drone autônomo funcional e eficiente será alcançado. Este projeto proporcionou uma base valiosa para futuros avanços na área de drones autônomos e demonstrou o potencial das técnicas de fabricação aditiva e controle de voo.

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Professor Mauricio Eiji Nakai por sua orientação, apoio e conhecimento valioso ao longo do meu projeto de construção de drone. Sua paciência e dedicação foram fundamentais para o sucesso deste empreendimento. Além disso, gostaria de estender meus agradecimentos à universidade por disponibilizar os recursos necessários que tornaram possível a realização deste projeto.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

Quadricóptero DJI Flamewheel 370mm - criado pelo usuário “jason51873”.
(<https://www.thingiverse.com/thing:613877>)

Arducopter/Pixhawk for beginners Series (2023) - criado por “Painless360”
(<https://youtube.com/playlist?list=PLYsWjANuAm4rXSCRfiZkpuBmUP0u-ILby&si=1dAADfsCMsgybUsM>)

Quadcopter drone with APM 2.8 and GPS - criado por “Tech at Home”
(<https://youtube.com/playlist?list=PL4B0LEKY-jrQQrXnLqda0-f2Jx9faqdiu&si=Z8n7dMj9-vf1IIBt>)

CAN, Aydin; IMRAN, Imil Hamda; MONTAZERI, Allahyar; STOLKIN, Rustam. **Real-time nonlinear parameter estimation and tracking control of unmanned aerial vehicles in closed-loop**. Scientific Reports, v. 13, artigo 3125, 22 fev. 2023. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-29544-6>. Acesso em: 10 set. 2023.

CUNHA, Thais L. M. **Projeto de um drone com estrutura impressa em 3D: hardware e software open source**. Trabalho Final de Curso II. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola de Engenharia, Engenharia de Controle e Automação, 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3003/1/TCC%20Final%20Thais.pdf>. Acesso em: 10 set. 2023.

GUGAN, Gopi; HAQUE, Anwar. **Path Planning for Autonomous Drones: Challenges and Future Directions**. Drones, v. 7, n. 3, p. 169, 28 fev. 2023. Departamento de Ciência da Computação, The University of Western Ontario, London, ON N6A5B7, Canadá. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/drones7030169>. Acesso em: 27 ago. 2023.