

PILOTO AUTOMÁTICO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA DO TIPO ASA FIXA PARA SENSORIAMENTO DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Luiz Felipe Sanches Azevedo
Prof. Dr. Glaucio Caurin

Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo - Brasil
luizfelipe.azevedo.2110@usp.br

Objetivos

Este trabalho de pesquisa tem como objetivo desenvolver, analisar, simular e construir um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) destinado ao monitoramento de gases de efeito estufa na atmosfera. O projeto é baseado na utilização da placa controladora Pixhawk, que será responsável por controlar e monitorar o voo do VANT, além de um sensor específico para medir a concentração dos gases presentes na atmosfera do local estudado. O projeto está dividido em três etapas principais, a primeira etapa da montagem e programação da placa de gases do efeito estufa, a segunda, a configuração e instalação da tecnologia Pixhawk e, por fim, a última fase de testes e ajustes no VANT.

Métodos e Procedimentos

O projeto iniciou com a montagem de uma placa eletrônica destinada à aquisição de dados atmosféricos, utilizando diferentes sensores para complementação das análises. O primeiro sensor implementado foi o módulo de umidade e temperatura AHT10[2], escolhido pela sua praticidade e custo-benefício. Em seguida, o sensor de pressão e temperatura BMP280[5] foi adicionado à mesma placa, seguindo os mesmos critérios de seleção. Ambos os sensores foram integrados ao Arduino UNO, escolhido por sua compatibilidade, baixo custo e ampla rede de suporte. A medição foi realizada utilizando o software Arduino IDE.

Posteriormente, o sensor de medição de gás carbônico MH-Z14A[4] foi estudado e integrado ao projeto devido à sua precisão e disponibilidade. O resultado da integração dos três módulos foi um sistema de aquisição de dados atmosféricos montado em uma única placa, utilizando o Arduino UNO como plataforma de prototipagem eletrônica para leitura e transformação dos dados coletados pelos sensores.

Além da placa de aquisição, foi desenvolvido um quadricóptero como plataforma aérea para os testes de coleta de dados. A estrutura do quadricóptero foi montada utilizando frames recomendados pela documentação do sistema de controle Pixhawk[1], ao qual foram acoplados ao GPS, telemetria e receptor de rádio controle. A montagem foi complementada com a calibração do sistema de controle no software QGround-Control[3], preparando o quadricóptero para os ensaios de voo.

Os ensaios em voo foram divididos nas etapas indoor e outdoor. Os voos indoor foram realizados em uma arena de drones, com foco na estabilidade dos sensores e do controle em ambientes fechados. Durante esses testes, foi observada a limitação do GPS em locais internos, impactando a precisão horizontal. Os voos outdoor, realizados em uma área segura no campus da EESC-USP, testaram a resposta do sistema às condições externas, incluindo mudanças de modos de voo e resistência a rajadas de vento, proporcionando dados importantes para a avaliação final do sistema desenvolvido.

Resultados

Foram obtidos diferentes gráficos que demonstram o comportamento do sistema em condições de voo **indoor** e voo **outdoor**. Nos voos **indoor**, a estabilidade da aeronave foi analisada por meio dos gráficos de taxa angular de *pitch*, *roll* e *yaw*.

Observou-se que as respostas em *pitch* e *roll* foram satisfatórias, enquanto a taxa de *yaw* apresentou uma defasagem média de 10°/s, indicando algumas dificuldades de controle. Além disso, a incerteza do GPS foi analisada, mostrando maior imprecisão na posição vertical, o que foi corroborado pelos valores de altitude estimados. Dessa forma, o voo **indoor** demons-

trou um ruído maior em seus dados e uma maior incerteza, como demonstrado nas figuras 1 e 3.

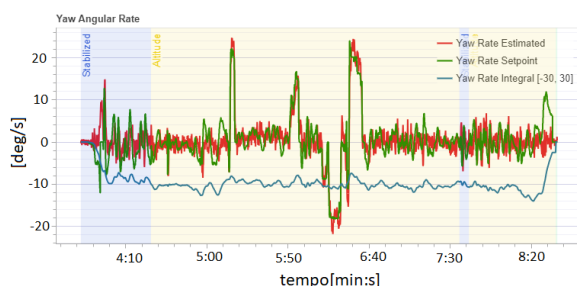


Figura 1: Taxa Angular de Yaw para Voo Indoor[3].

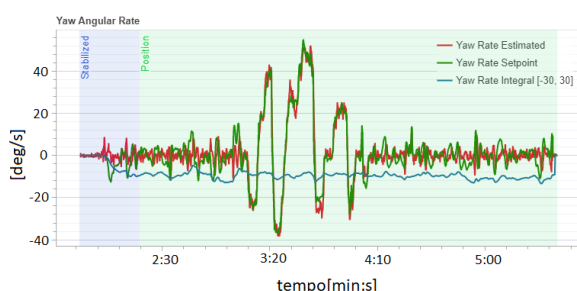


Figura 2: Taxa Angular de Yaw para Voo Outdoor[3].

A análise 3D[2] do voo **indoor** evidenciou erros que poderiam resultar em colisões e perda de controle. Já nos voos **outdoor**, as respostas angulares e as imagens 3D demonstraram eficiência e estabilidade, com uma significativa melhoria na precisão do GPS e na condição da bateria, confirmando a adequação do veículo aéreo para a integração com o piloto automático da *Pixhawk*.



Figura 3: Imagem 3D para Voo Outdoor[3].

Conclusões

O Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) demonstrou alta eficiência e controle em um airframe

de quadricóptero, estabelecendo-se como uma opção adequada de suporte para o monitoramento de gases de efeito estufa. A capacidade do VANT de realizar voos controláveis e estáveis, incluindo a habilidade de manter-se em posição fixa, permitiu a aquisição de dados limpos e sem ruídos, essenciais para a precisão dos sensores utilizados. O sistema de controle, utilizando a tecnologia do controlador Pixhawk, destacou-se pela elevada precisão e confiabilidade nas missões realizadas, tanto em voos autônomos quanto manualmente controlados, demonstrando a versatilidade e robustez do sistema em diferentes condições de operação. O projeto alcançou resultados expressivos nas atividades planejadas, culminando no desenvolvimento de um veículo aéreo rádio-controlado capaz de realizar voos autônomos para a aquisição de dados sobre gases de efeito estufa.

Agradecimentos

O projeto foi desenvolvido no Laboratório de Dinâmica de Voo e Controle do Departamento de Engenharia Aeronáutica da Escola de Engenharia de São Carlos, USP. Agradeço as contribuições significativas do pós-doutorando Eng. Antonio Carlos Daud Filho.

Referências

- [1] ARDUPILLOT - Versatile, Trusted, Open. Disponível em: <https://ardupilot.org/plane/>. Acesso em: 2 jun. 2023;
- [2] MÓDULO SENSOR DE UMIDADE E TEMPERATURA. Disponível em: <https://www.autocorerobotica.com.br/modulo-sensor-de-umidade-e-temperatura-aht10>. Acesso em: 20 fev. 2024;
- [3] QGROUNDCONTROL. Disponível em: <http://qgroundcontrol.com/>. Acesso em: 3 jun. 2023;
- [4] SENSOR DE CO2 MH-Z14A INFRAVERMELHO + CABO. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-gas-arduino/sensor-de-co2-mh-z14a-infravermelho-cabo-8348.html>. Acesso em: 20 fev. 2024;
- [5] SENSOR DE PRESSÃO E TEMPERATURA BMP280. Disponível em: <https://www.baudaeletronica.com.br/produto/sensor-de-pressao-e-temperatura-bmp280.html>. Acesso em: 20 fev. 2024;
- [6] USER GUIDE PIXHAWK AUTOPILOT. Disponível em: <https://docs.px4.io/main/en/>. Acesso em: 2 jun. 2023.