

Aquisição e Análise Integrada de Dados em Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs)

João Felipe Spada dos Santos Frangioni, Vitor Hugo dos Santos Inácio, João Vitor dos Santos Vieira, Silas Macacari de Matos, Bruno Michel Pêra

Colégio Técnico Antônio Teixeira Fernandes / Fundação Vale paraibana de Ensino, R. Paraibuna, 75 - Jardim São Dimas - SP, 12245-020 - São José dos Campos - SP, Brasil. jffrangioni@gmail.com, vitorhugo.inacio07@gmail.com, Joavitorsjc05@gmail.com, brunomichelpera@gmail.com.

Resumo

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema embarcado em Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), com ênfase na aquisição, armazenamento e análise de dados de voo. A solução foi concebida a partir do microcontrolador ESP32, integrando sensores de baixo custo para aferição de altitude, aceleração, orientação, posição geográfica, velocidade aerodinâmica, temperatura e consumo energético. Diferentemente de sistemas que dependem de transmissão contínua de dados, o protótipo priorizou o armazenamento local em memória *flash*, garantindo maior confiabilidade frente a falhas de comunicação. A análise posterior foi viabilizada por meio de *software* dedicado, desenvolvido em colaboração interdisciplinar com a área de informática. Os testes em bancada e em voos experimentais comprovaram a robustez e a eficácia da solução, demonstrando potencial de aplicação em projetos acadêmicos e em aviação experimental.

Palavras-chave: VANTs. Sensores embarcados. ESP32. Telemetria. Aquisição de dados.

Curso: Técnico em Eletrônica

Introdução

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), conhecidos popularmente como drones/aeromodelos, vêm conquistando espaço em diferentes setores, como a agricultura de precisão, o monitoramento ambiental, o mapeamento aéreo e até inspeções industriais. Essa expansão se deve principalmente ao custo relativamente baixo e à agilidade na coleta de informações (COLOMINA; MOLINA, 2014).

Apesar disso, muitas aplicações ainda dependem apenas de dados externos, como imagens ou vídeos, deixando em segundo plano informações internas do voo. Medidas como altitude, velocidade, aceleração e consumo de energia são fundamentais não apenas para o controle do equipamento, mas também para melhorar sua eficiência e aumentar a segurança operacional. O problema é que a maioria dos sistemas atuais depende de comunicação sem fio para enviar esses dados em tempo real, o que gera limitações: perdas de sinal, interferências e alcance restrito podem comprometer a confiabilidade das informações (GARCÍA; MOLINA; TOH, 2020).

Por conta dessas dificuldades, torna-se interessante o uso de sistemas que possam registrar e armazenar localmente os dados, sem depender apenas da transmissão em tempo real. Trabalhos como o de Nascimento (2013) já mostraram que essa abordagem é viável em projetos de aquisição de dados embarcados em drones.

Neste contexto, esse projeto desenvolvido tem como objetivo construir um sistema embarcado baseado no microcontrolador ESP32. Esse sistema integra sensores para registrar altitude, aceleração, temperatura, orientação, posição geográfica, velocidade aerodinâmica e consumo de energia. Todos os dados são organizados em arquivos separados por voo e armazenados na própria memória do dispositivo, permitindo que sejam analisados posteriormente. Além disso, houve colaboração com alunos da área de informática, responsáveis por desenvolver ferramentas para interpretar os dados coletados, reforçando o caráter interdisciplinar do trabalho.

Metodologia

O protótipo foi desenvolvido a partir do microcontrolador ESP32, que integra múltiplos sensores conectados por protocolos *I²C*, *UART* e *ADC*. Entre eles, destacam-se: BMP180 (altitude e pressão),

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

MPU6050 (aceleração e giroscópio), GPS NEO-6M (posição geográfica), MPXV7002 acoplado a tubo de Pitot (velocidade aerodinâmica), termistor NTC 10k (temperatura do motor e ESC) e *Power Module* (tensão e corrente).

A montagem inicial foi realizada em *protoboard*, o que facilitou a substituição e a verificação individual de cada componente antes da integração completa. A alimentação foi feita com uma bateria LiPo 3S, a mesma utilizada no aeromodelo, junto a um regulador de 3,3 V para proteger o ESP32.

O código de controle foi programado para realizar leituras a cada 100 milissegundos, com verificações de consistência para evitar erros de registro. Também foi implementada uma rotina que cria automaticamente um novo arquivo para cada voo, armazenado no formato CSV, o que facilita a catalogação e a posterior análise em *softwares* externos. Para organizar a lógica do programa e acompanhar o processo de testes, a Figura 1 representa de forma simples o funcionamento do sistema.

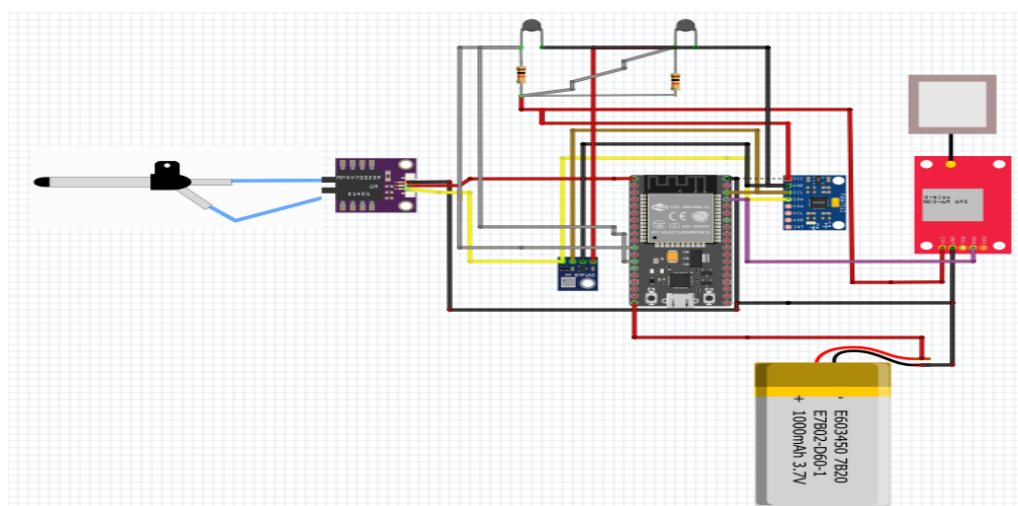
Figura 1 – Fluxograma do código



Fonte: o autor (2025)

A validação inicial foi conduzida em bancada, com posterior integração em *protoboard*. A migração para placa de circuito impresso constitui a próxima etapa, visando maior robustez e confiabilidade. A Figura 2 ilustra a disposição dos sensores em *protoboard* no simulador virtual Fritzing.

Figura 2 - Montagem do circuito representada no Fritzing



Fonte: O autor (2025)

Resultados

Os testes iniciais confirmaram a funcionalidade e a confiabilidade dos sensores integrados ao sistema. O BMP180 apresentou medições consistentes de pressão atmosférica e altitude, enquanto o MPU6050 forneceu registros estáveis de aceleração e giroscópio. O GPS NEO-6M demonstrou boa capacidade de fixação de satélites, com fornecimento confiável de coordenadas geográficas. O tubo de *Pitot* associado ao sensor MPXV7002 respondeu adequadamente às variações de pressão, refletindo mudanças de velocidade aerodinâmica.

O módulo de temperatura (termistor NTC 10K) acompanhou satisfatoriamente as variações térmicas do motor e do ESC, mantendo leituras compatíveis com a dinâmica de funcionamento do equipamento. Já o *Power Module* registrou corretamente tensão e potência, embora tenha apresentado limitações na leitura da corrente elétrica devido à incompatibilidade da faixa de operação com o conversor analógico do ESP32. Para superar essa restrição, sugere-se a inclusão de um amplificador operacional.

De forma geral, o protótipo mostrou-se eficaz na aquisição e armazenamento local dos dados de voo. A interface desenvolvida (Figuras 3 e 4) permitiu a organização estruturada das informações em arquivos CSV e em painel interativo, facilitando a análise posterior.

Figura 3 – Dados adquiridos em formato CSV.

=== DADOS EM /dados_1.csv ===

Tempo(s),Velocidade(m/s),Temp_Pitot(C),Alt(m),AX,AY,AZ,GX,GY,GZ,Temp_T1(C),Temp_T2(C),Latitude,Longitude,Alt_GPS(m),Satelites,Velocidade(km/h),Data

```
1,0.71,26.30,530.96,0.04,-0.04,1.02,-1.15,2.53,5.48,20.45,20.10,-23.210530,-45.853444,704.50,5,26.52,21/08/2025
2,0.71,26.30,531.58,-0.00,0.00,1.03,-1.12,1.31,-2.11,20.34,19.93,-23.210563,-45.853422,696.20,5,22.00,21/08/2025
3,0.71,26.30,531.05,0.00,0.02,1.03,-9.11,5.22,-0.24,20.30,19.89,-23.210594,-45.853372,682.10,6,18.30,21/08/2025
4,0.82,26.30,531.58,0.02,0.05,0.99,-5.73,8.30,0.73,20.17,19.80,-23.210735,-45.853163,625.60,6,9.13,21/08/2025
5,0.96,26.30,531.93,0.01,-0.01,1.02,-12.16,8.03,11.68,20.21,19.89,-23.210773,-45.853107,609.80,7,4.07,21/08/2025
6,0.96,26.30,531.40,0.02,0.01,1.02,-9.50,-3.15,0.87,20.36,19.91,-23.210780,-45.853090,605.90,7,2.83,21/08/2025
7,0.96,26.30,531.14,-0.01,0.02,1.03,-7.11,4.67,1.70,20.45,19.91,-23.210780,-45.853088,605.20,7,2.48,21/08/2025
8,0.87,26.40,531.40,0.03,0.00,1.02,0.41,-14.90,10.18,20.41,20.10,-23.210777,-45.853088,605.20,7,2.48,21/08/2025
9,0.87,26.30,531.40,0.06,0.02,1.02,-4.92,6.39,1.33,20.56,20.41,-23.210771,-45.853093,606.30,7,2.48,21/08/2025
10,0.87,26.30,531.93,0.04,-0.01,1.02,-21.61,19.11,-13.28,20.62,20.26,-23.210771,-45.853093,606.30,7,2.48,21/08/2025
11,0.77,26.40,531.58,-0.01,0.03,1.01,-23.30,5.98,-32.99,20.49,20.13,-23.210771,-45.853093,606.30,7,2.48,21/08/2025
```

Fonte: O autor (2025)

Observa-se que na Figura 3 que esses dados adquiridos estão organizados em forma de colunas, facilitando a compreensão dos valores. Pretende-se adicionar uma interface ainda mais limpa, semelhante a uma tabela Excel, para facilitar ainda mais a compreensão

Figura 4 – Função de selecionamento dos dados obtidos em voo.

```
=== MENU ===
1 - Mostrar dados atuais
2 - Salvar manualmente
3 - Mostrar dados salvos (arquivo atual)
4 - Apagar dados (arquivo atual)
5 - Mostrar este menu
6 - Listar arquivos
7 - Ler arquivo específico
8 - Apagar arquivo específico
9 - Apagar TODOS os arquivos
=====

=== ARQUIVOS SALVOS ===
1 - dados_1.csv (8775 bytes)
2 - dados_2.csv (1930 bytes)
3 - dados_3.csv (1036 bytes)
4 - dados_4.csv (344 bytes)
```

Fonte: O autor (2025)

Na Figura 4 é possível observar as opções oferecidas para o armazenamento e posterior consulta dos dados obtidos, o que contribui na organização e diminuição de arquivos perdidos ou indefinidos.

Discussão

O presente trabalho evidencia o potencial da integração de múltiplos sensores em um único sistema embarcado de baixo custo, destacando-se pela confiabilidade do armazenamento local em detrimento da dependência exclusiva da transmissão sem fio. Essa estratégia minimiza falhas de comunicação e permite análises mais detalhadas em ambiente controlado.

Em comparação com abordagens similares (VARUN et al., 2025), que priorizam o envio em tempo real, o sistema desenvolvido diferencia-se ao privilegiar a integridade dos dados e a análise posterior. Essa escolha metodológica, embora limite a atuação imediata em algumas situações, amplia a robustez e a reprodutibilidade dos experimentos.

Ademais, o caráter interdisciplinar do projeto, envolvendo alunos da eletrônica e da informática, ampliou o escopo do trabalho, permitindo não apenas a coleta, mas também a transformação dos dados em informações interpretáveis, com potencial de aplicação prática em diferentes cenários de uso de VANTs.

Conclusão

O sistema embarcado desenvolvido demonstrou viabilidade técnica e baixo custo para aquisição e análise de dados em VANTs. A integração do ESP32 com sensores multimodais possibilitou a coleta de parâmetros essenciais para o desempenho do voo, contribuindo para o avanço das práticas experimentais em eletrônica e aviação.

Apesar de limitações identificadas — como a leitura de corrente elétrica —, os resultados obtidos indicam que o protótipo atende aos objetivos iniciais, apresentando-se como uma alternativa promissora para projetos acadêmicos e aplicações práticas. Futuras etapas incluem a otimização da leitura energética, a migração para placa de circuito impresso e a validação em voos de maior escala.

Referências

Varun, R., Reddy, S. K. K., Nikhil, A. S. P. S., & Radhanand, A. (2025). *Precision Drone Control using MPU6050 Sensor Integration*. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 14(4)

Sabziev, E. N., Alizada, T., & Heydarov, N. (2023). *Improving the Efficiency of the MPU-6050 Sensor Module for Inertial Drone Navigation*. *ResearchGate*. Disponível em: [Improving the Efficiency of the MPU-6050 Sensor Module for Inertial Drone Navigation](https://www.researchgate.net/publication/371111111)

DUNCAN PARNELL. *Drone Data Processing and Analysis: A Step-by-Step Guide*. 25 mar. 2025. Disponível em: <https://www.duncan-parnell.com/blog/299/drone-data-processing-and-analysis/>

NASCIMENTO, Douglas Aguiar do. Estudo de um Sistema de Aquisição de Dados para Veículo Aéreo Não Tripulado. 2013. Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão, Joaçaba.

GUPTA, Hemant; KUMAR, Dinesh; JAIN, Rajesh. *Multi-UAV Data Collection Framework for Wireless Sensor Networks*. arXiv:1910.10792 [cs.NI], 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1910.10792>. Acesso em: 24 ago. 2025.

Agradecimentos

Agradecemos aos nossos colegas e professores, pela parceria e ensinamentos compartilhados. Deixamos aqui também nosso agradecimento especial ao orientador e ao Co-orientador deste projeto, o professor e mestre Bruno Michel Pêra e ao engenheiro Silas Macacari de Matos.