

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS EM DRONES

Nicole Monteiro Silva¹ (IC), Alexandre Carlos Brandão Ramos (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá

Palavras-chave: drones. navegação autônoma. sistemas embarcados. visão computacional. voo em enxame.

Introdução

Este trabalho aborda a integração de sistemas em drones, com ênfase no uso de ferramentas de simulação e na validação em plataformas físicas. O objetivo principal é desenvolver competências em montagem, configuração e operação, aliadas à implementação de algoritmos de visão computacional para navegação autônoma.

A relevância está na aplicação de drones em inspeções, monitoramento e operações em áreas de risco, que exigem soluções embarcadas seguras e de baixo custo. Para tanto, a pesquisa envolveu estudo bibliográfico, testes com drones Crazyflie 2.0 e Bolt, e uso do ROS 2 Humble com visualização em RViz.

Os procedimentos foram realizados de forma progressiva: montagem, calibração inicial, simulação em ambiente virtual e testes práticos indoor, incluindo voos autônomos e em enxame.

Metodologia

A pesquisa foi dividida em quatro etapas principais, estruturadas de acordo com os passos definidos no plano de trabalho.

Primeiro, realizou-se a montagem dos drones Crazyflie 2.0 e Bolt. No Crazyflie foram instalados o Flow Deck v2 e o Multi-Ranger Deck, enquanto no Bolt foram utilizados o Flow Deck e o AI Deck. O frame do Bolt foi projetado em SolidWorks e fabricado em impressora 3D. Para exemplificar a configuração inicial, a Figura 1 apresenta o Crazyflie montado com proteção de hélices produzida em impressão 3D.

Figura 1 – Drone Crazyflie 2.0 montado com proteção de hélices impressa em 3D.



Fonte: autoria própria.

Na segunda etapa, foi usado o software cflight para calibração de sensores, atualização de firmware e definição de parâmetros de rádio. Também foram configurados blocos de log para monitorar variáveis como tensão da bateria, atitude e altura.

Na terceira etapa, ocorreram os primeiros voos individuais em ambiente controlado, utilizando apenas o Flow Deck para estabilização e execução de pequenas trajetórias. Posteriormente, os testes foram ampliados para voos em enxame, sempre com o Flow Deck como recurso principal de navegação.

Por fim, na quarta etapa, integrou-se o sistema ao ROS 2 Humble em Ubuntu 22.04, por meio do pacote *crazyflie_ros2*. O ambiente RViz foi empregado para simulação de trajetórias e referência de quadros com um único drone, servindo como validação antes dos testes práticos.

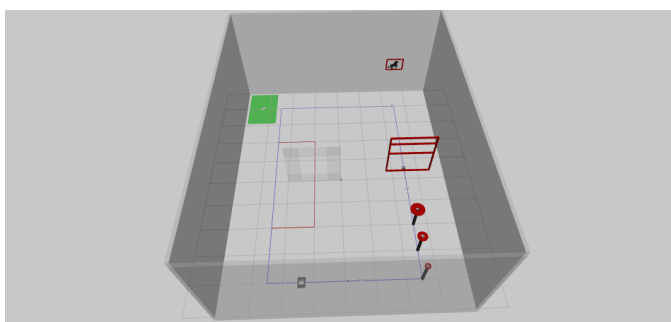
Resultados e discussão

Os resultados obtidos ao longo da pesquisa refletem a execução progressiva das etapas previstas no plano de trabalho. Inicialmente, foram conduzidos experimentos em ambiente simulado, utilizando o ROS 2 Humble em conjunto com o visualizador RViz no Ubuntu 22.04. O

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

cenário foi configurado com obstáculos, pontos de referência e marcações visuais, possibilitando a avaliação de algoritmos de trajetória e navegação. Nessa etapa, o foco foi validar o comportamento de um drone Crazyflie em simulação, testando deslocamentos básicos e verificando a consistência das informações publicadas nos tópicos ROS. A Figura 2 apresenta a visualização desse ambiente de simulação, em que o Crazyflie pode ser identificado como o ponto central da cena.

Figura 2 – Ambiente de simulação em ROS 2 e RViz para voo do Crazyflie

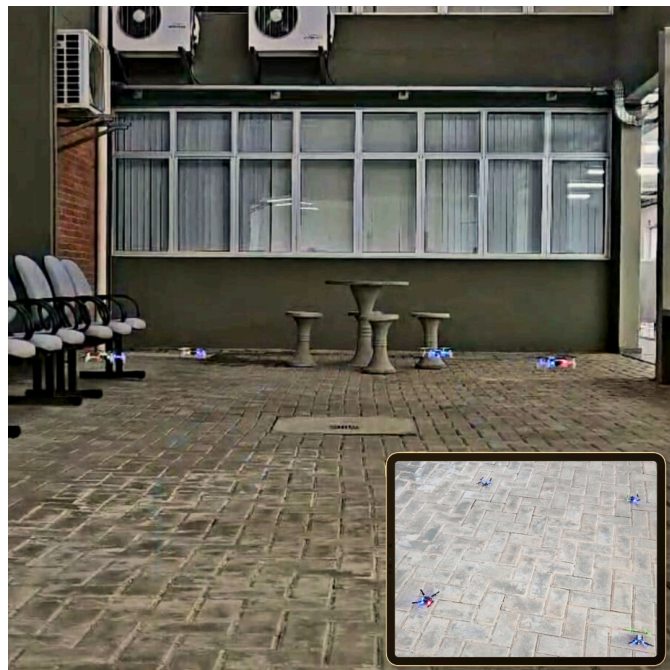


Fonte: autoria própria.

Com a validação inicial concluída no ambiente virtual, os experimentos avançaram para o espaço físico no laboratório da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Primeiramente, foram realizados voos individuais com os drones Crazyflie, utilizando exclusivamente o Flow Deck para estabilização e posicionamento relativo. Essa etapa foi fundamental para assegurar que os parâmetros de controle e calibração definidos estivessem corretos, além de verificar a confiabilidade dos sensores em condições reais.

Na sequência, foi implementado o voo em enxame, empregando três drones Crazyflie configurados para executar movimentos simultâneos e coordenados. Durante os testes, foi possível observar a estabilidade do conjunto e a manutenção das trajetórias planejadas, confirmando a efetividade da integração entre hardware, bibliotecas de controle e os módulos de comunicação. A Figura 3 ilustra esse experimento, destacando na imagem maior a formação dos drones durante o voo em enxame e, na imagem menor, a visão superior, que permite observar com maior clareza a disposição relativa entre os veículos.

Figura 3 – Voo em enxame com drones Crazyflie realizado em ambiente indoor na UNIFEI



Fonte: autoria própria.

Esses resultados confirmam a viabilidade da integração de sistemas em drones para execução de missões autônomas em ambientes controlados. A metodologia adotada — simulação preliminar, testes individuais e ensaio em enxame — demonstrou-se eficiente para garantir segurança e confiabilidade no processo. Além disso, o plano de trabalho foi cumprido em suas etapas centrais: pesquisa bibliográfica, treinamento de montagem, implementação em simulador, integração com ROS 2 e testes práticos em ambiente indoor.

Embora os experimentos tenham avançado de forma consistente, destaca-se que o uso do drone Bolt como líder do enxame ainda é um objetivo em aberto. A placa principal do Bolt apresentou falhas técnicas, o que interrompeu temporariamente sua utilização. Contudo, o planejamento futuro prevê sua recuperação e integração, explorando o potencial do AI Deck para processamento de visão computacional e coordenação das demais unidades do enxame.

De maneira geral, a pesquisa demonstrou resultados promissores, consolidando a base para estudos mais avançados em navegação autônoma, visão embarcada e coordenação de múltiplos drones. O trabalho reforça a

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

relevância da integração entre software e hardware como caminho para aplicações práticas em monitoramento, inspeção e robótica colaborativa.

Conclusões

A pesquisa confirmou a viabilidade da integração de sistemas em drones, partindo da montagem e calibração inicial até a execução de voos autônomos e em enxame. O uso do Flow Deck mostrou-se decisivo para garantir estabilidade e posicionamento relativo, permitindo que os experimentos avançassem com segurança tanto nos testes individuais quanto nas formações coletivas.

A simulação em ROS 2 com RViz desempenhou papel fundamental como etapa preliminar, pois possibilitou ajustar trajetórias e validar configurações antes da execução prática. Esse processo reduziu riscos e aumentou a confiabilidade dos resultados obtidos nos voos realizados em ambiente indoor.

Os ensaios com enxame representaram o principal avanço do trabalho, demonstrando a coordenação simultânea entre múltiplos drones e consolidando a metodologia proposta. Apesar dos progressos, o emprego do Bolt como líder do enxame permanece como meta futura. A integração desse modelo, com suporte do AI Deck para visão computacional embarcada, tende a ampliar o potencial de aplicação em inspeções estruturais, monitoramento ambiental e operações em espaços restritos.

De modo geral, os resultados alcançados reforçam a importância da integração entre hardware e software como caminho para soluções embarcadas confiáveis e de baixo custo, estabelecendo bases sólidas para pesquisas futuras em robótica colaborativa e navegação autônoma.

Agradecimentos

Agradeço ao coordenador de pesquisa Alexandre Ramos, aos colegas do Grupo VisCap pela amizade, colaboração e ensinamentos. Também agradeço ao CNPq e à Universidade Federal de Itajubá pelo apoio e incentivo à pesquisa.

Referências

BITCRAZE. *Bitcraze – Open Source Crazyflie Platform*. <https://www.bitcraze.io/>. Acesso em: 22 ago. 2025.

GIERNACKI, Wojciech; SKWIERCZYŃSKI, Mateusz; WITWICKI, Wojciech; WRÓŃSKI, Paweł; KOZIEŃSKI, Piotr. *Crazyflie 2.0 quadrotor as a platform for research and education in robotics and control engineering*. Poznań: Poznań University of Technology; Bitcraze, 2020.

AUTONOMOUS flight of the micro drone Crazyflie 2.1 through an obstacle course. [S. l.]: [s. n.], 2020. Disponível em:

<https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1440184>. Acesso em: 22 ago. 2025.

GREIFF, Marcus. *Modelling and control of the Crazyflie quadrotor for aggressive and autonomous flight by optical flow driven state estimation*. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Lund University, Lund, 2017. Disponível em: <https://lup.lub.lu.se/student-papers/record/8905295/file/8905299.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2025.

IMPLEMENTING RRT path planning with the Crazyflie drone. Washington: Washington University in St. Louis, 2019. Disponível em: https://openscholarship.wustl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1023&context=eseundergraduate_research. Acesso em: 22 ago. 2025.

OPEN ROBOTICS. *ROS 2 Documentation*. Disponível em: https://docs.ros.org/en/ros2_documentation/. Acesso em: 22 ago. 2025.

RVIZ. *RViz User Guide*. ROS Wiki, 2020. Disponível em: <https://wiki.ros.org/rviz>. Acesso em: 22 ago. 2025.