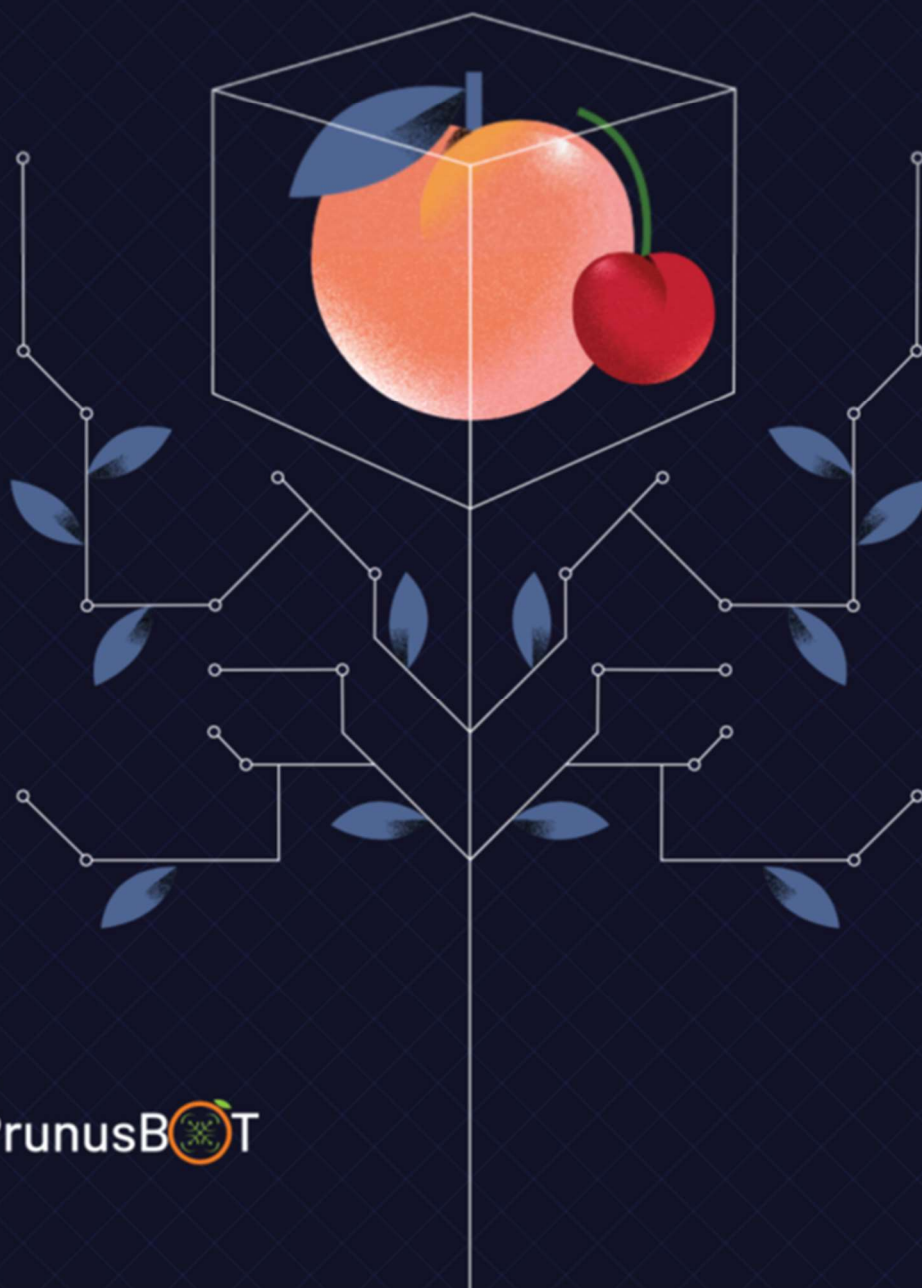


PrunusBOT

Aplicação da robótica
à produção de pêsego
e cereja



COTHN
CENTRO OPERATIVO E TECNOLÓGICO
HORTOFRUTÍCOLA NACIONAL



PrunusBOT

PrunusBOT

Aplicação da robótica à produção de pêssego e cereja

Maria Paula Simões

(COORDENAÇÃO)

VOLUME I

CENTRO OPERATIVO E TECNOLÓGICO HORTOFRUTÍCOLA NACIONAL –
CENTRO DE COMPETÊNCIAS

Ficha Técnica

Título: PrunusBOT – Aplicação da robótica à produção de pêssego e cereja

Coordenação: Maria Paula Simões

Editor: COTHN-CC – Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional – Centro de Competências

Autores e copyright:

Abel Veloso

Anabela Barateiro

André Veiros

António Ramos

Cristina Canavarro

Cristina Ramos

Dora Ferreira

Eduardo Assunção

Francisco Vieira

Hugo Fonseca

Hugo Proença

João Cunha

José Pedro Simões

Maria Paula Simões

Paulo Silvino

Pedro Dinho Silva

Pedro Dinis Gaspar

Preciosa Fragoso,

Ricardo Mesquita

Sandra Lopes

Revisão: Maria Paula Simões

Design Editorial: SUPER Brand Consultants

Tiragem: 300 exemplares

Impressão e Acabamento: Empresa Diário do Porto, Lda.

Data de Impressão: Abril de 2022

Depósito Legal: 497599/22

ISBN: 978-972-8785-21-5

Capítulo 3

Robô aéreo autónomo

Ricardo Mesquita¹ e Pedro Dinis Gaspar^{1,2}

¹UBI – Universidade da Beira Interior| Departamento de Engenharia Eletromecânica

²C-MAST – Center for Mechanical and Aerospace Science and Technologies

3.1 Introdução

Novas tecnologias, como os Veículos Aéreos Não Tripulados (UAVs), comumente conhecidos como drones, têm sido cada vez mais utilizadas nas atividades agrícolas. Os UAVs são aeronaves não tripuladas já aplicadas na agricultura e usadas para superar as falhas dos sistemas tradicionais. Vários parâmetros caracterizam seus tipos, como estrutura, método de decolagem e pouso e número de motores. As principais configurações da estrutura são decolagem e pouso horizontal, multirotor, helicóptero e decolagem e pouso vertical (VTOL), e sua arquitetura básica consiste em uma estrutura, motores sem escova, módulos de controlo eletrónico de velocidade (ESC), placa de controlo, Sistema de Navegação Inercial (INS) e um módulo transmissor / recetor (Daponte

et al., 2019). Dependendo de sua função, eles podem incluir compartimentos de carga, atuadores, sensores como módulos de detecção de luz e alcance (LiDAR) e câmaras multiespectrais para monitorizar o progresso e o crescimento das plantações em grande escala, fazendo uso dos índices vegetais. A possibilidade de coleta sistemática de dados, mapeamento da variabilidade do campo e melhores decisões leva agricultores e empresas a investirem em UAVs para a agricultura.

UAVs ou drones podem voar sem a presença dos pilotos a bordo (Narayanan & Ibe, 2015) e podem ser autônomos por meio de um controlador de voo eletrônico a bordo e um mapa de rota ou controlados remotamente a partir do solo (Mesquita & Gaspar, 2022). Essa tecnologia já é amplamente utilizada na agricultura em diferentes aplicações devido a sua alta mobilidade, versatilidade de tarefas, baixa manutenção e custo, e suas vantagens preenchem as desvantagens dos sistemas tradicionais. No entanto, existe o problema do curto tempo de voo. Esse problema pode ser trabalhado por meio da otimização de voo, usando o planejamento de trajetória e a expansão da capacidade das baterias, que representam uma das partes mais pesadas dos UAVs. Aumentar sua capacidade também aumenta o volume e o peso, tornando o drone mais pesado e menos eficiente e, na maioria dos produtos de prateleira, não é possível modificá-los. Portanto, é necessário otimizar a trajetória para garantir o voo mais eficiente em termos energéticos de acordo com o objetivo final.

Este capítulo apresenta um algoritmo de otimização de planejamento de caminho para UAVs para aplicação na agricultura, usando técnicas de otimização metaheurística e planejamento de voo baseado em pontos de interesse. Diferentes cenários são testados em simulação e em campo, estudando variáveis como tempo de processamento, número de iterações e consumo de energia. Este estudo foca na eficiência energética e na otimização do tempo de voo, o que pode ser uma mais-valia em UAVs em muitas aplicações.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Robô aéreo autônomo

Os drones multirotores sendo de baixo custo, com boa manobrabilidade e capacidade VTOL, são adequados para tarefas de sensorização remoto de agricultura de precisão (Pradeep et al., 2018). O chassi do UAV utilizada neste estudo foi um multirotor com quatro motores (quadcopter), equipado com hélices auto-apertos que o tornam muito simples de montar e desmontar em campo e para transporte. Essa configuração também é uma das mais utilizadas na agricultura hoje em dia e pode levantar seu peso e equipamentos sem comprometer o tempo de voo. No entanto, por causa da curta duração de carga das baterias de polímero de lítio (Li-Po), os UAVs têm uma cobertura de área de campo menor por voo do que os aviões (Pradeep et al., 2018). Este trabalho utilizou quatro baterias Li-Po em série com capacidade de 5000 mAh. Devido a este estudo ser de planejamento de caminho, não é essencial ter a melhor relação UAV/peso da bateria, mas este requisito é recomendado em uma aplicação da vida real. A Figura 3.1 mostra o multirotor usado neste estudo durante um voo de teste.



Figura 3.1 - Multirotor usado neste estudo.

3.2.2 Algoritmo de otimização

O algoritmo de otimização apresentado neste estudo é generalizado para qualquer configuração de UAV e capacidades de tempo de voo. Assim, o componente essencial a ser considerado é o controlador de voo que precisa ter

um piloto automático compatível com o GCS escolhido, sensores internos adequados e a entrada / saída necessária de acordo com a configuração do UAV. Nesse caso, foi escolhido o Hex Cube Black (PX4, 2021), anteriormente conhecido como Pixhawk 2.1. Este piloto automático é flexível, destinado principalmente a fabricantes de sistemas comerciais. É baseado no projeto de hardware aberto FMUv3 do Pix-hawk-project e roda o PX4 no sistema operacional NuttX (PX4, 2021). é responsável e tem uma qualidade de construção premium com muita informação. Como recetor GPS Hex Cube Black, o HERE + foi escolhido pela qualidade de construção, compatibilidade e informação. Outro componente essencial é o bloco de energia que vem com o controlador de voo, que fornece energia para todos os componentes do UAV e mede o consumo de corrente e a tensão da bateria. Assim, é possível testar o algoritmo de otimização de planeamento de caminho em cenários do mundo real. Também é importante mencionar que durante a construção deste sistema, foi necessário o uso de técnicas de desenho auxiliado por computador (CAD) e impressão 3D via modelagem por deposição fundida (FDM) para acomodar toda a eletrónica. Os componentes fabricados através de FDM foram confeccionados em Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) por ser resistente a mudanças de temperatura e impactos. O ABS é o material mais utilizado após o Ácido Polilático (PLA) e, além das características destacadas acima, também apresenta boas propriedades mecânicas, baixo preço e longa vida útil (Rodríguez-Panes et al., 2018).

Para ativar o plano de voo, foi utilizado o RadioKing TX18S, um transístor de sistema de radiofrequência (RF) multiprotocolo de 2,4 GHz, 16 canais (CH) e firmware open-source OpenTX [67] para rádios transmissores. Um rádio multiprotocolo foi escolhido porque ele pode se comunicar com o FrSky X8R, que é o recetor com o qual o UAV deste estudo foi construído, mas também é compatível com vários recetores de telemetria para trabalhos futuros. Porém, esses componentes não são os mais importantes para este trabalho de pesquisa, sendo necessário apenas garantir a compatibilidade transmissor / recetor e um modelo OpenTX com todas as configurações para um voo seguro. É imprescindível mencionar que às vezes acidentes relacionados ao desarmamento do drone acontecem involuntariamente.

Por esse motivo, foi programada uma sequência de interruptores no transmissor de rádio ao invés da manete do acelerador pré-definido, possível através das funções lógicas no OpenTX e alterando os parâmetros pré-definidos no GCS.

3.2.3 Minimização entre pontos de interesse

Dependendo do tipo de campo e da posição dos pontos de interesse (Pols), o UAV deve voar de acordo com as necessidades. É fundamental que o algoritmo receba os dados e estabeleça o caminho mais curto para economizar bateria para as áreas próximas ao Pol. O PSO para minimização é usado para calcular a rota mais rápida ou a distância mínima. Cada partícula contém uma sequência permuta de Pols, e a função objetivo é a soma das distâncias, usando a fórmula de Haversine, entre os pontos, a decolagem e a aterrissagem. No final, esta função enviará a distância mínima e a sequência de ordem dos Pols que o drone precisa para voar. A Figura 3.2 representa a importância de minimizar o caminho entre Pols com dois casos por meio de um exemplo. Um sem otimização, representado como a) e o outro com a otimização, representada como b). O caminho do cenário do primeiro caso tem uma distância total de 268,3m, enquanto o caminho do cenário do segundo caso tem 216,3m, o que representa uma redução de 52 m.

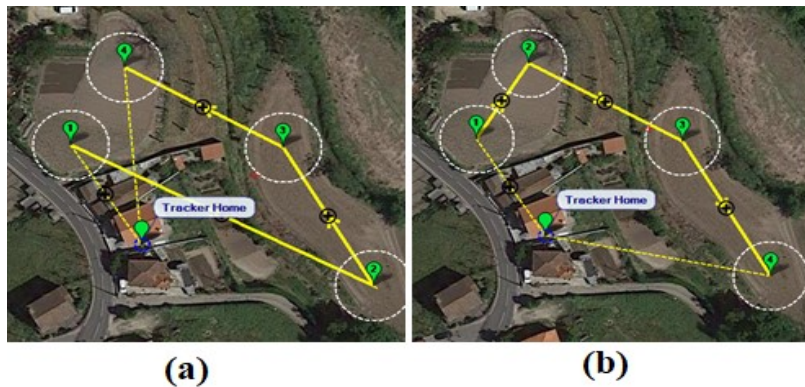


Figura 3.2 - Exemplo da importância de minimizar o caminho entre Pols: a) Sem a função de otimização b) Com a função de otimização.

3.2.4 Câmara multiespectral

O robô aéreo está equipado com uma câmara fotográfica multiespectral Micasense RedEdge para aquisição das imagens (Figura 3.3). Esta câmara captura simultaneamente cinco bandas espectrais discretas (azul, verde, vermelho, próximo do vermelho e infravermelho). Em geral, estas imagens (5 bandas) são utilizadas para gerar informações precisas e quantitativas de plantações.



Figura 3.3 - Câmara multiespectral Micasense RedEdge.

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Robô aéreo autónomo



Figura 3.4 - Campo de estudo.

O robô aéreo autónomo apresenta-se como uma mais-valia na monitorização das culturas e dos solos. No que respeita às culturas, a deteção do volume das árvores através desta tecnologia permitirá uma interpretação mais célere e dinâmica do desenvolvimento das plantas.

Três estudos de caso foram desenvolvidos para estudar o algoritmo de otimização de planeamento de caminho, dois em simulação e um em campo. O estudo de caso # 1 usa vários Pols com um raio baixo, e o estudo de caso # 2 tem menos Pols, com um raio de waypoint aleatório alto para servir de comparação. Ambas as simulações são

usadas para entender melhor o desempenho do algoritmo e a influência de cada parâmetro. O estudo de caso # 3 foi desenvolvido para analisar a aplicação no mundo real e o impacto na autonomia da bateria e na influência da altura. Um pomar de pessegueiro em Orjais, Covilhã, em Portugal, marcado com a linha vermelha na Figura 3.4, foi usado como um campo de pesquisa em simulações e testes do mundo real.

3.3.2 Imagens aéreas multiespectrais

A Figura 3.5 ilustra as 5 bandas de uma imagem capturada num pomar de pessegueiros, pela câmara multiespectral transportada no robô aéreo.

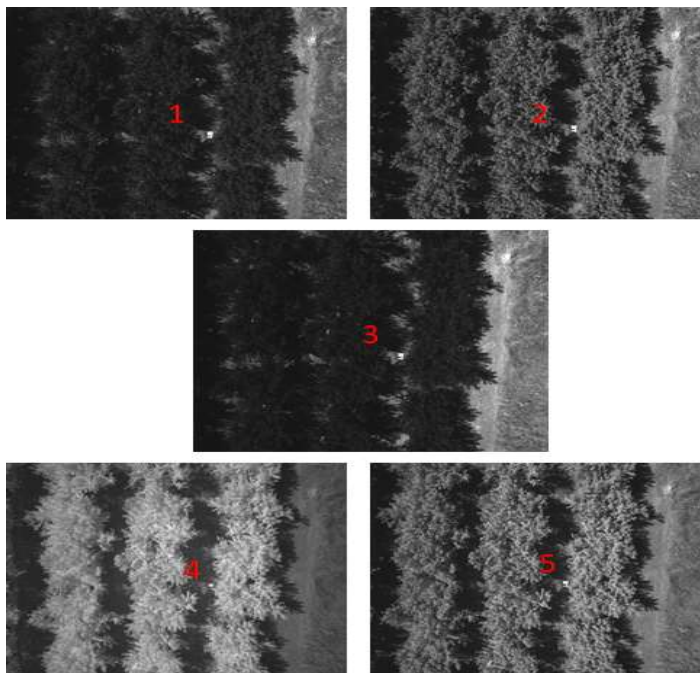


Figura 3.5 - As cinco bandas de uma imagem: 1) Canal B, 2) Canal G, 3) Canal R, 4) Canal NIR, 5) Canal RE.

Conforme mencionado na introdução desse capítulo, imagens multiespectrais possibilitam o cálculo de índices de vegetação que fornecem informações importantes sobre o desenvolvimento das plantas, da sua coloração que é associada à sua capacidade fotossintética.

3.4 Considerações finais

Nesse trabalho foi desenvolvido um UAV multirotor com quatro motores (quadcopter), equipado com hélices auto-apertos que o tornam muito simples de montar e desmontar em campo e para transporte. Adicionalmente, um algoritmo de otimização de planeamento de caminho foi proposto. O mesmo pode ser dividido em quatro etapas principais: Configuração de parâmetros; Minimização entre pontos de interesse; Maximização de pontos de passagem aleatórios; Criação de arquivo de missão pré-planeada. Assim, três estudos de caso foram criados para entender o desempenho e a variação dos parâmetros do algoritmo proposto. Em conclusão, este algoritmo pretende superar as falhas dos sistemas tradicionais, otimizando voos de UAV. O UAV foi equipado com uma câmara multiespectral no qual permite avaliações do estado das plantas, por intermédio de processamento de imagem, possam ser realizadas.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto PrunusBOT – Sistema robótico aéreo autónomo de pulverização controlada e previsão de produção frutícola, Operação n.º PDR2020-101-031358 (Líder), Parceria n.º 340 / Iniciativa n.º 140, promovida pelo PDR2020 e cofinanciada pelo FEADER no âmbito do Portugal 2020.

Referências bibliográficas

Daponte, P., de Vito, L., Glielmo, L., Iannelli, L., Liuzza, D., Picariello, F., & Silano, G. 2019. A review on the use of drones for precision agriculture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 275(1), 012022.

- Mesquita, R., & Gaspar, P. D. 2022. A Novel Path Planning Optimization Algorithm Based on Particle Swarm Optimization for UAVs for Bird Monitoring and Repelling. *Processes*, 10(1), 62.
- Narayanan, R. G. L., & Ibe, O. C. 2015. Joint network for disaster relief and search and rescue network operations. In *Wireless Public Safety Networks 1* (pp. 163–193). Elsevier.
- Pradeep, P., Park, S. G., & Wei, P. (2018). Trajectory optimization of multirotor agricultural UAVs. *2018 IEEE Aerospace Conference*, 1–7.
- Rodríguez-Panes, A., Claver, J., & Camacho, A. M. 2018. The influence of manufacturing parameters on the mechanical behaviour of PLA and ABS pieces manufactured by FDM: A comparative analysis. *Materials*, 11(8), 1333.