

MANUTENÇÃO DO SOLO EM POMARES DE PESSEGUEIRO

Simões, M.P.^{1,2}, Veloso, A.¹, Gaspar, P.D.^{3,4}, Assunção, E.³, Mesquita, R.³

¹ Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária (IPCB-ESA)

² Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS),

Instituto Politécnico de Castelo Branco

³ Universidade da Beira Interior (UBI)

⁴ Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies (C-MAST)

RESUMO

As culturas frutícolas requerem uma gestão otimizada de todos os fatores de produção para alcançarem níveis elevados de produtividade. O controlo das infestantes é uma prática que visa diminuir a competição que estas exercem com a cultura pelos fatores água e nutrientes, que é realizada por diferentes tipos de manutenção do solo, sendo o mais comum o sistema de aplicação de herbicida na linha e enrelvamento na entrelinha. Contudo, observa-se sempre a presença de algumas infestantes que não são eliminadas na fase inicial. Pretende-se assim desenvolver equipamento robótico para fazer um controlo particularizado destas infestantes evoluindo no sentido de uma agricultura de precisão com uma gestão mais eficaz e sustentável dos meios de produção.

Palavras-chave: Infestantes, Agricultura de precisão, Robotização.

ABSTRACT

Fruit production requires an optimization of all incomes in order to reach high levels of productivity. Weed control is fundamental as it aims to reduce its competition with the orchard plants for water and nutrients and can be achieved through different techniques. In peach orchards the most spread soil maintenance is herbicide application on plants row and green cover in inter-row space. However, after herbicide application, there are always some weeds that continue their development. This project aims to develop a robotic equipment to precisely apply herbicide on these remaining weeds, contributing to a more sustainable and precise agriculture production system.

Keywords: Weed Control, Precision production, Robotization.

INTRODUÇÃO

As culturas frutícolas requerem uma gestão otimizada de todos os fatores de produção para alcançarem níveis elevados de produtividade e qualidade dos frutos, que permitam obter o rendimento desejado. Essa maximização exige que as plantas tenham sempre ao seu dispor os nutrientes, a água e a luz que necessitam para as funções básicas, nomeadamente, fotossíntese, respiração, transpiração e absorção de água e sais minerais, e, simultaneamente, que as plantas estejam sãs, ou seja, protegidas dos seus inimigos.

Em zonas de verões quentes e secos, como a região da Beira Interior, a água é o fator de produção chave para almejar a otimização do funcionamento das plantas de modo a obter os calibres elevados atualmente exigidos pelo mercado. Contudo, a elevada disponibilidade de água é também favorável ao desenvolvimento de infestantes que competem com a cultura.

«A eliminação das infestantes no final do inverno permite que o abrolhamento e início da atividade vegetativa dos pessegueiros ocorra com o mínimo de competição»

As técnicas culturais de controlo do desenvolvimento das infestantes são designadas genericamente por manutenção do solo, sendo o sistema mais comum em pomares de pessegueiro da região da Beira Interior um sistema misto constituído por solo nu não mobilizado na linha e enrelvamento na entrelinha. Este sistema apresenta grandes vantagens para os produtores. O solo nu na linha elimina/minimiza a competição exercida pelas infestantes. O enrelvamento da entrelinha permite a entrada da maquinaria no pomar mesmo após a ocorrência de chuva, fator determinante para a proteção fitossanitária dos pomares e, simultaneamente, protege o solo da erosão, da compactação, promovendo a sua fertilidade que resulta da decomposição das plantas (Tworkoski e Glenn, 2008), da presença de leguminosas



FIGURA 1. Grande desenvolvimento das infestantes na linha de plantas.

com capacidade de fixar azoto e da melhoria da vida microbiana do solo que têm um papel chave no ciclo dos nutrientes. Estas duas zonas requerem uma gestão diferencial. Hammermeister (2016) vai mais longe e distingue 3 zonas distintas: a linha, a zona adjacente à linha e a entrelinha.

Se a manutenção do enrelvamento da entrelinha se consegue com facilidade através do corte mecânico regular do coberto vegetal, a manutenção do solo nu na linha é um objetivo mais dificilmente atingido, observando-se frequentemente grande desenvolvimento das infestantes junto às plantas, sobretudo nos primeiros ciclos vegetativos (Figura 1).

menos eficaz que ocorreu em 2020 relativamente a 2019, relacionado com a maior precipitação ocorrida em 2020 e, portanto, condições mais favoráveis ao seu desenvolvimento. Globalmente, esta época de junho corresponde a grande desenvolvimento das plantas e maioritariamente à fase II de crescimento dos frutos (Velarde, 1998) e, portanto, a uma grande demanda de água e nutrientes. O desenvolvimento das infestantes reduz a disponibilidade destes fatores e afeta a qualidade dos frutos (Cavender *et al.*, 2014). A influência na redução do calibre dos frutos pode apresentar impacto significativo no valor da produção e, portanto, no rendimento da cultura. A influência direta da competição das infestantes no calibre dos frutos não é de fácil avaliação, pois está associada a uma multiplicidade de outros fatores com especial destaque para a disponibilidade de água.

Os resultados obtidos indicam que a aplicação de herbicida no final do inverno não é suficiente para controlar o desenvolvimento das infestantes, existindo sempre algumas infestantes que permanecem e posteriormente encontram as condições ideais para se desenvolverem, sendo habitual 2 aplicações de herbicida/ciclo vegetativo, de acordo com a conta de cultura (Dias *et al.*, 2017). Dos resultados obtidos relativos a maio/junho de 2020 observa-se uma ocupação de 34% e 20% na UO 01 e UO 02, respetivamente, o que indica que será necessário novo controlo/intervenção, para minorar este fator negativo. Mas, durante maio/junho, devido aos hábitos



FIGURA 4. Solo não mobilizado na linha e enrelvamento da entrelinha.

de frutificação dos pessegueiros, os ramos com fruta têm um porte descendente, o que torna mais arriscado o controlo químico, pelo que os produtores optam frequentemente pelo corte das infestantes com motorroçadoras. A altura das infestantes observadas em maio/junho, entre 5 e 15 cm (Tabelas 1, 2 e 3), indica esse tipo de intervenção no controlo das infestantes. Esta técnica não só é morosa e dispendiosa, como apresenta um efeito pouco duradouro.

«A influência direta da competição das infestantes no calibre dos frutos não é de fácil avaliação, pois está associada a uma multiplicidade de outros fatores com especial destaque para a disponibilidade de água»

Assim, surge aqui uma oportunidade para um controlo particularizado das infestantes que não foram eliminadas na primeira aplicação de herbicida no final do inverno (Figura 5), e que, ao terem menos competição entre si, poderão atingir grande porte (Figura 1) ou colonizar rapidamente o solo, tornando-se dominantes. A solução que se propõe é uma aplicação particularizada através de um sistema robótico, visando uma prática mais sustentável, resultante não só da diminuição da quantidade de herbicida, como também da precisão da sua aplicação. O desenvolvimento de uma solução tecnológica com estas características enquadra-se na agricultura de

precisão, que tem vindo a ganhar cada vez mais relevo, devido à possível redução dos recursos necessários às produções agrícolas, como sejam, a água, fertilizantes e pesticidas, que podem ser obtidos utilizando novas tecnologia de equipamentos, incluindo robôs e sistemas de visão computacional (Chen *et al.*, 2018).

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, foi desenvolvido um sistema composto de um veículo terrestre robótico autónomo, Rover Robótico para Aplicações Agrícolas (R2A2), destinado à realização e apoio em diversas atividades culturais, exposto na Figura 6.

Uma destas atividades destina-se à pulverização particularizada de herbicida. Nesta configuração, o R2A2 integra um bico pulverizador acoplado a um braço robótico, um reservatório de herbicida e um sistema de visão computacional de deteção de infestantes. Na Figura 7 encontra-se uma imagem do R2A2 com a localização dos vários componentes: (1) Reservatório de herbicida; (2) Sistema de visão computacional composto por câmara RGB; (3) Manipulador robótico cartesiano com bico pulverizador e (4) Sistema de controlo composto por microcomputadores Raspberry Pi 4 e microprocessadores ESP32.

TABELA 2. Desenvolvimento das infestantes na linha e entrelinha na UO 01.

UO 01	Linha			Entrelinha		
	Altura infestantes (cm)	Ocupação (%)	Classificação	Altura infestantes (cm)	Ocupação (%)	Classificação
21/06/2018	< 5	5	1	10 a 20	100	2
27/02/2019	10 a 15	23	2	20 a 30	100	4
19/05/2019	5 a 15	34	2,5	20 a 50	100	5
12/02/2020	10 a 15	39	3	> 30	100	5
03/06/2020	5 a 10	34	2,5	20 a 50	100	5

TABELA 3. Desenvolvimento das infestantes na linha e entrelinha na UO 02.

UO 02	Linha			Entrelinha		
	Altura infestantes (cm)	Ocupação (%)	Classificação	Altura infestantes (cm)	Ocupação (%)	Classificação
21/06/2018	< 5	7	1	10 a 15	100	2
27/02/2019	10 a 15	4	1	< 5	100	1
19/05/2019	5 a 15	8	1	< 5	100	1
12/02/2020	10 a 15	22	2	10 a 15	100	2
03/06/2020	5 a 10	20	2	< 5	50	1

TABELA 4. Desenvolvimento das infestantes na linha e entrelinha na UO 03.

UO 03	Linha			Entrelinha		
	Altura infestantes (cm)	Ocupação (%)	Classificação	Altura infestantes (cm)	Ocupação (%)	Classificação
21/06/2018	< 5	21	2	10 a 15	100	2
27/02/2019	5 a 10	3	1	< 5	100	1
19/05/2019	5 a 15	24	2	5 a 10	100	2
12/02/2020	10 a 15	30	2	20 a 30	100	3
03/06/2020	< 5	11	1	< 5	80	1



FIGURA 5. Infestantes remanescentes após aplicação de herbicida.



FIGURA 6. Protótipo do Rover Robótico para Atividade Agrícolas (R2A2).



FIGURA 7. Rover Robótico de Aplicações Agrícolas. Legenda: 1) Reservatório de herbicida. 2) Sistema de visão computacional. 3) Manipulador robótico cartesiano com bico pulverizador. 4) Sistema de controle.



FIGURA 8. Ângulo de visão da câmara. 1) Bico pulverizador.

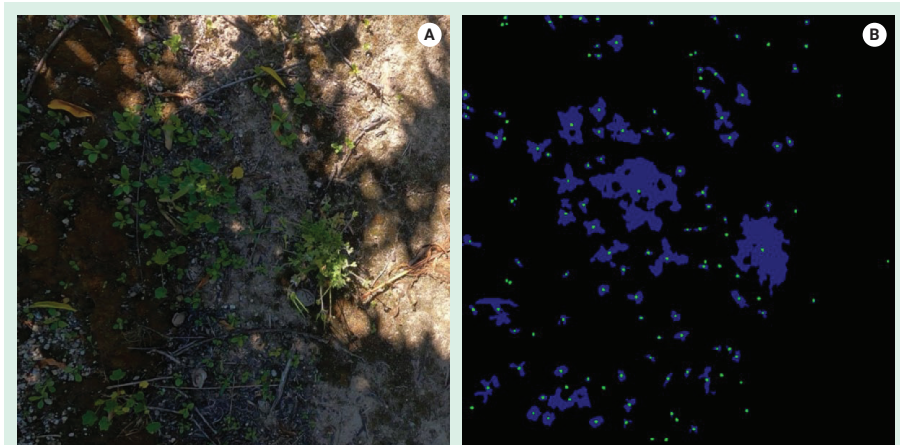


FIGURA 9. Aplicação do algoritmo de inteligência artificial por aprendizagem profunda via rede neuronal convolucional para detecção de infestantes. (A) Imagem de entrada do sistema de visão computacional. (B) Resultado de saída do sistema de inteligência artificial de detecção de infestantes.

O sistema de visão computacional incorpora uma câmara RGB Raspberry Pi Camera Module V2 com sensor Sony Exmor IMX219 de distância fixa de 8 MP que suporta resolução de fotos até 3280x2464 e de vídeo até 1080p30 (Figura 8), e um computador portátil Raspberry Pi 4 com processador BCM2711, quad core Cortex-A72 (ARM v8) de 64-bit com frequência de 1.5 GHz e memória RAM de 8GB. Trata-se de um computador portátil que dispõe de conectividade de redes por IEEE 802.11ac wireless, Gigabit Ethernet, Bluetooth 5.0, USB e micro-HDMI.

Foi empregue um algoritmo de inteligência artificial por aprendizagem profunda (*Deep Learning*) com uma rede neuronal artificial convolucional (CNN – *Convolutional Neural Network*), com uma estrutura encoder-decoder segmentação de imagens, nomeadamente a DeepLabv3 (Chen *et al.*, 2018; Fawakherji *et al.*, 2019), adaptado e treinado para segmentar as imagens das infestantes no pomar de pessegueiros.

O sistema de visão computacional tem a finalidade de fornecer às componentes mecânicas do pulverizador, isto é, ao manipulador robótico cartesiano, as localizações espaciais (coordenadas) dos centróides das infestantes, para que o manipulador robótico se possa movimentar no plano $x-y$ para cada uma das coordenadas em coordenação com a locomoção do rover robótico, e ativar o bico de pulverização para aplicação do herbicida. O manipulador robótico também se movimenta segundo z no sentido de afastar (abrir) ou aproximar (fechar) a área de pulverização em função da área da infestante.


A Figura 9 mostra um resultado obtido pelo sistema de visão. Na Figura 9A é apresentada uma imagem de entrada do sistema de visão computacional enquanto que na Figura 9B é o resultado de saída do sistema de inteligência artificial de detecção de infestantes. As regiões em cor azul correspondem às segmentações das infestantes e os pontos em cor verde correspondem às coordenadas dos centróides das regiões segmentadas que representam as localizações das infestantes. O manipulador robótico, em coordenação com a locomoção do R2D2 irá movimentar-se para cada uma das coordenadas $x-y$ dos centróides das infestantes, sendo aí ativado o bico de pulverização, a uma distância mais próxima ou mais afastada, de acordo com a área ocupada pela infestante.

Para além desta função, o algoritmo de inteligência artificial está a ser melhorado, tanto para aumentar a precisão dos resultados de deteção como também para realizar a distinção entre infestantes de folha larga e de folha estreita, de modo a possibilitar a aplicação de herbicidas direcionados a cada tipo de infestante aumentar a eficácia e reduzir ainda mais o impacto negativo destes compostos no ambiente.

CONCLUSÕES

A gestão das infestantes nos pomares de pessegueiros é realizada maioritariamente por aplicação de herbicida na linha e manutenção de enrelvamento na entrelinha. Uma aplicação de herbicida não é suficiente pois há sempre infestantes que sobrevivem usufruindo de melhores condições de desenvolvimento por ausência de concorrência, pelo que o presente trabalho apresenta o R2A2 para um controlo particularizado das infestantes que não foram eliminadas na primeira intervenção, contribuindo para uma prática mais sustentável através de uma agricultura de precisão.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto “Projeto PrunusBOT – Sistema robótico 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. Os autores agradecem às associações APPIZZERE e AAPIM e respetivos produtores associados que disponibilizaram as suas explorações para a realização dos testes e observações. Adicionalmente, os autores agradecem a FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto C-MAST – UIDB/00151/2020. 

BIBLIOGRAFIA

- Cavender, G., Liu, M., Hobbs, D., Frei, B., Strik, B. e Zhao, Y. (2014). Effects of different organic weed management strategies on the physicochemical, sensory, and antioxidant properties of machine-harvested blackberry fruits. *J. Food Sci.* 79, S2107–S2116.
- Chen, L.-C., Zhu, Y., Papandreou, G., Schroff, F., e Adam, H. (2018). *Encoder-decoder with atrous separable convolution for semantic image segmentation*, European Conference on Computer Vision (ECCV 2018), 833-851. <https://arxiv.org/abs/1802.02611>.
- Dias, C., Gomes, P.C., Alberto, D., Barateiro, A., Ramos, C., Fragoso, P., Lopes, S. e Simões, M.P. (2017). *Contas de cultura do pessegueiro na Beira*

Interior. In Simões, M.P. (coord). +Pêssego – Resultados de Apoio à Gestão, Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional: 107-140. ISBN 9789728785062.

- Fawakherji, M., Youssef, A., Bloisi, D., Pretto, A. e Nardi, D. (2019). *Crop and weeds classification for precision agriculture using context-independent pixel-wise segmentation*. Third IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC), 2019, 146-152, doi: 10.1109/IRC.2019.00029.
- Hammermeister, A.M. 2016. Weed management in perennial fruits. *Scientia Horticulturae*, 208: 28-42. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.02.004> 0304-4238.
- Portugal, J., Monteiro, A. E Luz, J.P. (2017). Gestão de infestantes em vinhas, olivais e pomares. *Revista das Ciências Agrárias*, vol 40 (4), 839-853.
- Simões, M.P., Ferreira, D. e Veloso, A. (2017). *Efeito da manta Ecoblanket no controlo das infestantes*. In Simões, M.P. (coord). +Pêssego – Inovação nas Técnicas de Produção, Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional: 117-138. ISBN 9789728785055.
- Tworokski, T.J. e Glenn, D. M. 2008. Orchard Floor Management Systems. In Layne, D. R. e Bassi, D. The peach – botany, production and uses. Cab International. ISBN 978-1-84593-386-9.
- Velarde, F. Gil-Albert. 1998. *Tratado de arboricultura frutal*. Vol. 3: La ecología del árbol frutal. 4ª Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; Ediciones Mundi-Prensa.