



NOVAS SOLUÇÕES PARA PULVERIZAÇÃO DE PRECISÃO

A aplicação das técnicas de pulverização de precisão em Portugal tem ocorrido de forma lenta, apesar das diversas ações formativas e dos avanços na área da mecanização e tecnologia de apoio. A integração do conhecimento e de inteligência nos pulverizadores, permitirá acelerar a transição para uma fruticultura de precisão, mais racional e mais capacitada para responder aos desafios agroecológicos, que constam da agenda do Pacto Ecológico Europeu (*Green Deal*). O projeto SPIN – Solução de Pulverização Inteligente consistiu na produção de um protótipo que incorpora 20 anos de conhecimento na área da pulverização de precisão.

Miguel Leão de Sousa^{1,7}, Margarida Rodrigues¹, Rogério Mendonça², Luís Geada², Alexandre Francisco², Filipe Santos³, André Baltazar³, Tatiana Pinho³, Eduardo Freitas⁴, Vitor Ferreira⁴, Ricardo Santos⁵, Délio Raimundo⁵, Diogo Duarte⁵, Carolina Ramos⁶, Rui Almeida⁶, Bruno Caldeira⁶, Eugénio Diogo¹ & Paulo Damião²

¹ Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária



² TOMIX

³ CRIIS – Centre for Robotics in Industry and Intelligent Systems, INESC TEC – Institute for Systems and Computer Engineering, Technology and Science

⁴ INEGI – Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial

⁵ CAMPOTEC IN

⁶ CONSULAI

⁷ GREEN-IT Bioresources4sustainability, ITQB NOVA

Enquadramento

As últimas duas décadas têm sido alvo de intensas tentativas no sentido de promover uma alteração disruptiva das práticas e técnicas de pulverização em Portugal. Não obstante o elevado número de ações de sensibilização e de documentos de apoio produzidos desde o seu início (ex. Otimização da técnica de pulverização e atomização em baixo volume, COTHN, 2004; Livro da Pereira Rocha, Vol. III, Cap. V e VI, ANP, 2004), mantêm-se, em muitos casos, as mesmas práticas e os mesmos erros. Entre eles, o uso de volumes de calda desajustados dos volumes de vegetação, a predominância do uso de elevados volumes de calda, a deficiente aplicação das técnicas de pulverização em médio e baixo volume, a baixa sensibilidade dos aplicadores para a regulação, calibração e avaliação da qualidade do pulverizado no alvo biológico. As novas tecnologias apresentam, ainda, fraca representatividade no contexto global das explorações agrícolas, agravando os seus níveis de eficiência. Verifica-se ainda uma alteração do modelo de pomar predominante, com entrelinhas e árvores mais estreitas, mais adaptado à pulverização de precisão, perdendo-se, em muitos casos, a oportunidade de racionalizar o uso dos fatores de produção e de minimizar os impactos ecológicos, toxicológicos e ambientais, reforçando a sustentabilidade, a segurança alimentar e o resultado económico das explorações agrícolas. Os objetivos previstos inicialmente na estratégia *Farm-to-Fork* do Pacto Ecológico Europeu, de reduzir em 50% o uso de produtos fitofarmacêuticos até 2030, podiam ser alcançados pela adoção da pulverização de precisão, mais do que pela retirada desenfreada de soluções do mercado, por vezes sem alternativas eficazes, colocando mais pressão no controlo de pragas e doenças e forçando, muito vezes, à adoção de práticas incorretas na gestão de resíduos e de resistências, responsáveis pelo declínio de algumas culturas. Não sendo o impacto das estratégias formativas suficiente para uma transição rápida e em larga escala de conceitos, práticas e abordagens no que respeita à aplicação de produtos fitofarmacêuticos, impõe-se, por isso, a adição de inteligência e versatilidade aos equipamentos

comercializados, munindo-os de capacidade para se adaptarem aos diversos modelos produtivos, interagir com o coberto vegetal e perceber em tempo real a necessidade de alterar as condições de aplicação.

Neste âmbito, o mercado mundial de pulverizadores profissionais tem vindo a sofrer alterações, contudo insuficientes para responder às crescentes exigências, pondo em causa o cumprimento das metas assumidas pela UE e o acesso dos produtores a mercados economicamente mais interessantes. Parte da maquinaria disponível no mercado não permite uniformizar a distribuição e quantidade dos depósitos no alvo biológico, apresentando perdas por deriva incompatíveis com a fruticultura moderna de precisão. Este facto resulta da conceção natural dos pulverizadores, que têm: i) turbinas axiais, resultando na projeção de volumes de calda mais elevados que os necessários para vencer as distâncias ao alvo biológico; ii) gotas mais grossas do que as adequadas para proporcionar uma cobertura densa de gotas, sem escorrimento; iii) tecnologia de aspiração do ar que não permite uniformidade no perfil vertical do coberto vegetal nem na distribuição do caudal em ambos os lados do equipamento; e, iv) não existe interação com o coberto vegetal que ajuste em tempo real os volumes de calda e caudais de ar às características das árvores e condições meteorológicas no momento da aplicação.

Soluções para pulverização de precisão: o projeto SPIN

Com o intuito de colmatar as deficiências identificadas, o INIAV, IP propôs a conceção de um novo protótipo de pulverização, concebido no âmbito do projeto SPIN – Solução de Pulverização Inteligente, desenvolvido e produzido pela TOMIX, num consórcio que integrou também o INESC TEC, o INEGI, a CAMPOTEC e a CONSULAI. Pretendia-se desenvolver um equipamento capaz de aplicar eficientemente volumes de calda e doses de produtos fitofarmacêuticos mais reduzidos (baixo a médio volume – 200 a 500 L/ha), recorrendo a um espectro homogéneo de gotas finas de elevada aderência

e baixa propensão ao escorrimento, aspiração de ar superior não contaminado e distribuição uniformizada de ar ao longo do defletor vertical, com um sistema hidráulico para regulação autónoma da distância e ângulo ao alvo biológico, propulsionado por bomba de baixo débito e potência de forma a trabalhar sobre a cultura e, com isso, reduzir as perdas na distribuição de ar e calda. Este equipamento foi concebido para aplicações de produtos fitofarmacêuticos em pomares de pomóideas, prunóideas, olival e amendoal, adaptando-se a diferentes distâncias na entrelinha e a diferentes geometrias de cultura.

Constituição do protótipo

No sistema desenvolvido, o ar é aspirado superiormente, mediante o uso de 4 turbinas independentes (2 de cada lado), evitando a projeção de esporos que inevitavelmente resulta da perturbação do solo que ocorre durante a aspiração nas turbinas convencionais. Os grupos ventiladores foram concebidos de forma elíptica, com saídas de ar verticais, com possibilidade de deslocamento vertical de 1000 mm, lateral de 500 mm e inclinação de 30°, permitindo tratar de cima para baixo e junto ao alvo biológico (Figura 1). O sistema foi concebido de forma a que os grupos ventiladores superiores possam tratar o terço superior das árvores de cima para baixo e os grupos ventiladores inferiores possam assegurar a distribuição nos dois terços inferiores,

garantindo uma projeção integral junto ao alvo biológico, de forma uniforme e com controlo de perdas por deriva ou escorrimento.

A central hidráulica foi otimizada de forma a baixar o centro de gravidade do equipamento e de proteger o sistema dos elementos externos, sendo composta por 3 bombas hidráulicas com funções distintas, responsáveis por operar de forma independente os motores hidráulicos dos ventiladores dianteiros, traseiros e assegurar os movimentos lineares de todos os cilindros hidráulicos.

Dado que no processo de pulverização podem ser produzidos diferentes padrões de escoamento, consoante as condições operacionais (pressão e caudal), propriedades físicas dos fluidos e configuração geométrica do pulverizador, foram efetuadas simulações com modelos CFD (*Computational Fluid Dynamics*) para caracterizar o escoamento do ar através de simulações numéricas que consideravam diferentes cenários de insuflação. Este processo permitiu definir a arquitetura do sistema de injeção e as características técnicas e geométricas que garantiam em ambiente operacional um escoamento uniforme de ar ao longo da copa, com velocidade do ar suficiente para conduzir a gota ao alvo (topo superior), mas não excessiva para dificultar o seu depósito e aumentar o escorrimento, ineficiência e contaminação do solo (topo inferior). Foram ensaiadas diferentes inclinações das hélices e velocidades de rotação, e efetuadas todas as simulações

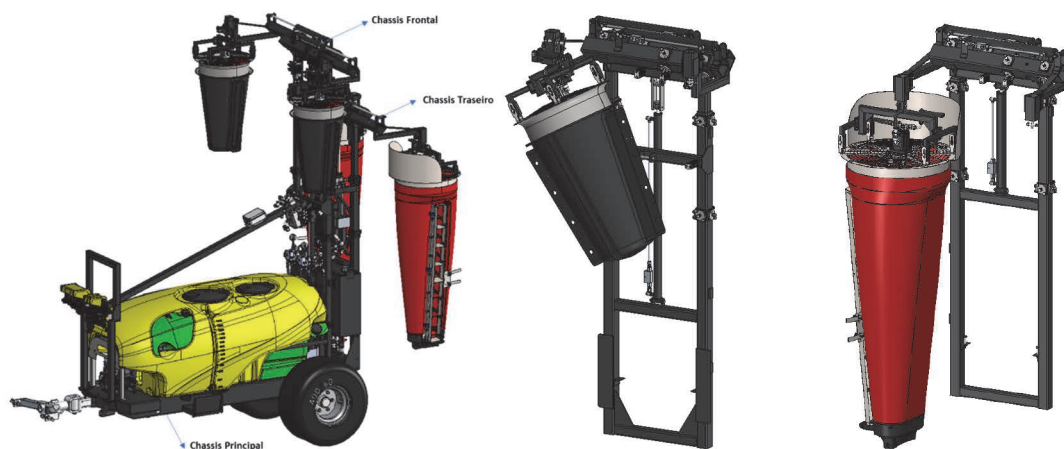


Figura 1 – Prototipagem em 3D dos grupos ventiladores (TOMIX), com sistema hidráulico para ajustamento da distância ao alvo biológico e regulação de inclinação.

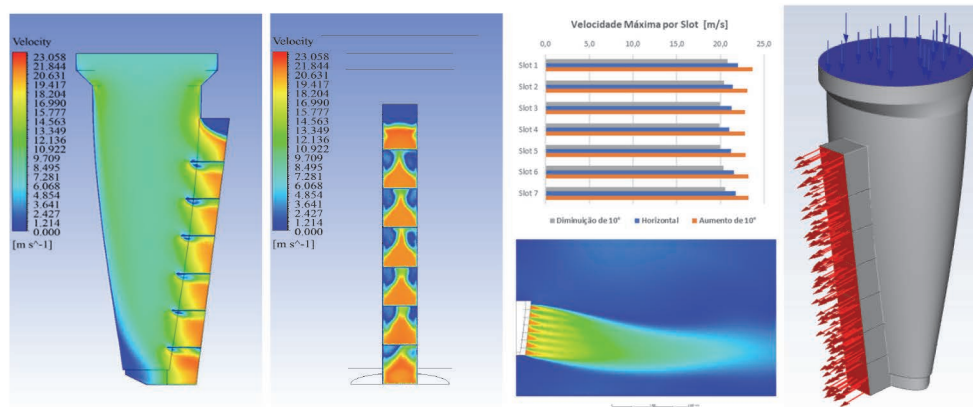


Figura 2 – Exemplo de simulações efetuadas para análise do escoamento interno e projeção do ar, com hélices em posição horizontal e rotação de 1400 rpm (INEGI).

para análise do escoamento interno do ar, velocidade média e máxima por slot, estimativas da perda de carga e análise de projeção externa (Figura 2).

Desenvolveu-se ainda um módulo de percepção e controlo avançado, permitindo detetar a distância e volume de vegetação mediante um LIDAR 2D colocado superiormente, regulando autonomamente a manutenção de uma distância constante ao alvo biológico e o volume de calda aplicado em função da volumetria do coberto vegetal medida instantaneamente, permitindo reduzir o volume de calda em cerca de 20% apenas com o modo ON/OFF (Baltazar *et al.*, 2023). O caudal de ar é regulado de forma independente e autónoma em cada lado dos defletores, em resposta a um sensor de vento que reduz o caudal de ar produzido sobre o lado do vento dominante, minimizando as perdas por deriva.

Validação biológica em ambiente real

Desenvolvido o protótipo e concluídos os testes laboratoriais e de fábrica, iniciaram-se validações técnicas e científicas em condições reais, sobre a doença que maiores prejuízos tem causado a uma das fruteiras nacionais mais emblemáticas, concretamente sobre a Estenfiliose (*Stemphylium vesicarium* Wall.) da pereira ‘Rocha’. Implementaram-se, por isso, ensaios em que se procedeu à avaliação da eficácia biológica em várias modalidades implementadas desde o início do ciclo até à colheita dos frutos, nomeadamente: (i) Convencional, pulverização com pulverizador convencional e dose de rótulo reco-

mendada (750 L/ha, 55 L/1000 m³ de vegetação); (ii) SPIN 550, pulverização com protótipo desenvolvido e redução de 35% da dose de rótulo recomendada em todos os tratamentos (550 L/ha, 40 L/1000 m³ de vegetação); (iii) SPIN 350, pulverização com protótipo desenvolvido e redução de 60% da dose de rótulo recomendada em todos os tratamentos (350 L/ha, 25 L/1000 m³ de vegetação). A aplicação do médio e baixo volume foi efetuada promovendo a redução do tamanho das gotas, de forma a compensar a redução do volume de calda com o aumento do número de pontos de impacto, sem escorrimento, de forma a garantir uma rede densa de gotas no alvo biológico. Esta técnica, e particularmente nesta doença em que a capacidade curativa das soluções homologadas é manifestamente baixa, já tinha evidenciado maior eficácia no seu controlo, apesar do uso de doses mais reduzidas. Por outro lado, foram analisados os depósitos tendo-se procedido a avaliações da distribuição das gotas no alvo biológico e das consequentes perdas por deriva, colocando-se papéis hidrossensíveis no interior e exterior das copas, distanciados a 0,5 m, quer no perfil vertical das árvores, quer no solo da linha contígua. Foram monitorizados os depósitos nas linhas tratadas e adjacentes nas mesmas posições (Figura 3). Os papéis hidrossensíveis foram digitalizados e tratados com *software* específico para avaliar a percentagem de cobertura, número e área média das gotas, de forma a validar as opções escolhidas relativamente aos bicos e seu posicionamento vertical nas turbinas.

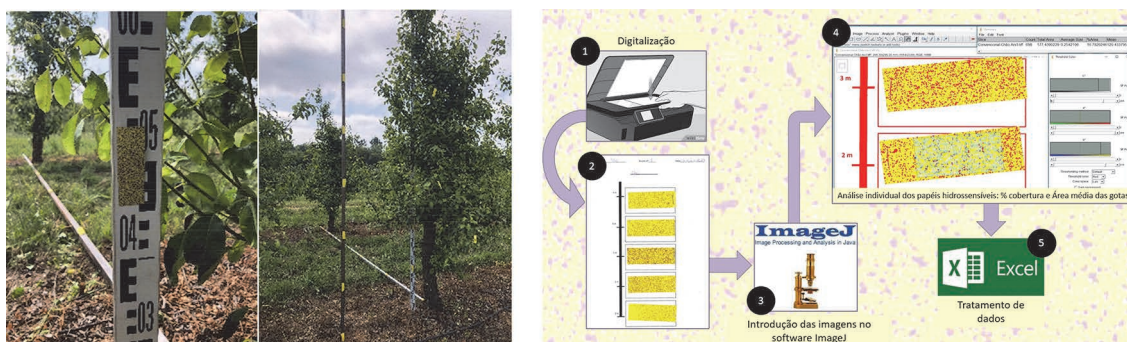


Figura 3 – Metodologia usada para análise da composição e distribuição do pulverizado no alvo biológico.

Foram aplicados 13 tratamentos entre 14 de abril de 2023 e 18 de julho de 2023, com fungicidas e/ou inseticidas, diferindo apenas nos volumes de calda e doses de produtos fitofarmacêuticos, consoante as modalidades. As áreas referentes a cada tratamen-

to ficaram separadas por duas linhas de segurança, tratadas apenas para o interior do bloco, de acordo com as condições preconizadas para a modalidade. O pomar ensaiado (INIAV, Quinta Nova, Alcobça) apresentava uma densidade de 1111 árvores por hec-

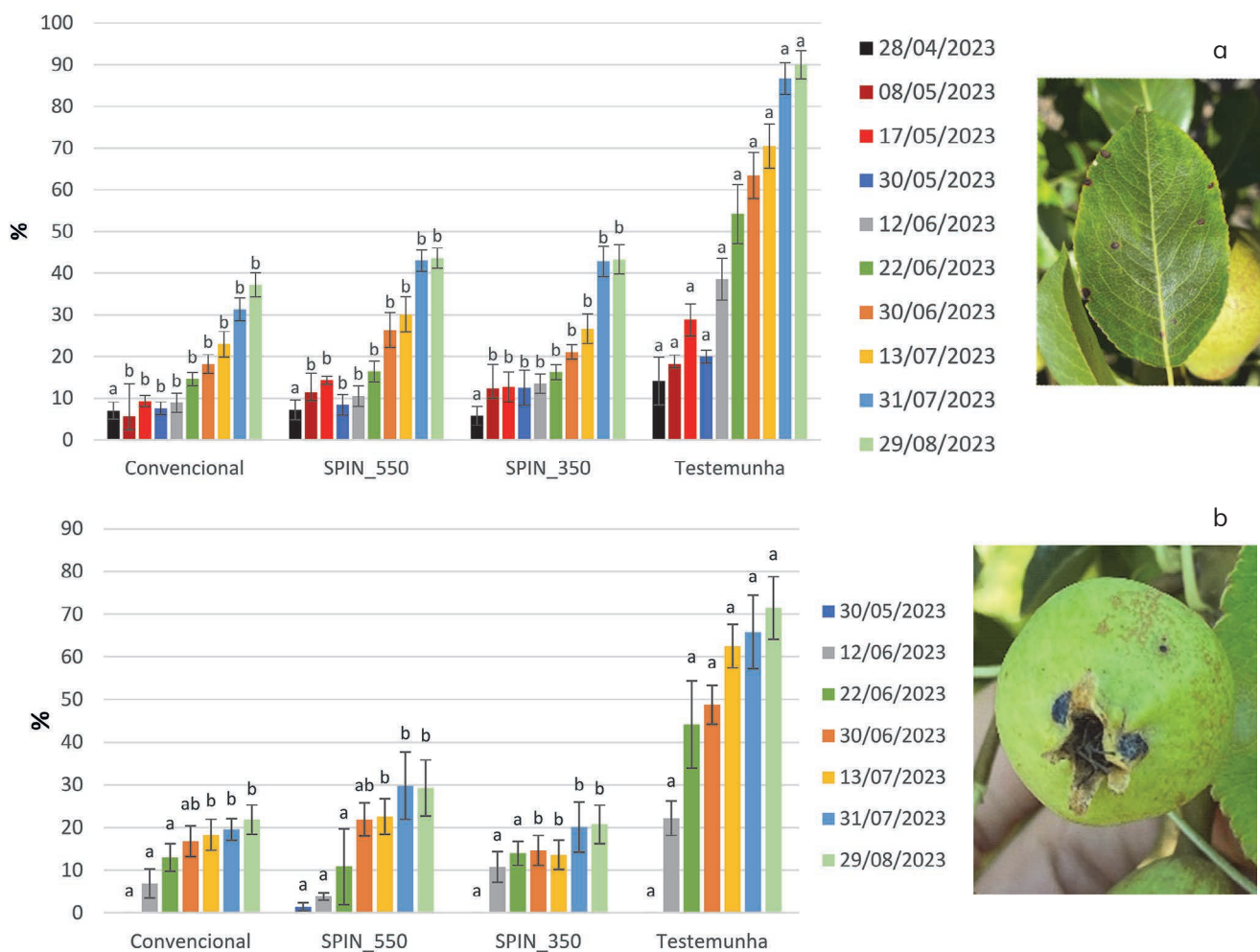


Figura 4 – Evolução da percentagem de estenfiliose nas folhas (a) e nos frutos (b) nas modalidades convencional, tratadas com o protótipo SPIN e no controlo sem tratamentos.

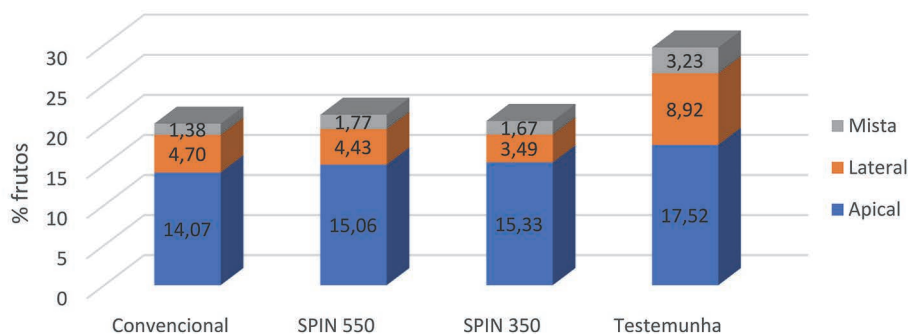


Figura 5 – Incidência e localização das infecções de Estenfiliose nos frutos à colheita.

tare (4,5 × 2,0 m), altura média de 3,6 m e largura média de 1,7 m. Em resumo, nas avaliações efetuadas ao longo do ciclo vegetativo não foram encontradas diferenças significativas na percentagem de estenfiliose nas folhas (Figura 4a) ou frutos (Figura 4b) das modalidades tratadas. No caso das folhas, as diferenças tornaram-se significativamente diferentes do controlo sem tratamentos logo no início de maio (8/05/2023), contrariamente aos frutos onde as diferenças se acentuaram a partir do mês de julho (13/07/2023).

À colheita, foram analisados a totalidade dos frutos colhidos (excluídos frutos caídos no solo, uma vez que o avançado estado de decomposição não permitia identificar os sintomas que os relacionassem com o agente causal). A percentagem de frutos com sintomas de estenfiliose foi semelhante em todas as modalidades tratadas (20,15 a 21,36%), com predominância das infecções localizadas na zona apical dos frutos (Figura 5).

Mantendo a conformidade com os resultados obtidos em trabalhos realizados no início do século, com baixo volume e redução de doses, verifica-se novamente que recorrendo ao uso de tecnologias de precisão e assegurando que a redução de volumes de calda não ocorre pela via da redução de depósitos, mas pela redução das perdas por escorrimento e deriva, é possível com reduções elevadas das doses aplicadas manter os níveis de eficácia dos tratamentos com produtos fitossanitários. A tecnologia SPIN, incorporando todos estes princípios, apresenta-se como uma solução eficaz para a fruticultura de precisão, permitindo versatilidade na adaptação às características dos pomares e in-

teligência para, de forma autónoma, perceber as condições de aplicação e interagir com o coberto vegetal. Trata-se de uma proposta que continua em desenvolvimento, para adicionar mais potencialidades e concorrer no mercado “Premium” europeu. 🌱

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo Programa Operacional Competitividade e Internacionalização e pelo Programa Operacional Regional de Lisboa 2020, com a referência SPIN, código POCI-01-0247-FEDER-046997 e LISBOA-01-0247-FEDER-046997. Centro de Investigação GREEN-IT “Biorrecursos para a Sustentabilidade” Base Funding DOI: 10.54499/UIDB/04551/2020.

Bibliografia

- Baltazar, A.R.; Santos, F.N.D.; De Sousa, M.L.; Moreira, A.P.; Cunha, J.B. (2023). 2D LiDAR-Based System for Canopy Sensing in SmartSpraying Applications. *IEEE Access*, **11**:43583–43591.
- Leão de Sousa, M. & Soares, J. (2024). *Optimização das técnicas de pulverização em pomóideas*. COTHN, 27pp.
- Soares, J. & Leão de Sousa, M. (2004). Optimização da pulverização às diferentes volumetrias das árvores. In: *O Livro da Pera Rocha*, Vol. III, Cap V, ANP, 107–126.
- Soares, J. & Leão de Sousa, M. (2004). Técnicas de pulverização em baixo volume. In: *O Livro da Pera Rocha*, Vol. III, Cap VI, ANP, 127–150.