

## COMO A TECNOLOGIA PODE AUXILIAR NO MANEJO DO CANCRO EUROPEU

O cancro europeu é uma das mais importantes doenças da macieira, causado pelo fungo *Neonectria ditissima* (Figura 1). Esta doença afeta principalmente as partes lenhosas da macieira, como troncos, ramos e galhos, e também pode causar podridões nos frutos. Embora o cancro europeu tenha sido oficialmente confirmado no Brasil em 2012, após um registro inicial em 2002 que resultou em erradicação, ele se manifestou de maneira bastante agressiva nas condições ambientais brasileiras.



Figura 1. Sintomas de cancro europeu. Associado a queda de folha (A) e ao ferimento de colheita (B).

A infecção por *N. ditissima* ocorre a partir de ferimentos no hospedeiro, sejam eles naturais ou provocados por práticas de manejo. Dentre os ferimentos de maior relevância, destacam-se as cicatrizes resultantes da queda de folhas no outono, as lesões causadas pela poda e as feridas abertas durante a colheita dos frutos. A suscetibilidade da macieira, incluindo as cultivares mais plantadas como 'Gala' e 'Fuji', varia ao longo do ano, sendo maior nos períodos de menor metabolismo da planta (outono-inverno), onde os processos de cicatrização são mais lentos. Atualmente, o controle primário é a remoção das partes doentes por poda, seguida da pintura dos ferimentos com uma mistura de tinta e fungicida.

de 100 plantas para quadras de até 10.000 plantas. Para pomares maiores, com mais de 10.000 plantas, recomenda-se a amostragem de, no mínimo, 1% das plantas.

Este método de amostragem tem a vantagem de fornecer uma dimensão segura e precisa para a estimativa da incidência, permitindo o acompanhamento do estado sanitário do pomar e o ajuste das estratégias de controle. No entanto, existem limitações práticas e metodológicas. A aleatorização total das plantas amostradas não é viável na prática, sendo necessário inspecionar conjuntos de 10 plantas contíguas para otimizar o caminhamento. Além disso, os métodos estatísticos partem do pressuposto de que a doença apresenta um padrão espacial aleatório, o que nem sempre é verdadeiro, visto que o cancro tende a formar focos de concentração ("hotspots"). Outro ponto crítico é que se a incidência real da doença for muito baixa, por exemplo, de 1%, em uma amostra de 100 plantas, há uma chance considerável (37%) de não ser encontrada nenhuma planta com sintoma, o que poderia levar à subestimação de focos iniciais.

É neste cenário de complexidade na quantificação que a tecnologia surge como uma aliada fundamental. O projeto Semear Digital, ou Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital (CCD-AD/Semear Digital), é uma iniciativa estratégica que visa superar desigualdades no campo através de pesquisa e inovação em Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). O foco é adaptar e democratizar tecnologias avançadas para pequenos e médios produtores rurais. A pesquisa em automação e agricultura de precisão, um dos eixos de ação do projeto, busca desenvolver soluções que permitam um manejo mais inteligente, personalizado e ambientalmente responsável. O projeto atua em 10 Distritos Agrotecnológicos (DATs) no Brasil, incluindo Vacaria (RS), que tem a maçã como cultura principal.

No âmbito do Semear Digital, a pesquisa tem avançado na busca por métodos de detecção mais ágeis e eficientes. Recentemente, foram realizadas inoculações controladas de

A quantificação e o manejo dessa doença em campo sempre esbarraram em desafios significativos, principalmente relacionados à detecção. A inspeção visual, método tradicional de monitoramento, possui limitações consideráveis. Enquanto os cancos mais velhos e maiores são facilmente identificáveis, os cancos jovens e pequenos são muito difíceis de encontrar em meio à densa copa das plantas. A detecção manual é uma tarefa trabalhosa e demorada, o que dificulta o rastreamento em grandes pomares. Além disso, a distribuição da doença nos pomares não é uniforme, tendendo a formar “hotspots”. A identificação correta e, principalmente, a detecção precoce dos cancos são cruciais, pois sua remoção eficiente impede que o patógeno atinja a fase reprodutiva e aumente a disseminação de esporos.

Diante da necessidade de mensurar a extensão da doença, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu critérios para o levantamento da incidência por meio da amostragem, visando o cumprimento da Instrução Normativa nº 20 (IN 20). É importante salientar que para o cancro europeu, é priorizada a avaliação da incidência (a proporção de plantas com sintomas) em detrimento da severidade (a quantidade de tecido afetado), pois interessa saber se a planta está ou não infectada para o manejo.

O método estatístico clássico de dimensionamento de amostra para incidência é recomendado para garantir estimativas com precisão e nível de confiança conhecidos. O plano amostral sugere que, fixando um nível de confiança de 95% e um erro amostral aceitável de 10% (0,10), o tamanho mínimo da amostra é

Recentemente, foram realizadas inoculações controladas de macieiras em condições de campo e capturas semanais de imagens nos espectros visível (RGB), RedEdge e NIR. O objetivo é documentar o cancro em vários estágios de desenvolvimento para construir um banco de dados abrangente de imagens de ramos saudáveis e infectados. Este banco de dados é essencial e será futuramente utilizado para treinar redes neurais convolucionais (CNNs) para identificar padrões de infecção, especialmente nos estágios iniciais.

Uma peça chave nesse esforço tecnológico é o desenvolvimento do SEEmear (pronuncia-se “simear”). Este é um protótipo de sistema de sensoriamento proximal georreferenciado de grande escala (Figura 2A). O SEEmear foi projetado para superar as limitações que o sensoriamento remoto tradicional apresenta ao monitorar pomares, como a falta de resolução e ângulos de visão inadequados. O sistema integra componentes de alta performance, incluindo um computador embarcado, câmeras estéreo RGB-D global shutter de grande angular (110° de campo de visão) e um módulo de posicionamento GNSS RTK de precisão. Acoplado a um trator ou a uma plataforma robótica móvel (UGV), o SEEmear é capaz de percorrer as linhas do pomar, capturando imagens de alta resolução espacial e dados 3D georreferenciados em larga escala (Figura 2B). Inicialmente, o sistema foi testado para contagem automatizada de frutos e futuramente avaliará outras partes da planta como registro da florada ou mapeamento do cancro europeu.



Figura 2. Protótipo SEEmear. Protótipo sobre a mesa (A) e acoplado ao trator (B)

A chave para o diagnóstico automatizado reside no uso da espectrorradiometria. O cancro europeu causa modificações perceptíveis no metabolismo vegetal, devido ao bloqueio na translocação de água e nutrientes para as partes periféricas da planta. Foi avaliado se essas alterações seriam detectáveis no espectro de reflectância. Os resultados demonstram que, de fato, o estado de saúde da planta pode ser avaliado, pois houve diferenças na reflectância acima de 700 nm entre tecidos saudáveis e aqueles afetados pelo cancro europeu. Esta diferença na reflectância, que atinge um máximo entre 840 e 850 nm, é crucial. Em estudos realizados no Japão com cancro de valsa, verificou-se que a área doente apresenta baixa reflectância no infravermelho próximo (NIR). A reflectância espectral, portanto, pode ser usada para avaliar a sanidade das plantas, identificando sua posição no pomar e facilitando o manejo.

Este conhecimento é vital para o futuro do SEEmear. Embora o protótipo atual use câmeras RGB-D, os resultados espectrais confirmam a possibilidade de adaptar o sistema SEEmear para incluir câmeras de banda espectral (RedEdge ou

NIR) que permitam a detecção automatizada do cancro europeu. A detecção e o diagnóstico por sensores automatizados, nos comprimentos de onda identificados, poderão localizar e quantificar o tamanho dos pontos de concentração de plantas doentes dentro do pomar.

Em resumo, a quantificação do cancro europeu, que atualmente exige um esforço manual intenso e está sujeito às limitações da inspeção visual, está sendo revolucionada pela tecnologia digital. A transição da amostragem estatística para a detecção por sensoriamento proximal e Inteligência Artificial permitirá a identificação e a geolocalização precisa dos cancros, especialmente nos estágios iniciais, o que é fundamental para um controle eficaz. Com o SEEmear adaptado para sensoriamento espectral e usando a base de dados de imagens em desenvolvimento, será possível a construção de mapas temáticos onde as zonas diferenciadas para o manejo da doença serão identificadas. Isso permitirá que o produtor rural tome decisões de fruticultura de precisão, dimensionando de forma mais precisa a mão de obra e os insumos necessários para as podas fitossanitárias e as aplicações de fungicidas, de acordo com a real necessidade de cada zona do pomar. A tecnologia, assim, não apenas quantifica a doença, mas otimiza o manejo, garantindo maior eficiência e sustentabilidade produtiva.

Agradecimento:

Esse trabalho é financiado pela FAPESP processo número 2022/08319-9.

**Autores:**

**Caroline Bolson de Faria<sup>1</sup>; Lucas De Ross Marchioretto<sup>1</sup>; Eduardo Carvalho da Silva<sup>1</sup>; Silvio André Meirelles Alves<sup>2</sup>; Luciano Gebler<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Bolsistas da Embrapa Uva e Vinho; <sup>2</sup>Pesquisadores da Embrapa Uva e Vinho**