

» RAFAELA LEITE

Pesquisadores da Binghamton University, nos Estados Unidos, criaram uma plataforma tecnológica que integra Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA), realidade virtual e modelagem tridimensional (3D) para transformar o monitoramento agrícola. A solução permite acompanhar, em tempo real e de forma remota, o desenvolvimento das plantas por meio de um ambiente virtual imersivo que reproduz com precisão a estrutura física de fazendas e estufas.

Embora sensores sejam amplamente empregados na agricultura de precisão para coletar dados sobre o cultivo, essas informações normalmente são apresentadas em planilhas, gráficos ou painéis bidimensionais. Segundo os pesquisadores, esse modelo limita a compreensão do contexto físico em que os dados são gerados. A nova plataforma busca superar essa barreira ao reunir todas as informações em um gêmeo digital tridimensional e interativo, oferecendo uma visualização mais intuitiva e alinhada à realidade do campo.

“A tecnologia foi concebida especialmente para ampliar a acessibilidade e a eficiência da gestão agrícola. Agricultores idosos, pessoas com mobilidade reduzida e pesquisadores responsáveis por múltiplas áreas de cultivo podem acompanhar, remotamente, as operações e a saúde das plantações sem a necessidade de deslocamentos frequentes”, explicou ao **Correio** o professor assistente do Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação da universidade, Anwar Elhadad.

Segundo o pesquisador, a iniciativa surgiu da necessidade de contextualizar os dados gerados pelos sensores IoT instalados em fazendas e estufas inteligentes. Atualmente, produtores e pesquisadores precisam interpretar informações numéricas isoladas e associá-las mentalmente às condições reais das plantas. Além disso, muitos agricultores experientes ainda dependem da observação direta para identificar sinais sutis de estresse, doenças ou deficiências nutricionais que nem sempre são captados por medições convencionais.

Para unir essas duas abordagens, a equipe desenvolveu um gêmeo digital capaz de combinar dados coletados em tempo real com uma representação virtual detalhada do ambiente físico. Em vez de analisar apenas indicadores e gráficos, os usuários podem explorar digitalmente a estufa, observar as plantas em detalhes e acessar informações ambientais exatamente nos locais onde os dados são capturados.

Modelos tridimensionais

O funcionamento da plataforma depende da integração de diferentes tecnologias. O processo começa com a captura de imagens das plantas e da infraestrutura da estufa, que são convertidas em modelos tridimensionais por meio de técnicas de fotogrametria. Paralelamente, sensores distribuídos pelo ambiente monitoram parâmetros como temperatura, umidade, luminosidade, pressão atmosférica e concentração de gases.

Esses dados são transmitidos sem-fio para um gateway de borda, responsável pelo processamento e sincronização contínua das informações com o gêmeo digital. Como resultado, o ambiente virtual reflete em tempo real as condições observadas na estufa física, reproduzindo sua geometria, texturas e características visuais com elevado nível de precisão.

Ao utilizar óculos de realidade virtual, agricultores, pesquisadores e gestores

Revolução digital no campo

Cientistas desenvolveram uma plataforma inovadora que une realidade virtual, inteligência artificial e modelagem 3D para revolucionar o monitoramento agrícola



O sistema foi criado para ampliar a acessibilidade e a eficiência da gestão agrícola: precisão e estrutura física de estufas e fazendas

Mohamed Gallai

podem navegar pela estufa digital, analisar individualmente cada planta e acessar informações detalhadas sobre crescimento e saúde vegetal. Além dos dados fornecidos pelos sensores, o sistema permite identificar visualmente alterações como murchamento, descoloração das folhas e danos provocados por pragas.

Outro diferencial é a integração de fontes externas de informação, como dados meteorológicos locais, ampliando a capacidade analítica da plataforma. O sistema também incorpora um assistente multimodal de inteligência artificial capaz de interpretar simultaneamente dados dos sensores, contexto visual e comandos em linguagem natural. Dessa forma, os usuários

podem interagir diretamente com o ambiente virtual, realizando perguntas e recebendo respostas contextualizadas sobre a saúde das plantas, riscos potenciais e necessidades específicas de manejo.

Três pilares

Gabriel Oliveira, cientista da computação e engenheiro de software, explica que a inovação apresentada no estudo se apoia em três pilares tecnológicos: sensores IoT, gêmeos digitais e realidade virtual ou mista. “Sensores IoT, sigla para Internet of Things, ou Internet das Coisas em português, são pequenos dispositivos conectados à internet ou a

uma rede local, usados para coletar dados do ambiente físico. No caso do estudo, eles podem medir umidade do solo, temperatura, luminosidade, umidade do ar, gases e outros fatores relevantes para o crescimento das plantas.”

Segundo ele, o fluxo tecnológico é relativamente simples: os sensores capturam variáveis físicas, os dispositivos interpretam esses sinais e enviam os dados para um sistema central, hospedado localmente ou na nuvem. Em seguida, as informações são incorporadas ao ambiente virtual tridimensional. “O ponto mais interessante do estudo é a acessibilidade proporcionada pelo conceito de gêmeo digital. Em vez de olhar apenas para gráficos ou painéis de dados, a pessoa

Palavra de especialista

Ambientes controlados

“Pessoalmente, acho a proposta interessante, principalmente, por tirar o monitoramento agrícola de dashboards mais frios e transformar esses dados em uma experiência mais visual, intuitiva e imersiva. Em termos de experiência de uso, especialmente para quem tem dificuldade de acessar fisicamente uma estufa, isso pode ser um ganho relevante. Ao mesmo tempo, vejo como uma tecnologia mais situacional. Para estufas, laboratórios ou ambientes controlados, faz bastante sentido, porque o espaço é menor, mais previsível e mais fácil de mapear. Já em plantações maiores, “andar” por um ambiente virtual muito extenso pode se tornar pouco prático. Além disso, mapear esse ambiente em 3D e mantê-lo atualizado em tempo real é um desafio técnico considerável. Outro ponto importante é que sensores conseguem medir variáveis como umidade, temperatura, luminosidade e gases, mas nem sempre conseguem representar toda a realidade visual da planta. Pode haver discrepâncias, por exemplo, em relação a doenças, pragas ou alterações visuais que sensores isolados talvez não detectem com precisão. Por isso, para plantios maiores, acredito que a combinação de sensores IoT com modelos de inteligência artificial, imagens de satélite, drones ou visão computacional tende a ser mais poderosa. Então, minha visão é que a tecnologia faz sentido principalmente em contextos específicos, como estufas pequenas, ensino, pesquisa e acessibilidade. É uma solução promissora, mas não necessariamente algo que substituiria os modelos tradicionais de monitoramento em qualquer cenário agrícola. O maior valor, nesse caso, parece estar em tornar o acompanhamento das plantas mais acessível, visual e fácil de interpretar.”

Gabriel Oliveira, cientista da computação e engenheiro de software

acessa uma representação virtual da estufa real. Cada planta pode aparecer como um objeto em 3D, e os dados reais dos sensores são associados àquela planta. Assim, o usuário consegue “andar” pela estufa virtual e acompanhar o estado da planta real sem estar fisicamente no espaço.”

Nos próximos anos, a expectativa da equipe é incorporar novos recursos à plataforma, ampliando as possibilidades de aplicação dos gêmeos digitais no setor agrícola e consolidando o uso combinado de IoT, inteligência artificial e realidade imersiva como ferramentas estratégicas para a agricultura do futuro.

Estagiária sob a supervisão de Marcelo Abreu

DIAGNÓSTICO CLÍNICO

Nova tinta transforma pele em tatuagem eletrônica

Uma nova tinta colorida e personalizável, desenvolvida por cientistas da Universidade Estadual da Pensilvânia (EUA), promete revolucionar os exames médicos. Aplicada direto na pele, ela se transforma em um sensor de biomonitoramento após secar. Esse material consegue ler os sinais elétricos do corpo humano e transformá-los em dados clínicos, monitorando o coração, os músculos e o cérebro de forma muito mais eficiente. A descoberta foi divulgada na revista científica *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS).

Dispositivos eletrônicos epidérmicos, conhecidos como tatuagens eletrônicas, existem há mais de uma década. Essas estruturas aderem à pele sem a necessidade de adesivos convencionais, são praticamente imperceptíveis e costumam ser aplicadas como tatuagens temporárias. Compostos por polímeros ultrafinos com circuitos integrados, esses dispositivos permitem monitorar sinais elétricos e outras informações fisiológicas, como temperatura e deformação da pele.

Apesar dos avanços, as “e-tatuagens”, como também são chamadas, ainda apresentam limitações importantes. Elas não funcionam adequadamente em superfícies

muito curvas ou com pelos e, para cobrir áreas maiores do corpo, exigem projetos personalizados para posicionar os eletrodos, já que os bio-sinais são distribuídos por diferentes regiões. Diante desses desafios, os cientistas têm buscado alternativas mais versáteis e criativas.

Carmem Gilardoni, pesquisadora do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), apoiada pelo IDOR Ciência Pioneira, explica que a tinta funciona para captar os sinais elétricos produzidos naturalmente pelo organismo. O coração, os músculos e o cérebro geram pequenos impulsos elétricos continuamente, que precisam ser captados por sensores em contato direto com a pele e conduzidos até um equipamento capaz de registrá-los. “É justamente essa a função da tinta desenvolvida pelos autores do trabalho.”

Depois de aplicada, a tinta seca rapidamente e forma um eletrodo extremamente fino, que funciona como um “fio” flexível capaz de captar esses sinais elétricos e transmiti-los a um pequeno dispositivo responsável pelas medições. Esse desempenho é resultado da combinação de diferentes componentes químicos. Um deles é o PEDOT:PSS, um polímero condutor

Wangqing Zhang



Pesquisadores agora podem pintar eletrodos para monitorar a atividade cardíaca, muscular ou cerebral de quem os usa, de forma estilosa

que permite a transmissão dos sinais elétricos com pouca perda. Outro componente forma uma matriz flexível que se adapta às pequenas irregularidades da pele, proporcionando um contato mais eficiente do que o obtido com eletrodos convencionais. Além disso, a tinta cria uma estrutura porosa e respirável, permitindo que a pele transpire normalmente e preservando

o funcionamento do eletrodo mesmo durante exercícios físicos ou em situações de transpiração intensa.

Segundo os autores do estudo, os sinais captados pela tatuagem eletrônica podem ser convertidos em diferentes exames médicos. A atividade elétrica do cérebro, por exemplo, é registrada pelo eletroencefalograma (EEG), utilizado para

acompanhar o funcionamento das células nervosas e auxiliar na investigação de alterações neurológicas. Já os impulsos elétricos do coração dão origem ao eletrocardiograma (ECG). Nos músculos, os sinais são registrados pela eletromiografia (EMG), que analisa a atividade muscular e ajuda no diagnóstico de doenças que afetam nervos e movimentos. (RL)