Conheça melhor cada parte da lavoura

Do preparo da área à colheita, informações para decidir onde olhar, o que investigar e onde agir.

Monitoramento integrado com drone, JOUAV JoLiDAR-1000, MicaSense Altum-PT e câmera RGB de alta resolução.

ANTES DO PLANTIO	DURANTE A SAFRA	NA COLHEITA
Entender o terreno Relevo, declividade e caminhos de escoamento da água.	**Enxergar as diferenças** Falhas, vigor, temperatura, altura e crescimento.	**Localizar dificuldades** Acamamento, desuniformidade e áreas que merecem avaliação prioritária.

O que o produtor recebe

Mapas por talhão: localização e dimensão das diferenças observadas.
Comparação entre visitas: evolução do crescimento e das áreas de atenção.
Pontos de vistoria: locais indicados para conferir causas e orientar o manejo.
Apoio à operação: zonas que podem subsidiar aplicações localizadas e o planejamento da colheita.

O VALOR DO CONJUNTO
Combinar o relevo e a estrutura 3D do LiDAR com o vigor e a temperatura do Altum-PT e os detalhes visuais da RGB ajuda a compreender a variabilidade da lavoura e direcionar a equipe de campo.

As páginas seguintes apresentam possibilidades de uso e resultados que podem ser entregues. Não representam resultados já obtidos nesta propriedade. O plano de visitas é ajustado ao ciclo, ao manejo e às condições de cada área.

Apresentação de possibilidades | Novembro de 2026

Cada sensor responde a uma pergunta

LiDAR | Como está o terreno e quanto a lavoura cresceu?

O JoLiDAR-1000 registra pontos em três dimensões. A partir deles, são produzidos mapas do terreno e da altura da vegetação. Repetindo o levantamento, é possível acompanhar mudanças na estrutura da lavoura.

Resultado apresentado	Possibilidade para o produtor
Relevo e declividade	Apoiar planejamento de linhas de plantio, conservação do solo e avaliação de drenagem.
Altura e uniformidade	Encontrar zonas com crescimento reduzido ou excessivo.
Acamamento e mudanças estruturais	Localizar danos e acompanhar a evolução, com evidência especialmente relevante no milho.
Volume da vegetação	Apoiar avaliações de porte do algodão e projetos de aplicação variável.

Altum-PT | Onde há diferenças de vigor e temperatura?

As imagens multiespectrais permitem gerar índices de vegetação, como NDVI e NDRE. O canal térmico mostra diferenças de temperatura aparente. Juntas, essas informações ajudam a localizar zonas que merecem atenção por possível estresse e desenvolvimento desigual. [2]

RGB | O que pode ser visto com mais detalhe?

A câmera de alta resolução permite examinar falhas nas linhas, manchas de plantas daninhas, danos visíveis e abertura de capulhos, conforme a resolução e as condições do voo. A câmera RGB adicional consta no plano-base; sua disponibilidade deve ser confirmada.

EXEMPLO DE INTERPRETAÇÃO
Uma área com plantas mais baixas, menor vigor e temperatura mais elevada torna-se prioridade de vistoria. A equipe vai até a zona indicada para conferir água, raízes, nutrição e sanidade antes de decidir a intervenção.

Da imagem à decisão: coleta no drone / processamento e mapas / conferência no campo / decisão com o responsável técnico. A operação simultânea de todos os sensores depende da compatibilidade com a aeronave. [1,2]

Soja | Uniformidade do plantio à colheita

Objetivo: localizar falhas, acompanhar diferenças de crescimento e vigor e direcionar a avaliação das áreas que podem limitar o desempenho do talhão.

Quando acompanhar	Sensores e resultado entregue	Como o produtor pode usar
Pré-plantio	**LiDAR** Mapa do terreno, declividade e caminhos potenciais de escoamento.	Planejar operações e avaliar pontos sujeitos a erosão ou acúmulo de água, com verificação no campo.
V2-V3 Vegetativo inicial	**RGB + Altum-PT** Mapa de falhas, cobertura inicial e diferenças de vigor.	Conferir estande e causas das falhas; avaliar se há viabilidade de correção ou replantio.
V4-V6 Antes do fechamento	**RGB** Mapa de manchas de plantas daninhas e falhas nas linhas.	Direcionar a inspeção e avaliar aplicações localizadas após validar a identificação.
V7-V8 Vegetativo desenvolvido	**Altum-PT + LiDAR** Mapa de vigor e altura; zonas mais e menos uniformes.	Selecionar pontos de amostragem e comparar o desenvolvimento das diferentes partes do talhão.
R1-R3 Floração e formação de vagens	**Altum-PT + LiDAR** Diferenças térmicas e de vigor; evolução da altura desde a visita anterior.	Priorizar vistoria de estresse hídrico, nutrição e sanidade e acompanhar a evolução das áreas de atenção.
R5-R7 Enchimento e maturação	**Altum-PT + RGB** Mapa de senescência e desuniformidade. **LiDAR por evento:** alteração de porte.	Apoiar avaliação de maturação e logística de colheita; verificar suspeitas de acamamento.

RESULTADO PARA MOSTRAR AO PRODUTOR
Um mapa do talhão com zonas de desenvolvimento, fotos dos pontos de atenção e comparação entre datas. A entrega indica onde estão as diferenças e quais locais precisam de vistoria primeiro.

Prioridade do LiDAR: altura e uniformidade. A pesquisa em soja sustenta melhor a medição de altura do que ganhos automáticos na estimativa de área foliar. Acamamento na soja deve ser validado localmente. [3]

Referência do plano original: V2-V3, 2-3 semanas; V4-V6, 4-5; V7-V8, 6-7; R1-R3, 8-9; R5-R7, 11-13. As semanas são indicativas: o estádio observado determina a visita.

Milho | Crescimento e acamamento

Objetivo: acompanhar a uniformidade de desenvolvimento, localizar sinais de estresse e identificar áreas acamadas para apoiar a avaliação e a colheita.

Quando acompanhar	Sensores e resultado entregue	Como o produtor pode usar
Pré-plantio	**LiDAR** Mapa do terreno e do escoamento superficial potencial.	Apoiar o planejamento conservacionista, as linhas de plantio e a organização das operações.
V3-V4 Estabelecimento	**RGB + Altum-PT** Mapa de falhas e desuniformidade inicial.	Conferir população, emergência e registros da plantadeira nas áreas indicadas.
V5-V7 Vegetativo jovem	**RGB + Altum-PT** Manchas de daninhas e anomalias térmicas. **LiDAR em V6-V8:** altura inicial.	Direcionar manejo de daninhas e estabelecer a primeira referência de crescimento.
V8-V12 Crescimento intenso	**Altum-PT + LiDAR** Mapa de vigor, altura e uniformidade; comparação com o voo anterior.	Apoiar amostragem e avaliação nutricional. Decisões de adubação consideram a janela e o potencial de resposta.
VT-R1 Pendoamento e florescimento	**Altum-PT** Mapa térmico e de vigor. **LiDAR:** estrutura da lavoura.	Priorizar vistorias de estresse e, se houver irrigação, cruzar os sinais com clima e umidade do solo.
R5-R6 / após ventos Avaliação de danos e colheita	**LiDAR + RGB + Altum-PT** Mapa de acamamento, altura remanescente e diferenças de senescência.	Localizar áreas afetadas e apoiar a sequência de colheita, conferindo maturidade e umidade dos grãos.

RESULTADO PARA MOSTRAR AO PRODUTOR

Mapa das áreas acamadas com localização e hectares afetados, acompanhado de imagens e evolução entre visitas. A comparação ajuda a avaliar a recuperação do porte e a organizar a vistoria e a colheita.

Ampliação possível: estimativa de biomassa por integração LiDAR + multiespectral, após calibração com matéria seca coletada no campo. Biomassa não equivale à produção de grãos. [4,5]

Referência do plano original: V3-V4, 2-3 semanas; V5-V7, 4-5; V8-V12, 6-8; VT-R1, 9-10; R5-R6, 12-15. Confirmar o estádio no campo; voos após danos dependem da ocorrência do evento.

Algodão | Porte e crescimento por zona

Objetivo: acompanhar o estabelecimento e a evolução do porte, apoiar a avaliação de reguladores e identificar diferenças relevantes para a preparação da colheita.

Quando acompanhar	Sensores e resultado entregue	Como o produtor pode usar
Pré-plantio	**LiDAR** Mapa do terreno, declividade e feições erosivas visíveis.	Apoiar o planejamento de linhas de plantio e a avaliação de conservação do solo e drenagem.
Estabelecimento	**RGB + Altum-PT** Mapa de falhas, cobertura e vigor inicial.	Conferir estande e investigar manchas antes de definir correções.
Botão floral	**LiDAR + Altum-PT + RGB** Altura e volume de referência, vigor e manchas visíveis.	Identificar zonas de porte diferente e direcionar vistorias de daninhas e sanidade.
Florescimento / maçãs	**LiDAR repetido + Altum-PT** Mapa de altura, taxa de crescimento e vigor.	Apoiar a definição de zonas para avaliação de regulador, considerando cultivar, água e carga reprodutiva.
Abertura de capulhos	**RGB + Altum-PT** Diferenças de abertura visível, cobertura foliar e sinais de estresse.	Priorizar vistorias de maturação e sanidade e identificar áreas com evolução desigual.
Pré-colheita	**RGB + Altum-PT** Uniformidade da cobertura e da abertura. **LiDAR:** se houver porte irregular.	Apoiar planejamento da desfolha e colheita, com conferência da maturidade e recomendação agronômica.

RESULTADO PARA MOSTRAR AO PRODUTOR

Mapa com zonas de algodão de menor e maior porte e comparação da taxa de crescimento entre visitas. Essas informações ajudam o agrônomo a avaliar a necessidade de manejo diferenciado de reguladores. [6]

Ampliação possível: usar o volume da vegetação em projetos de pulverização variável. Isso exige validar mapas, controle de vazão, deposição e eficácia da aplicação; o sensor sozinho não define dose. [7]

Referência do plano original: estabelecimento, 2-3 semanas; botão floral, 6-8; florescimento/maçãs, 9-11; abertura, 13-16; pré-colheita, 17-20. Ajustar a visita ao ciclo e ao estádio efetivo.

Uma entrega que orienta a próxima ação

A apresentação de cada talhão deve permitir ao produtor reconhecer o problema, localizar a área e entender o próximo passo.

Entrega	O que aparece no material do produtor
1. Visão do talhão	Mapa com limites, data, cultura, estádio e identificação das zonas de atenção.
2. Tamanho da ocorrência	Área em hectares e percentual do talhão, conforme a qualidade e a validação do mapeamento.
3. Evidências	Imagem visual, mapa de altura, vigor ou temperatura, conforme a pergunta de manejo.
4. Evolução	Comparação com visitas anteriores: crescimento, persistência ou expansão da ocorrência.
5. Encaminhamento	Pontos de vistoria e perguntas para o campo; após diagnóstico, zonas que podem apoiar a intervenção.

Exemplo ilustrativo | Algodão no florescimento

Pergunta do produtor: o crescimento está uniforme ou existem zonas que precisam de avaliação diferenciada?

Coleta: LiDAR mede a estrutura e permite comparar altura entre datas; Altum-PT mostra diferenças de vigor; RGB ajuda a interpretar a aparência da área.

Entrega: mapa de porte e crescimento, zonas contrastantes e pontos de vistoria. O agrônomo verifica cultivar, entrenós, água e carga reprodutiva para avaliar o manejo de reguladores.

COMO AVALIAR O RETORNO NA FAZENDA
Na primeira safra, registrar área mapeada, ocorrências confirmadas, horas de vistoria, área efetivamente tratada e consumo de insumos. Comparar custos e resultados com uma referência adequada. A economia deve ser demonstrada pelos dados da operação.

Como organizar as visitas

Começar com uma referência do terreno e selecionar os estádios que respondem às decisões de manejo da fazenda. Repetir LiDAR quando houver uma pergunta sobre crescimento ou dano estrutural. Acrescentar visitas após eventos relevantes, como vento forte ou manchas que se expandem.

Não é necessário utilizar todos os sensores em toda visita. O planejamento deve considerar a pergunta de manejo, a capacidade do drone e a qualidade necessária para cada entrega.

Quanto a aplicação variável pode economizar?

O monitoramento ajuda a localizar onde e quanto aplicar. As pesquisas mostram economias relevantes em tratamentos específicos, mas o percentual no custo total depende do orçamento e das condições de cada fazenda.

Cultura / aplicação	Resultado da pesquisa	O que o percentual representa
Soja Herbicida localizado	**18% e 44%** em dois campos avaliados. [E1]	Redução de herbicida frente à aplicação uniforme, com controle considerado satisfatório.
Milho Nitrogênio em taxa variável	**19,4%** no experimento consultado. [E2]	Redução da quantidade de nitrogênio aplicada; não é redução de todos os fertilizantes ou do custo total.
Milho Herbicida por mapa de drone	**26,23%** da área deixou de ser pulverizada. [E3]	Área sem aplicação. A economia em produto e dinheiro depende da dose, do preço e dos custos operacionais.
Algodão Regulador em taxa variável	**32% a 43%** nos cenários avaliados. [E4]	Redução calculada no custo do regulador a partir dos mapas e estratégias de aplicação; não é a economia total da safra.
Algodão Pulverização baseada em LiDAR	**43,37%** no sistema experimental. [7]	Redução do volume de calda. Não equivale automaticamente à mesma redução de defensivo ou de custo.

COMO APRESENTAR ESSES NÚMEROS

Há evidências de redução expressiva em aplicações específicas. Para saber quanto isso representa por hectare na sua fazenda, calculamos o peso de cada tratamento no orçamento e descontamos os custos adicionais do monitoramento e da aplicação variável.

Onde cada cultura pode encontrar oportunidades

Soja: aplicações localizadas em manchas de plantas daninhas.
Milho: ajuste espacial da adubação e aplicação localizada de herbicidas.
Algodão: manejo de reguladores por zona e projetos de pulverização conforme a estrutura da vegetação.

São resultados de estudos com diferentes equipamentos, métodos e áreas. Não existe ainda um percentual validado especificamente para o conjunto JoLiDAR-1000 + Altum-PT nesta propriedade. Taxa variável pode redistribuir o insumo sem reduzir o total aplicado.

Do percentual no insumo ao resultado da fazenda

Exemplo ilustrativo de cálculo

Os valores abaixo são uma simulação para explicar a conta. Não representam orçamento ou previsão de resultado de nenhuma das três culturas.

Item	Valor do exemplo
Custo de manejo considerado	R$ 3.000/ha
Gasto com herbicidas elegíveis à aplicação localizada	R$ 600/ha
Redução simulada nesse gasto	30%
Economia bruta com o herbicida	R$ 180/ha
Participação no custo de manejo	6% antes dos custos adicionais

A CONTA QUE INTERESSA AO PRODUTOR
Economia líquida por hectare = gastos evitados com insumos e operações - custos adicionais do monitoramento e da aplicação variável.
Economia líquida (%) = economia líquida por hectare / custo de manejo de referência por hectare × 100.

Neste exemplo, a economia líquida será inferior a 6% depois dos custos adicionais. A conta deve considerar o serviço de mapeamento, processamento e amostragem, eventuais operações extras e, em operação própria, a parcela dos equipamentos e demais custos atribuída à área.

Os percentuais não se somam: reduzir 19% no nitrogênio e 26% em uma aplicação de herbicida não significa economizar 45% no milho. Cada item tem um peso diferente no orçamento. Ganhos de produtividade, quando medidos, entram como receita adicional em uma análise separada.

Dados necessários para estimar o retorno por cultura

Área e gastos por hectare com fertilizantes, herbicidas, fungicidas, inseticidas, reguladores/desfolhantes e operações; tratamentos que podem ser alterados; custo do monitoramento e da aplicação variável; e resultados de controle e produtividade da área de referência.

Fontes dos indicadores econômicos

E1. Soja | Site-specific weed management applying post emergence herbicides in soybean (2002)

E2. Milho | Economic benefit analysis of variable-rate fertilization technology... (2017)

E3. Milho | Site-specific weed management in corn using UAS imagery... (2023)

E4. Algodão | Zonal application maps for variable-rate crop growth regulators (2025)

A fonte [7], sobre volume de calda com LiDAR no algodão, está na página seguinte.

Possibilidades apoiadas por pesquisa

Cultura / uso	O que os estudos demonstraram
Soja | altura	Modelos com R^2 superior a 0,75 na validação. O estudo não encontrou ganho significativo de LiDAR para área foliar. [3]
Milho | acamamento	Estimativa de altura com RMSE de 12,7 cm no experimento. A recuperação do porte não prova recuperação completa de raízes e colmos. [4]
Milho | biomassa	A combinação LiDAR + multiespectral melhorou a estimativa frente aos sensores isolados no estudo. [5]
Algodão | altura	Estudo avaliou aquisição e processamento para medição de altura, relevante ao acompanhamento do porte e manejo de reguladores. [6]
Algodão | pulverização	Sistema experimental baseado em volume do dossel reduziu 43,37% do volume de calda, mantendo eficácia nas condições avaliadas. Não é promessa de economia ou redução automática de dose. [7]

Os trabalhos utilizaram diferentes sensores e condições de campo. Eles demonstram possibilidades da tecnologia LiDAR, não resultados garantidos para o JoLiDAR-1000 nesta propriedade.

Condições para uma demonstração confiável

Validar a instalação na aeronave e a qualidade dos mapas em uma área inicial. Confirmar ocorrências no campo. Índices e temperatura não identificam sozinhos pragas, doenças ou deficiências; produtividade requer modelo calibrado. Mapas apoiam decisões do produtor e do responsável técnico.

Fontes para consulta

1. JOUAV | JoLiDAR-1000

2. MicaSense | Altum-PT Integration Guide

3. Soja | Toward Multi-Stage Phenotyping of Soybean... (2023)

4. Milho | Analysis of Plant Height Changes of Lodged Maize... (2020)

5. Milho | Estimation of maize above-ground biomass... (2019)

6. Algodão | Optimizing UAV LiDAR Data Collection in Cotton... (2025)

7. Algodão | Extraction of crop canopy features... variable spraying (2024)

Base do calendário: cronograma_monitoramento_avancado.pdf, fornecido pelo solicitante, 3 páginas. Proposta adaptada para demonstração ao produtor; estádios e visitas devem ser ajustados a cada propriedade.