



**ARTHUR DE PAULA METZKER**

**AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DE FEIJÃO  
COMUM USANDO IMAGEM RGB**

**LAVRAS – MG  
2023**

**ARTHUR DE PAULA METZKER**

**AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DE FEIJÃO COMUM USANDO  
IMAGEM RGB**

Monografia apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do Curso de  
Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Adão Felipe dos Santos

Orientador

Marcelo Araújo Junqueira Ferraz

Coorientador

**LAVRAS-MG  
2023**

**ARTHUR DE PAULA METZKER**

**AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DE FEIJÃO COMUM USANDO  
IMAGEM RGB**

**EVALUATION OF COMMON BEAN VEGETATION COVERAGE USING RGB  
IMAGE**

Monografia apresentada à  
Universidade Federal de Lavras, como  
parte das exigências do Curso de  
Agronomia, para a obtenção do título  
de Bacharel.

APROVADO em 13 de março de 2023  
Dr. Adão Felipe dos Santos UFLA  
Jéssica Elaine Silva UFLA  
Thiago Orlando Costa Barboza UFLA

Prof. Dr. Adão Felipe dos Santos

Orientador

Marcelo Araújo Junqueira Ferraz

Coorientador

**LAVRAS-MG  
2023**

Aos meus pais Carlos e Márcia  
As minhas avós Joana D'arc e Marli Fonseca.  
Ao meu avô Vicente de Paula (*in memoriam*)  
Por todo apoio carinho e por serem meus maiores  
exemplos de vida.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e Nossa Senhora Aparecida pela benção da vida e todas as oportunidades que me permitiram chegar onde cheguei com saúde e sabedoria.

Aos meus pais e meu irmão que contribuíram e contribuem com muito amor e carinho, e que são meus maiores exemplos de vida me inspirando a ser um grande profissional sempre com ética e honestidade.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade da graduação em Agronomia.

Ao meu orientador, Adão Felipe dos Santos, pelos ensinamentos, pelo apoio e principalmente por me motivar e acreditar na minha capacidade.

Ao meu coorientador, Marcelo Ferraz, que sempre se mostrou disposto a tirar minhas dúvidas e auxiliar no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, e a todos que fazem ou fizeram parte dele que me proporcionaram grandes aprendizados durante a minha iniciação científica.

Aos núcleos de estudos NEACI e GEPAD que me transformaram em um profissional preparado para trabalhar em equipe e enfrentar grandes desafios.

A todos os amigos que fiz durante a graduação por todo o apoio e por tornarem melhores os meus dias na Universidade.

À toda minha família e amigos, que me apoiaram no meu sonho e contribuíram ativamente na minha formação.

| **Muito Obrigado!**

## RESUMO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*) é uma das mais importantes fontes de proteína na dieta do brasileiro. Isso faz com que o monitoramento dessa cultura seja importante na antecipação das informações sobre a produtividade, produção e na detecção de problemas que possam afetar o seu desenvolvimento. O crescente uso dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no monitoramento das culturas a partir de técnicas de aerofotogrametria permitem a coleta de informações precisas da cultura possibilitando ações pontuais na lavoura. Nesse contexto, objetivou-se verificar a eficiência do uso de câmeras RGB na avaliação da cobertura vegetal ao longo do ciclo. O experimento foi instalado em Dezembro de 2022 em uma área de 7.8 hectares localizada no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da UFLA- Fazenda Muquém em Lavras- MG, foi utilizada a variedade de feijão carioca ANfc 9, em um espaçamento de 0,6m. Foram realizados 6 voos em diferentes datas a 70m de altura com 80% de sobreposição frontal e lateral utilizando o VANT do modelo *DJI Phantom 4* equipado com câmera RGB. Em cada data foram utilizados 28 pontos amostrais georreferenciados. Para avaliação da cobertura vegetal das plantas do feijão, foi gerado um ortomosaico de cada voo utilizando o software *Agisoft Metashape*, logo após os ortomosaicos foram alinhados e classificados em solo e planta para exclusão do solo e realização do cálculo de cobertura vegetal realizado por meio da contagem de pixels utilizando o software *Qgis*. De modo paralelo para comparação a largura das plantas foi mensurada com o auxílio de uma trena de forma manual. O uso de VANT's mostrou-se recomendado para o acompanhamento da cobertura vegetal com o uso de imagens RGB

**Palavras chave:** VANT, Feijão comum, Imagem RGB, Cobertura Vegetal

## ABSTRACT

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the most important sources of protein in the Brazilian diet. This makes monitoring this crop important for anticipating information about productivity, production, and detecting problems that may affect its development. The increasing use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in crop monitoring through aerophotogrammetry techniques allows for the collection of precise information on the crop, enabling specific actions in the field. In this context, the objective was to verify the efficiency of using RGB cameras to assess vegetation cover throughout the cycle. The experiment was installed in December 2022 in an area of 7.8 hectares located at the Center for Scientific and Technological Development of UFLA-Fazenda Muquém in Lavras-MG, using the ANfc 9 variety of carioca beans with a spacing of 0.6m. Six flights were conducted at different dates at a height of 70m with 80% frontal and lateral overlap using the DJI Phantom 4 UAV equipped with an RGB camera. Twenty-eight georeferenced sampling points were used on each date. To evaluate bean plant vegetation cover, an orthomosaic was generated for each flight using Agisoft Metashape software, and then the orthomosaics were aligned and classified into ground and plant to exclude the ground and perform vegetation cover calculation by counting pixels using Qgis software. In parallel, plant width was measured manually using a tape measure for comparison. The use of UAVs proved to be recommended for monitoring vegetation cover using RGB images.

**Keywords:** UAV, Common Bean, RGB image, Vegetation Cover

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
	2.1 FEIJÃO NO BRASIL.....	9
	2.2 MONITORAMENTO DO FEIJOEIRO.....	11
	2.3 FENOLOGIA .....	11
	2.4 -AGRICULTURA DE PRECISÃO .....	12
	2.5 VANT- .....	13
	2.6 GEOPROCESSAMENTO-.....	14
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	15
	3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE EXPERIMENTO.....	15
	3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS.....	16
	3.3 PROCESSAMENTO DE IMAGENS .....	18
	3.3.1- ORTOMOSAICO .....	18
	3.3.2- CÁLCULO DA COBERTURA VEGETAL .....	19
	3.4 -ANÁLISE DE DADOS .....	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	20
5	CONCLUSÃO.....	24
	REFERÊNCIAS .....	25

## 1 INTRODUÇÃO

Cultivado e consumido em todo o mundo o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é considerado a principal leguminosa fonte de proteína utilizada na alimentação, considerado como fonte de nutrientes e minerais pode ser utilizada em programas de nutrição para prevenção de doenças. Atualmente o Brasil é o segundo maior produtor mundial de feijão comum, atrás somente da Índia. A produção no país representa um total de 2,8 milhões de toneladas do grão (FAOSTAT, 2021).

Com a possibilidade do cultivo em três safras distintas no território brasileiro, é possível a produção em todas as zonas agrícolas do país, sobretudo nos estados de Paraná, Bahia, Ceará e Minas Gerais. No estado de MG, considerado terceiro maior estado produtor do Brasil se destacam a primeira e terceira safra, sendo a primeira safra a que possui maior área plantada e a terceira a safra com maior produtividade (CONAB, 2022).

Apesar da produção do feijão no Brasil apresentar bons números, o manejo realizado pelos produtores ainda necessita de melhorias, visando acompanhar a lavoura de forma periódica e considerando as características presentes na área visando o melhor desempenho da cultura (COMISSÃO TÉCNICA SUL- BRASILEIRA DE FEIJÃO, 2012; CAMPOS, 2021).

Com isso as ferramentas de agricultura de precisão por considerarem a variabilidade no campo se mostram eficientes ao produtor auxiliando no monitoramento da lavoura e tornando ágil e precisa a tomada de decisões (ZHANG, 2002).

Os VANT'S estão entre as ferramentas de maior crescimento no acompanhamento da lavoura se mostrando eficientes no monitoramento não destrutivo da lavoura, através do seu uso é possível por meio das imagens geradas o acompanhamento da cobertura vegetal, monitoramento de doenças, incidência de plantas daninhas entre outros (TSOUROS, 2019). Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) na avaliação da cobertura vegetal do feijão por meio de imagens RGB a fim de otimizar o monitoramento da lavoura para as recomendações de manejo.

Dessa forma o uso de imagem RGB é recomendado para a avaliação da cobertura vegetal da cultura do feijão ao longo do seu ciclo de desenvolvimento.

## 2 - REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 - FEIJÃO

Segundo Didinger e Thompson (2022) para controlar o aumento das doenças crônicas a adoção de uma alimentação saudável priorizando fontes ricas em nutrientes é uma ótima ferramenta de prevenção, o feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*) considerado como principal leguminosa utilizada na alimentação, é considerada uma opção de alimento rico em nutrientes com alto teor de fibras e proteínas (UEBERSAX, 2022).

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2022), o feijão é cultivado em 35.920 M de hectares distribuídos no mundo, com produção aproximada de 27.716 M de toneladas sendo a Índia, o Brasil e o Myanmar os maiores países produtores.

O Brasil como segundo maior produtor do feijão no mundo é responsável por 2.776 milhões de hectares plantados de feijão e produção de 2.990 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2023). Com o cultivo realizado por pequenos e grandes agricultores, e com importante papel na alimentação da população brasileira o feijão assume grande responsabilidade social no país, além de gerar benefícios econômicos com o emprego de mão obra durante a produção (PACHECO, 2022; EMBRAPA, 2019)

A produção do feijão está presente na maior parte do estados do país, e com a disponibilidade de diversas cultivares, manejos e tecnologias disponíveis o cultivo do feijão é possível em três diferentes safras que são divididas entre, primeira safra também conhecida como safra das águas, segunda safra ou safra da seca e terceira safra ou safra outono inverno. (LANDAU; MOURA, 2020).

A divisão das safras é feita de acordo com a época de semeadura da cultura, o feijão de primeira safra ou safra das água é semeado de outubro a dezembro, o feijão de segunda safra ou safra das secas é semeado de fevereiro a março e o de terceira safra ou de inverno é semeado a partir de março (CATÃO, 2020).

Segundo a estimativa de produção do feijão nos estados brasileiros realizada pela Conab (2022) os quatro maiores estados produtores contabilizando as três safras são, Paraná, Bahia, Ceará

e Minas Gerais respectivamente. Na safra 21/22 em Minas Gerais (MG) foram cultivadas 314,5 mil ha de feijão somadas as três safras. No estado de MG se destacam a primeira e terceira safra, sendo a primeira safra a que possui maior área plantada e a terceira a safra com maior produtividade. O cultivo do feijão no Brasil apresenta queda nos últimos anos o que torna preocupante pela sua importância econômica- social, só em MG um dos estados mais produtores a queda foi de cerca de 19,3 % em área de terceira safra e 2,2% em áreas de primeira safra, as duas principais épocas de cultivo no estado (CONAB, 2022).

A queda nas áreas de produção do feijão pode ser explicada parcialmente pela expansão na produção de outras culturas mais atrativas ao mercado que estão em plena expansão como a cana de açúcar e a soja. Mesmo com queda nas áreas de produção o país tem condições de aumentar a produtividade por área com uso de técnicas que favorecem o produtor no manejo da cultura (ASSUNÇÃO, 2013).

O uso de VANT no feijão favorece aos agricultores no melhor controle da lavoura, possibilitando o auxílio na tomada de decisões nos momentos corretos em que as atividades devem ocorrer (FURLANETTO, 2017). Possibilitando o controle de estresses através do monitoramento do crescimento do feijoeiro e identificação de doenças (RANJAN, 2019).

## **2.2 MONITORAMENTO DO FEIJOEIRO**

O monitoramento da lavoura é um procedimento essencial para a manutenção da produtividade e qualidade das culturas agrícolas e quando feito de forma não destrutiva com técnicas que possibilitam medir com eficiência e rapidez torna possível identificar e controlar as pragas e doenças que ameaçam as plantas, além de ajustar as práticas de manejo para maximizar a produção (WANG et al., 2019).

O acompanhamento da lavoura de feijão se faz necessário pelos diversos fatores que podem afetar o crescimento das plantas, como diferentes taxas de nutrientes como nitrogênio (N) e fósforo presentes no solo que interferem diretamente no crescimento e rendimento da cultura (LAVRENKO, 2021). Outro fator de importância que pode ser controlado com maior facilidade efetuando um monitoramento adequado da lavoura são os ataques de pragas e doenças do feijoeiro que causam grandes perdas na produção (LAIZER, 2019).

O monitoramento dos fatores que podem afetar a produção do feijoeiro auxilia na tomada

de decisão e na resolução dos problemas. (QUINTELA, 2005). Com a necessidade do acompanhamento do crescimento são grandes as dificuldades com os métodos tradicionais por serem subjetivos e de baixa precisão, com isso o uso dos VANT são crescentes na atividade melhorando a precisão e o rendimento da operação.

### **2.3 FENOLOGIA**

Os caracteres morfológicos utilizados para investigar as fases periódicas sazonais do ciclo de vida de plantas e animais, são denominadas fenofases, tais como crescimento, a brotação e floração de plantas, o amadurecimento de culturas agrícolas, e o aparecimento de insetos (RUSHING; WELTZIN, 2009).

O conhecimento das fases fenológicas do feijão é uma ferramenta eficaz que permite observar as necessidades da planta que possibilitarão manejar a cultura de modo que permita seguir seu desenvolvimento normal alcançando altas produtividades (OLIVEIRA et al., 2018).

A escala de desenvolvimento do feijoeiro compreende duas grandes fases: a fase vegetativa e a fase reprodutiva, as quais são subdivididas em dez estágios distintos (FIGURA 1). A fase vegetativa (V) é constituída pelos estágios V0 etapa da germinação onde ocorre a absorção de água pela semente e emissão da radícula, V1 etapa da emergência onde os cotilédones se encontram acima do nível do solo, V2 etapa inicia quando as primeiras folhas se apresentam totalmente expandidas e termina na abertura do primeiro trifólio, V3 etapa que se inicia com a abertura do primeiro trifólio e se encerra quando o segundo trifólio apresenta pleno crescimento, V4 que é a etapa que ocorre a abertura do terceiro trifólio e só termina com o surgimento dos botões florais (EMBRAPA, 2019).

Já fase reprodutiva (R) é composta pelos estágios R5 etapa onde aparece o primeiro botão floral, R6 etapa que ocorre a abertura da primeira flor, R7 etapa onde se inicia a formação das vagens, R8 se inicia o enchimento das vagens e na etapa R9 ocorre a maturação das vagens (QUINTELA et al. , 2005)

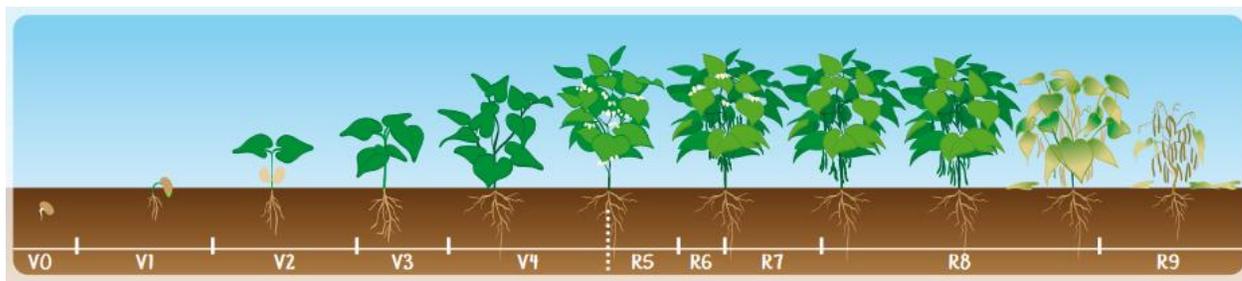


Figura 1 – Fenologia do feijoeiro

Fonte: EMBRAPA, 2019.

Entre as fases vegetativas e reprodutivas são necessárias atenções em diversos aspectos que podem indicar desde ataques de pragas e doenças a sintomas de deficiências nutricionais e escassez hídrica (OLIVEIRA et al., 2018).

## 2.4 AGRICULTURA DE PRECISÃO

A agricultura de precisão (AP) é considerada como um sistema de controle da lavoura que considera a variabilidade espacial e temporal dentro do campo, buscando otimizar os sistemas de produção com uma agricultura sustentável e com maior retorno financeiro (ZHANG, 2002). Ainda, de acordo com Shafi (2019) o uso das ferramentas de agricultura de precisão permite ao agricultor monitorar os parâmetros necessários e o manejo adequado dos mesmos para manter a saúde das plantas com base nos dados coletados da lavoura.

Conforme estudo realizado por Borges (2022) as ferramentas preferidas pelos agricultores são os instrumentos de navegação, o mapeamento da variabilidade do solo, aplicações em taxa variável de fertilizantes e defensivos, controle georreferenciado de atividades e definições de zonas de produtividade.

Dentre os parâmetros a serem avaliados pelo agricultor estão as variabilidades de topografia do campo, da fertilidade do solo, das características da cultura e cultivar escolhidas, do histórico de infestações de plantas daninhas, insetos e doenças (ZHANG, 2002).

## 2.5 VANT

Conforme Tsouros (2019) o sensoriamento remoto aliado aos Veículos aéreos não tripulados (VANT) são uma forma não destrutiva de coletar dados da lavoura através de imagens de forma fácil e rápida auxiliando o produtor na busca de soluções para manejo da lavoura.

O sensoriamento remoto aplicado a agricultura de precisão auxilia na identificação de fatores que podem interferir na saúde da lavoura por meio de informações confiáveis. Aliado ao uso dos VANT's é possível identificar modificações no dossel como, a influência de bactérias no crescimento do feijão (DESOUZA, 2022), o crescimento precoce do feijoeiro para criação de novas variedades (PARKER, 2020), avaliação de estresses no rendimento do feijão (RANJAN, 2019) entre outros.

Os tipos de VANT frequentemente utilizados na agricultura podem ser classificados de dois tipos, de asa rotativa ou asa fixa (FIGURA 2). Os VANT's de asa rotativa são caracterizados por boa estabilidade e fácil controle podendo ser do tipo helicóptero ou multi-rotor que são os mais utilizados na agricultura. Os de asa fixa são caracterizados pela capacidade de cobrir áreas maiores e maior resistência, tendo como particularidade a necessidade de uma pista para decolar ou auxílio de uma catapulta (TSOUROS, 2019).

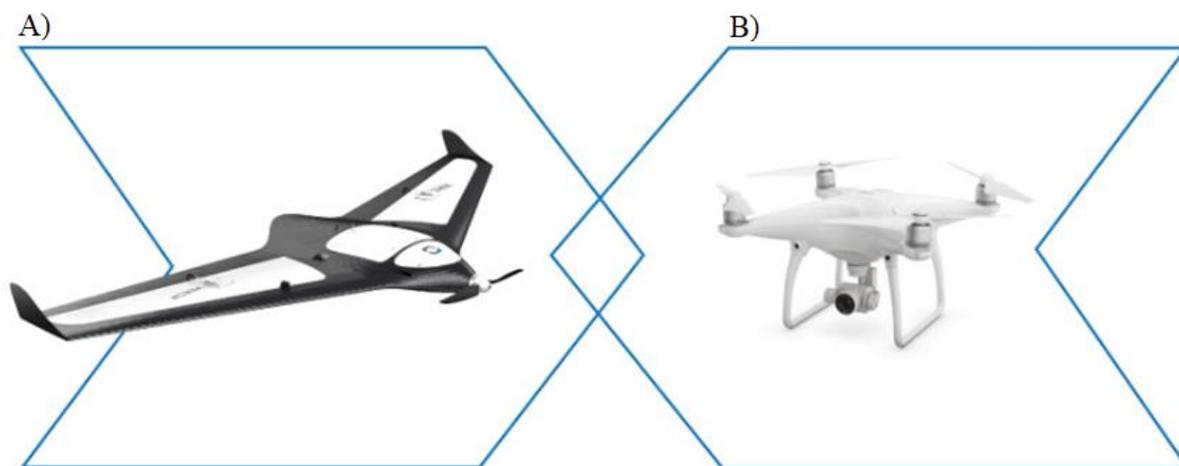


Figura 2. Tipos de VANT's. Asa fixa (A) e Asa rotativa (B).

Fonte: Mappa

Dentre os sensores disponíveis para uso em drones os mais utilizados na agricultura são os RGB, os multiespectrais e os hiperespectrais (SOUSA, 2017) (FIGURA 3).



Figura 3– Sensor RGB, sensor Multiespectral, sensor Hiperespectral

Fonte: DJI; UAVDRONE

Os sensores RGB captam na faixa de luz do visível, fornecendo imagens de alta resolução espacial, os sensores multiespectrais captam as bandas R, G, B, Red- edge, NIR, SWIR e termais, que caracterizam melhor os espectros da vegetação, e os sensores hiperespectrais que captam centenas de ondas estreitas em cada pixel da imagem diferente da multiespectral que capta apenas intervalos de onda. (PRUDKIN, 2019).

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi instalado em uma área de 7.8 hectares localizada no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Universidade Federal de Lavras (UFLA) - Fazenda Muquém, município de Lavras - Minas Gerais, situada com latitude 21°12'20.0" sul e longitude 44°58'48.2" oeste. O solo da área de cultivo apresenta relevo suave ondulado, classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Vermelho- Amarelo com relevo suave ondulado (PRPUFLA, 2014).

No dia 15 de fevereiro de 2022 foi realizada a semeadura do experimento utilizando a cultivar de feijão carioca ANfc 9, com espaçamento de 0,6 metros entre as linhas e densidade populacional de 250.000 plantas por hectare. A cultivar possui porte semi-ereto considerado Tipo II, com ciclo de até 94 dias, é caracterizada por sua ampla adaptação de plantio na região onde o experimento foi implantado.

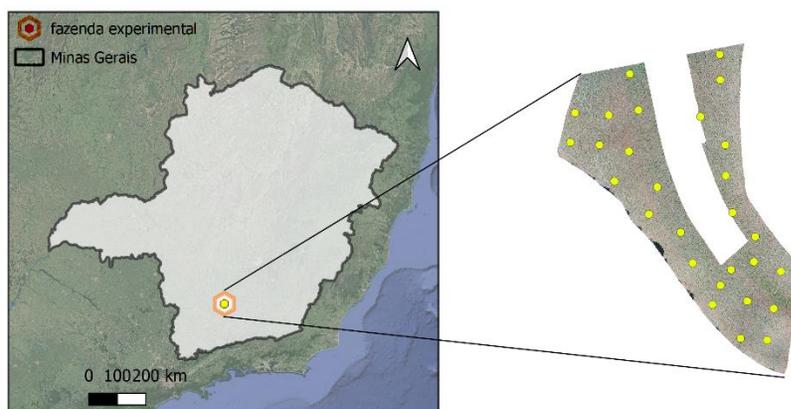


Figura 4 – Indicação geográfica da área experimental do trabalho localizado no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da UFLA – Fazenda Muquém.

Fonte: Do autor, 2023.

#### 3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Foram realizadas seis visitas ao campo que se iniciaram no dia 02/03/2022, as visitas foram

feitas datas distintas para a coleta manual de dados e imagens aéreas. Foram analisados 28 pontos amostrais que foram georreferenciados utilizando um aparelho de GPS Garmin. Em cada ponto amostral foram avaliadas a largura de cinco plantas com o auxílio de uma trena, utilizando como referência a ponta das folhas mais expandidas (FIGURA 5).



Figura 5– Coleta de dados da cultura do feijão.

Fonte: Do autor, 2022.

Para a coleta de imagens aéreas, utilizou-se um VANT (*Unmanned Aerial Vehicle*) *DJI Phantom 4 Advanced* (FIGURA 6) que possui uma câmera RGB acoplada.



Figura 6 – VANT utilizado para aquisição das imagens.

Fonte: Do autor, 2022.

O plano de voo foi elaborado por meio do aplicativo *Pix4D Capture* instalado em um dispositivo móvel com sistema operacional *IOS*. Os voos foram realizados a 70 metros de altura com sobreposição frontal e lateral de 80% e aos 15, 29, 38, 54, 66 e 81 dias após a semeadura (DAS) da cultura do feijão.

### 3.3 PROCESSAMENTO DAS IMAGENS

#### 3.3.1- Ortomosaico

As imagens obtidas foram processadas utilizando o *software Agisoft Software Metashape* (Agisoft LLC, São Petersburgo, Rússia). O *software* apresenta um fluxo de trabalho bem definido de fácil compreensão para a criação do ortomosaico (FIGURA 7).

O processo é iniciado com a adição das imagens no campo de trabalho, seguido pela etapa de alinhamento fotogramétrico das fotos, onde ocorre a fototriangulação das imagens que é o ajustamento das imagens por meio de uma interpolação, resultando em uma nuvem de pontos esparsos que acompanham o modelo da imagem. Posteriormente ocorre a geração de uma nuvem densa, na qual o software preenche os espaços vazios para aumentar a quantidade de pontos e representar com maior precisão a área mapeada.

Após a criação da nuvem densa, é construído um Modelo Digital de Elevação (DEM), que resulta em um ortomosaico no qual as imagens são ortorretificadas, finalizando a união das imagens registradas pelo VANT.

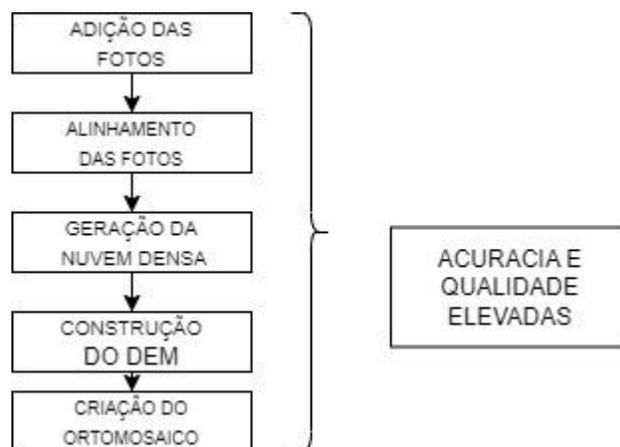


Figura 7 – Etapas para montagem do Ortomosaico no *software Agisoft Metashape*.

Fonte: Do autor

É de suma importância destacar que durante todas as fases executadas no programa *Agisoft Metashape*, o parâmetro de qualidade adotado foi elevado. Após a exportação dos ortomosaicos, estes foram submetidos ao processo de alinhamento utilizando a ferramenta *Georreferenciador* no software QGIS (QGIS Development Team, Open Source Geospatial Foundation). O alinhamento é necessário para que as parcelas a serem avaliadas possuam as mesmas coordenadas.

### 3.3.2 – Cálculo da cobertura vegetal

Para cálculo de estimativa da cobertura vegetal, foram executadas algumas etapas descritas a seguir. Foi criado um *shapfile* classificando separadamente solo e planta. Em seguida, calculou-se o índice de vegetação *Modified Photochemical Reflectance Index* (MPRI) proposto por Yang et al. (2008) (Equação 1), que fornece informações mais detalhadas sobre a cobertura vegetal da área tornando mais precisa a classificação.

$$\text{MPRI} = \frac{(\text{Verde} - \text{Vermelho})}{(\text{Verde} + \text{Vermelho})} \quad (1)$$

Para diferenciar o solo e a vegetação, foi utilizado treinamento supervisionado com o plugin de classificação Dzetsaka no QGIS usando modelo variacional de mistura gaussiana onde os grupos são descritos estatisticamente pelos parâmetros média,  $\mu$ , e matriz de covariância,  $\Sigma$  (PORTELA,2015). Com os elementos já diferenciados, o arquivo foi poligonizado de raster para vetor. Na tabela de atributos, foram selecionadas e deletadas as feições que correspondiam ao solo, restando no vetor apenas a camada de vegetação.

Posteriormente, as plantas foram recortadas no ortomosaico utilizando a ferramenta recortar raster pela camada de máscara. Em seguida, criou-se um *buffer* utilizando a ferramenta de geoprocessamento, alterando a distância de 10 para -0,5m com o objetivo de selecionar apenas a área onde foram coletadas as informações a campo.

A estatística zonal foi aplicada para contagem do número de pixels com presença de planta em cada parcela. O cálculo da cobertura vegetal foi realizado utilizando a ferramenta a calculadora de campo, do *software* QGIS (Equação 2):

$$\text{Cobertura Vegetal (\%)} = \frac{(\text{Número de pixel na parcela} \times \text{tamanho do pixel}) \times 100}{\text{Área da parcela}} \quad (2)$$

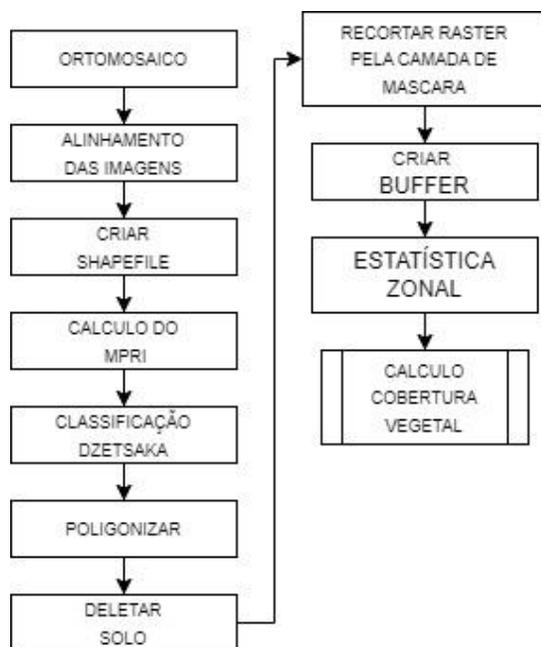


Figura 8– Fluxograma da montagem do Ortomosaico no *software* Agisoft Metashape

Fonte: Do autor, 2023.

### 3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram submetidos a uma correlação de Pearson para verificar a força e a direção da relação linear entre as variáveis. Posteriormente, foi realizada uma análise de regressão linear múltipla, na qual a análise de variância (ANOVA) explica a relação entre os valores de cobertura vegetal ao longo do ciclo da cultura, calculados pelas imagens registradas pelo VANT e pelos dados de campo. A avaliação do modelo de regressão ocorreu por meio dos valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e raiz quadrada média do erro (RMSE).

## 4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A correlação de Pearson realizada entre as variáveis obteve valor de 0,79, o que indica um alto e positivo grau de correlação entre as variáveis DAS e cobertura vegetal obtida por VANT e manualmente. Na análise estatística para regressão o teste F foi significativo ( $p < 0,05$ ), da mesma forma para cada variável (TABELA 1).

Estatística de regressão					
<b>R múltiplo</b>	0.823256279				
<b>R-Quadrado</b>	0.677750901				
<b>R-quadrado ajustado</b>	0.673844851				
<b>Erro padrão</b>	7.341837847				
<b>Observações</b>	168				
	GL	SQ	MQ	F	F de significação
<b>Regressão</b>	2	18705.61	9352.806	173.5131285	0.00
<b>Resíduo</b>	165	8893.926	53.90258		
<b>Total</b>	167	27599.54			
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	
<b>Interseção</b>	19.7465792	1.390469	14.20138	0.00	
<b>DAS</b>	0.180211671	0.033661	5.353657	0.00	
<b>Cobertura Vegetal por VANT</b>	0.230308485	0.021913	10.50994	0.00	

Tabela 1. Resultado ANOVA.

Ou seja, as variáveis DAS e cobertura vegetal por VANT contribuem significativamente para o modelo linear (FIGURA 9). O modelo se apresentou bem ajustado aos dados, com  $R^2=0,92$ , indicando que o modelo explica uma grande porção da variabilidade na variável dependente (Cobertura Vegetal Manual). Dessa forma, as imagens aéreas obtidas pelo VANT podem ser utilizadas para o acompanhamento da taxa de crescimento da cultura do feijão ao longo do tempo.

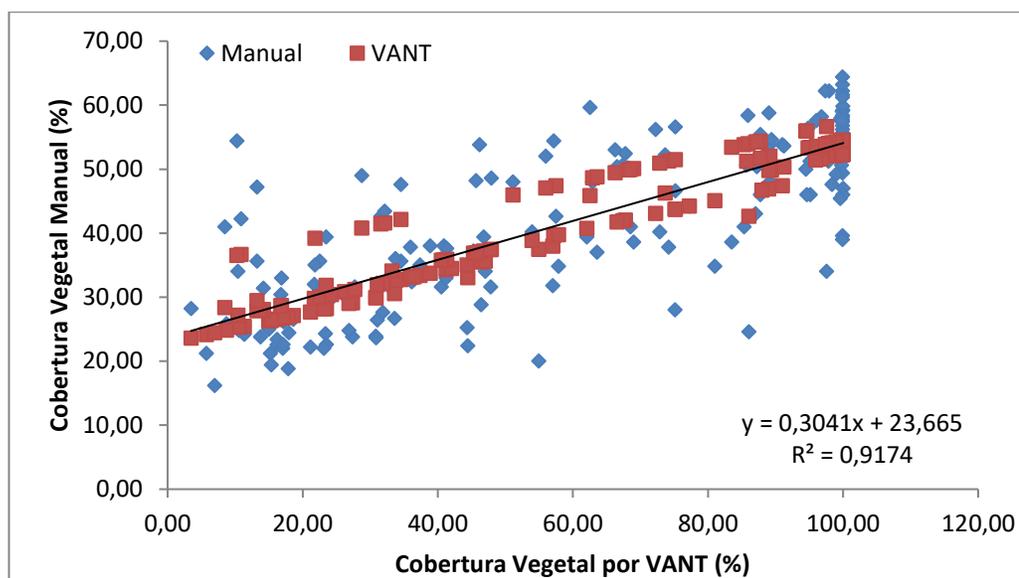


Figura 9. Ajuste do modelo aos dados.

Fonte: Do autor, 2023.

As maiores variações da porcentagem de cobertura vegetal foram observadas entre os estádios V4 (35 DAS) e R5 (53DAS), no estágio V4 as plantas exibem o quarto trifólio completamente expandido e folhas de cor verde escura com crescimento saudável. Já no estágio R5, os valores são maiores devido à planta apresentar cerca de 8 a 12 trifólios, momento em que as flores já são extremamente visíveis. A partir do estágio R5, os valores de cobertura vegetal começam a diminuir devido ao enchimento de grãos, o que inicia a queda natural das folhas. (FROES et al., 2018).

Em relação aos dados de imagens de VANT ao longo do tempo foi possível observar diferenças, obtendo o melhor ajuste um modelo de regressão quadrática ( $p < 0,05$ ,  $R^2 = 0,82$ ,  $RMSE = 7,968$ ) (Figura 10). Utilizando dados de largura do feijão coletados manualmente (dados de campo), foi possível estimar uma cobertura vegetal calculando a média da largura das plantas avaliadas. Os valores de cobertura vegetal obtidos a partir dos dados coletados manualmente em

campo foram ajustados a um modelo de regressão quadrática ( $p < 0,05$ ,  $R^2 = 0,78$ ,  $RMSE = 10,346$ ) (FIGURA 10). O uso de dados de imagens de VANT para calcular a cobertura vegetal melhorou a precisão em 77,01% (relação entre o RMSE de imagens VANT e o RMSE dos dados manuais) quando comparado às medições de campo.

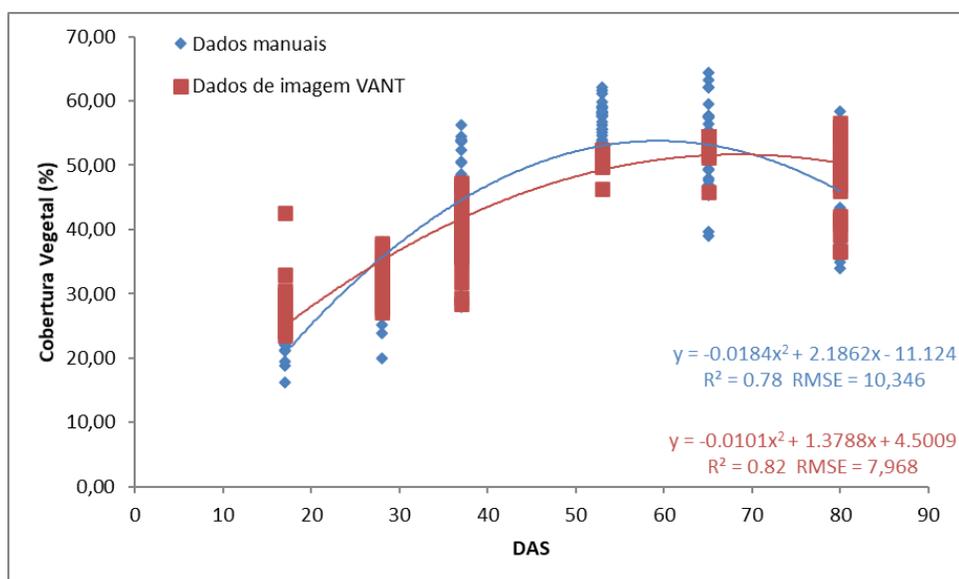


Figura 10. Regressão do crescimento do Feijão medida pela cobertura vegetal (%) ao longo do tempo (DAP = dias após o plantio), calculada a partir de dados de campo (vermelho) e de dados de imagem de VANT (azul).

Os dados correlacionados neste trabalho comprovam que as medidas de cobertura vegetal geradas pelas imagens de VANT podem ser utilizadas com segurança, visto que apresentaram alto grau de associação com os dados coletados manualmente. Esta abordagem pode ser utilizada para a identificação rápida de informações relacionadas ao crescimento das plantas, proporcionando dados de alta resolução (SUHAIRI et al., 2020).

O uso do modelo de VANT *Phantom 4 Advanced* mostrou-se eficiente no monitoramento da lavoura usando imagens RGB, permitindo o acompanhamento do crescimento do feijão com precisão equivalente a observada nas medidas de campo (Cavalcanti, 2023). Avaliando os resultados utilizando este modelo de VANT equipado com sensor RGB em conjunto com os outros trabalhos que utilizaram o mesmo tipo de sensor nota-se a vantagem de se trabalhar com VANT'S mais acessíveis no monitoramento da lavoura para acompanhamento do crescimento de plantas nos seus diferentes estádios vegetativos (ASLAHISHAHRI, 2021).

As imagens RGB são comumente utilizadas em pesquisas relacionadas ao crescimento de

plantas e acompanhamento dos cultivos, e na maior parte delas se mostra eficiente (SILVA et al., 2022; MORGAN et al., 2021). Utilizando imagem obtida por meio de sensor RGB Yishan (2022) encontrou valores com melhor grau de ajuste para altura em plantas e fava.

Trabalhos recentes (MAMANI, 2021; PARKER 2020) relataram resultados semelhantes para a cultura do feijão, demonstrando que o uso de VANT equipado com câmeras RGB e multiespectrais apresentam melhores resultados em comparação as medidas manuais, os autores encontraram através das imagens obtidas um melhor controle da altura das plantas.

Campos (2021) em seu trabalho por meio do uso de VANT's gerou diversos produtos, como modelo digital de terreno, modelo digital de superfície, mapas de curvas de nível, linhas de plantio que possibilitaram um melhor controle da área de estudo, tornando o manejo mais eficiente. Além dos diversos produtos gerados o autor pode concluir em seu trabalho que o uso do VANT é viável para o monitoramento do feijoeiro.

Através da análise do conjunto de trabalhos (MAMANI, 2021; PARKER,2020; SILVA,2022) avaliando o uso de sensores acoplados a VANT's, é possível dizer que o uso de imagens RGB obtidas com auxílio de VANT's podem ser consideradas ótimas ferramentas para auxiliar o produtor nas tomadas de decisões.

## **5 CONCLUSÃO**

O uso de VANT'S mostrou-se recomendado para o acompanhamento da taxa de crescimento da cultura do feijão ao longo do seu ciclo de desenvolvimento. Essa tecnologia pode ser aplicada no manejo efetivo da lavoura como um método rápido de monitoramento para se analisar e indicar o posicionamento das etapas do manejo da cultura, garantindo um controle eficaz da área de interesse.

## REFERÊNCIAS

ASLAHISHAHRI, M. *et al.*, **From RGB to NIR: Predicting of near infrared reflectance from visible spectrum aerial images of crops**, 2021 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW), Montreal, BC, Canada, 2021, pp. 1312-1322, *doi*: 10.1109/ICCVW54120.2021.00152.

ASSUNÇÃO, V. E. P.: **Análise da competitividade da cadeia de produção do feijão-comum: um estudo de caso utilizando a matriz de análise de política (map)**. Goiânia, GO, UFG, 2013.

CAMPOS, H. C. **Uso de Imagens Obtidas por Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) no Monitoramento da Cultura do Feijão (Phaseolus Vulgaris)**. UTFPR, Dois vizinhos- PR 2021

CATÃO, M. R. C. H.; **Aspectos sanitários e fisiológicos de sementes de feijão (phaseolus vulgaris l.) no estado de minas gerais**. 2020. DOI: 10.22533/at.ed.8622016075

CAVALCANTI, V. P. **Use of RGB images from unmanned aerial vehicle to estimate lettuce growth in root-knot nematode infested soil**, Smart Agricultural Technology,

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Conjunturas da agropecuária**. Brasília: CONAB, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 18, março, 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Previsão de safra por produto: Feijão** Brasília: CONAB, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 18, março, 2023.

DE SOUZA, A.E.S et al **UAV Multispectral Data: A Reliable Approach for Managing Phosphate-Solubilizing Bacteria in Common Bean**. Agronomy 2022, 12, 2284. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102284>

DIDINGER, C; THOMPSON, J. H. **The role of pulses in improving human health: A review.** Legume Science, 2022 DOI: 10.1002/leg3.147

doi:10.5539/jas.v12n6p12

EMBRAPA. Circular Técnica nº 50, novembro de 2002. **Como obter sucesso na cultura do feijoeiro no estado de Minas Gerais.** Santo Antônio de Goiás-GO, 2005 ISSN 1678-9636

EMBRAPA. Circular Técnica nº 73, novembro de 2005. **Manejo Fitossanitário do feijoeiro** Santo Antônio de Goiás-GO, 2005 ISSN 1678-9636

FURLANETTO, R. H.; et al. **Potencial de utilização de sensores multiespectral e hiperespectral no estudo de diferentes alvos agrícolas.** JORNADA ACADÊMICA DA

EMBRAPA SOJA, 12., 2017, Londrina. Resumos expandidos... Londrina: Embrapa Soja, 2017. p. 146-154 ISSN 0168-1699, [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00096-0).

Ji, Y., *et al.* **Estimation of plant height and yield based on UAV imagery in faba bean (*Vicia faba* L.).** Plant Methods 18, 26 (2022). <https://doi.org/10.1186/s13007-022-00861-7>

LAIZER, H.C.; Chacha, M.N.; Ndakidemi, P.A. **Farmers' Knowledge, Perceptions and Practices in Managing Weeds and Insect Pests of Common Bean in Northern Tanzania.** Sustainability 2019, 11, 4076. <https://doi.org/10.3390/su11154076>

LANDAU, E. C.; et al. (Ed.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: produtos de origem vegetal.** Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 2, cap. 23, p. 739-798.

MAMANI, Q. et al. **Prediction of biometric variables through multispectral images obtained from UAV in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during ripening stage.** Plataforma de Gestión del Conocimiento del INIA, 2021 <https://pgcsnia.inia.gob.pe:8443/jspui/handle/20.500.12955/1854>

MORGAN, G.R.; WANG, C.; MORRIS, J.T..**RGB Indices and Canopy Height Modelling**

**for Mapping Tidal Marsh Biomass from a Small Unmanned Aerial System.** Remote Sensing. 2021.

OLIVEIRA, L.F.C. et al. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**– Brasília, DF : Embrapa, 2018. 1 ed

PACHECO, H. T. **Melhoramento vegetal na cultura do feijão (*Phaseolus Vulgaris L.*)**. Laranjeiras do Sul-PR. UFFS, 2022.

PARKER, T.A.; PALKOVIC, A.; GEPTS, P. **Determining the Genetic Control of Common Bean Early-Growth Rate Using Unmanned Aerial Vehicles.** Remote Sens. 2020, 12, 1748. <https://doi.org/10.3390/rs12111748>

PORTELA. N. M. **Modelo de mistura gaussianas fuzzy contextual.** 2015 UFPE, Recife

PRP-UFLA. **Mapa de solo Faz. Muquém- UFLA.** 2014. <[https://prp.ufla.br/labs/cdta/wp-content/uploads/2014/12/Mapa\\_muquem\\_det.jpg](https://prp.ufla.br/labs/cdta/wp-content/uploads/2014/12/Mapa_muquem_det.jpg)> Acesso em:13, março, 2023

PRUDKIN, G; BREUNIG, M. F. **Drones e ciência: teoria e aplicações metodológicas.** Santa Maria, RS. FACOS-UFSM, 2019 e- book (v. 1) il.

RANJAN, R. et al. **Irrigated pinto bean crop stress and yield assessment using ground based low altitude remote sensing technology.** Volume 6, Issue 4, 2019, Pg. 502-514,

RUSHING, J. A.; WELTZIN, J. **Phenology as a tool to link ecology and sustainable decision making in a dynamic environment.** 2009 New Phytologist, 184: 743-745. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03083.x>

S.O. Lavrenko, et al. **Variable tillage depth and chemical fertilization impact on irrigated common beans and soil physical properties,** Soil and Tillage Research, Volume 212, 2021, 105024, ISSN 0167-1987, <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105024>.

SHAFI, U.; et al. **Precision Agriculture Techniques and Practices: From Considerations to Applications.** Sensors 2019, 19, 3796. <https://doi.org/10.3390/s19173796>

SILVA, M. H; ELIAS, A. R; ROSÁRIO, L. L. **Análise da cultura da soja a partir de índices de vegetação (ExG – TGI – GLI - VEG) advindos de imagens RGB obtidas com ARP.** Revista Brasileira de Geomática, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 140-154, abr./jun. 2022.

SOUSA, L. H. **Sensoriamento remoto com VANTs: uma nova possibilidade para a aquisição de geoinformações.** R. bras. Geom., Curitiba, v. 5, n. 3, p. 326-342, jul/set. 2017.

SUHAIRI, M. T. S. A. T. **Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) Imagery in Phenotyping of Bambara Groundnut.** Journal of Agricultural Science; Vol. 12, No. 6; 2020

TSOUROS, D.C.; BIBI, S.; SARIGIANNIDIS, P.G. **A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture.** Information 2019, 10, 349. <https://doi.org/10.3390/info10110349>

UEBERSAX, A. M. et al. **Dry beans (*Phaseolus Vulgaris L.*) as a vital componente of sustainable agriculture and food security- A review.** Legume Science, 2022 DOI:10.1002/leg3.155  
Volume 3, 2023, 100100, ISSN 2772-3755, <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100100>.

WANG, Y. et al. **Estimation of Rice Growth Parameters Based on Linear Mixed-Effect Model Using Multispectral Images from Fixed-Wing Unmanned Aerial Vehicles.** Remote Sens. 2019, 11, 1371. <https://doi.org/10.3390/rs11111371>