

EFICÁCIA DO HERBICIDA INDAZIFLAM AVALIADA A PARTIR DE IMAGENS AÉREAS OBTIDAS COM SENSORES EMBARCADO EM VANT

Caique Carvalho Medauar¹; Natalia da Cunha Bevilaqua²; Vitória Scarabel Leite³;
Ricardo Eugenio Cassamassimo⁴; Fabricio Gomes de Oliveira Sebok⁵; Samuel de
Assis Silva⁶

¹ Engenheiro Agrônomo, Promotor Técnico de Vendas Sr., Envu, Teixeira de Freitas, BA. E-mail: caique.medauar@envu.com; ² Engenheira Agrônoma, Analista de Desenvolvimento de Produtos, Envu, Paulínia, SP. E-mail: natalia.bevilaqua@envu.com; ³ Administradora, Analista de Marketing Pleno, Envu, São Paulo, SP. E-mail: vitoria.leite@envu.com; ⁴ Engenheiro Florestal, Gerente e Head de Marketing para os Negócios de Floresta, Envu, São Paulo, SP. E-mail: ricardo.cassamassimo@envu.com; ⁵ Engenheiro Florestal, Gerente de Desenvolvimento de Produtos para América Latina, Envu, Paulínia, SP. E-mail: fabricio.sebok@envu.com; ⁶ Engenheiro Agrônomo, Professor do Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal do Espírito Santo, *Campus Alegre*, ES. E-mail: samuel.assilva@gmail.com

RESUMO

A digitalização da silvicultura é uma realidade e as ferramentas de inteligência artificial tem grande potencial no auxílio para o manejo de plantas daninhas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia do herbicida indaziflam a partir do monitoramento com veículo aéreo não tripulado (VANT). O estudo foi desenvolvido em um talhão de produção de eucalipto, localizado na região norte do estado do Espírito Santo. Para o manejo de plantas daninhas após 120 dias de transplante foi aplicado nas entrelinhas do eucalipto o herbicida pré-emergente indaziflam associado com o herbicida pós-emergente glifosato. Para o aerolevante, foram utilizados dois sensores embarcados em VANT: a) RGB e b) Multiespectral. A teledetecção das plantas daninhas foi realizada a partir da resposta espectral do dossel, obtida com o sensoriamento remoto aéreo. Para tal foram utilizados modelos de inteligência computacional baseados em *machine learning*. Foi utilizado o algoritmo de aprendizado supervisionado de classificação (pixel-a-pixel) *k-nearest neighbors* (k-NN). Após as classificações, foram quantificados os percentuais do talhão ocupados por plantas daninhas. Independente do tipo de sensor embarcado no VANT, o talhão de eucalipto em estudo apresentou boa eficácia do herbicida indaziflam após 120 dias de aplicação, sendo evidenciado tanto de forma visual, com a classificação geral das plantas daninhas, quanto numericamente com o percentual de cobertura de área ocupada.

Palavras-chave: Inteligência artificial; Manejo de plantas daninhas; Silvicultura de precisão.

1. INTRODUÇÃO

O controle de plantas daninhas é fator determinante para o desenvolvimento e produtividade do eucalipto, pois esta cultura é suscetível à competição por recursos como água, nutrientes e espaço (OLIVEIRA et al., 2021) sendo uma das alternativas o manejo com herbicidas pré-emergentes. Um dos herbicidas registrados para a cultura do eucalipto e recomendado para este fim é o indaziflam, tendo como mecanismo-de-ação a inibição da biossíntese de celulose, grupo químico das alquilazinas, tendo como principais características longo residual e baixa dose de ingrediente ativo por hectare (AGROFIT, 2023).

No caso específico do manejo de plantas daninhas, onde a recomendação depende do nível de infestação, o monitoramento é imprescindível para utilização racional dos herbicidas e aumento da eficiência nas práticas de controle. Dentre as possibilidades disponíveis para o monitoramento das plantas daninhas está o uso do sensoriamento remoto, em especial, o aéreo. Essa técnica tem sido amplamente explorada com diversos objetivos, por ser uma operação segura, de amplo espectro e com elevada resolução espacial. Associado ao sensoriamento remoto aéreo, o uso de inteligência computacional, em especial o aprendizado de máquinas (machine learning), tem aumentado a acurácia na classificação de alvos reportado resultados com maior efetividade na classificação.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficácia do herbicida indaziflam a partir de monitoramento com veículo aéreo não tripulado (VANT).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em um talhão de produção de eucalipto, localizado no município de Conceição da Barra (18°35'31" S, 39°44'4" W), região norte do estado do Espírito Santo. Na Figura 1, é apresentada a imagem aérea da floresta com ampliação, em detalhe, das entrelinhas, também são apresentadas as informações relacionadas à data de transplântio e do aerolevanteamento, bem como o tamanho da área. Para o manejo de plantas daninhas após 120 dias de transplântio foi aplicado nas entrelinhas do eucalipto o herbicida pré-emergente Esplanade (indaziflam 500 g/L) associado com o herbicida pós-emergente glifosato Scout (792,5 g/kg), ambos com registro e recomendação para o eucalipto.

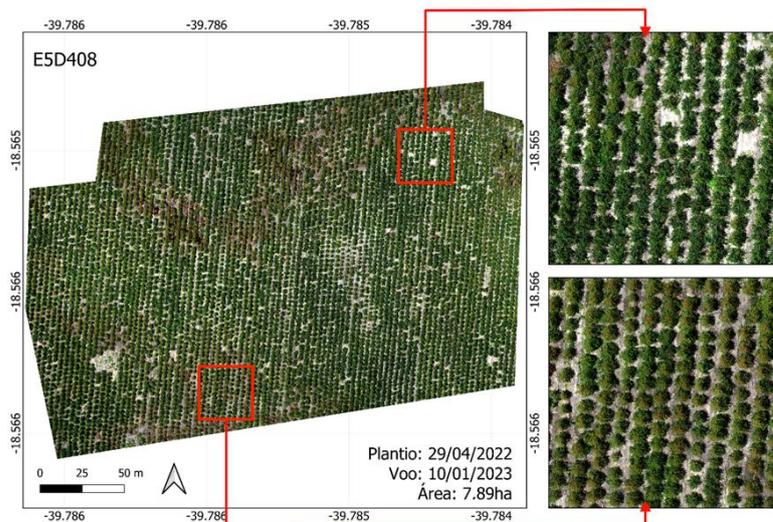


Figura 1 - Imagem aérea do talhão e ampliação, em detalhe, as entrelinhas.

Para o aerolevante foram utilizados: a) sensor óptico RGB que captura segmentos dos comprimentos de onda do espectro eletromagnético visível – vermelho (R - red); verde (G - green), e; azul (B - blue); e, b) sensor multiespectral (câmera) que captura segmentos dos comprimentos de onda do espectro eletromagnético do visível (R, G e B), do *RedEdge* e do infravermelho próximo (NIR). Os sensores foram embarcados em veículos aéreos não-tripulados do tipo asa rotativa (multirrotor). Os aerolevantes foram realizados a uma altura de 120 m (400 pés), com velocidade de deslocamento variando de 9 a 12 m.s⁻¹, a depender do equipamento utilizado e sobreposições frontais e laterais de 80%, garantindo um GSD de 5 cm para o sensor RGB e 8 cm para o multiespectral.

Após a obtenção das imagens, estas foram processadas para construção dos mosaicos de ortofotos (ortomosaicos) utilizando o software livre OpenDroneMap (Drone Mapping Software). Os ortomosaicos foram exportados em formato GeoTiff para posterior análise em ambiente de programação.

A teledetecção das plantas daninhas foi realizada a partir da resposta espectral do dossel, obtida com o sensoriamento remoto aéreo. Para tal foram utilizados modelos de inteligência computacional baseados em *machine learning*, aplicados tanto para a reflectância das plantas nas bandas do espectro eletromagnético do visível (RGB) quanto para aquelas fora deste segmento do espectro (multiespectral). Foi utilizado o algoritmo de aprendizado supervisionado de classificação (pixel-a-pixel) *k-nearest neighbors* (k-NN). As métricas foram determinadas com base nas

informações extraídas da matriz de confusão gerada na classificação. A matriz de confusão é uma matriz bidimensional que retrata o desempenho do classificador ao correlacionar o rótulo real e o previsto (ALI et al., 2022). Após as classificações, foram quantificados os percentuais do talhão ocupados por plantas daninhas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra a classificação das plantas daninhas (presença de manchas amarelas) nos dois sensores. Tanto para o RGB, quanto para o sensor multiespectral, é possível analisar visualmente uma baixa infestação de matocompetição nas entrelinhas do eucalipto e homogeneidade no tamanho do dossel (principalmente no sensor RGB). A principal justificativa para esses resultados foi que o uso do herbicida pré-emergente indaziflam, comprovando seu efeito residual longo, pode ser uma boa alternativa para o controle das plantas daninhas (amplo espectro), controlando o banco de sementes, e impedindo sua emergência.

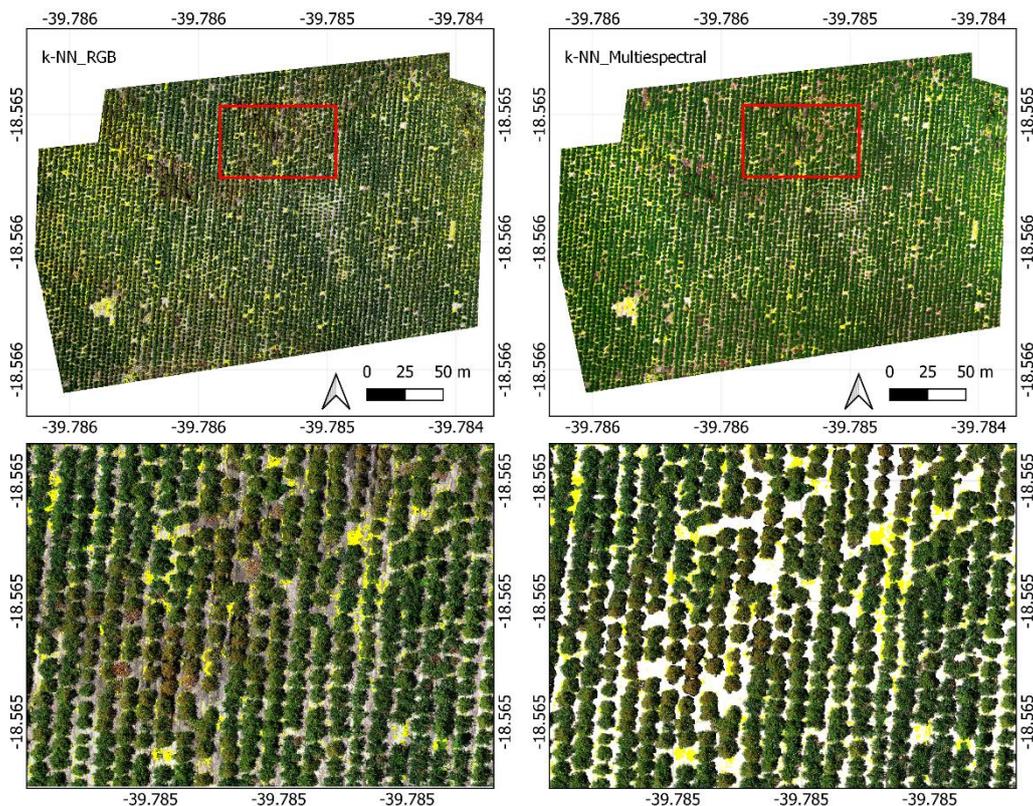


Figura 2 - Classificação geral das plantas daninhas para os produtos dos sensores RGB e multiespectral.

No que diz respeito ao percentual de área pelas plantas daninhas (Tabela 1), os valores para os dois sensores foram próximos, com 13,1% (RGB) e 11,9% (multiespectral), entendendo que não houve diferença entre os sensores para o mapeamento do risco (%) de matocompetição nas entrelinhas do eucalipto do talhão em estudo.

Tabela 1 - Percentual de cobertura de área pelas plantas daninhas conforme estimativa para distintos produtos de sensoriamento remoto aéreo.

Classificador	Área (%)	
	RGB	Multiespectral
k-NN	13.1	11.9

Levando-se em consideração o manejo de plantas daninhas que ocorre nas operações silviculturais, esses resultados indicam que não haveria a necessidade de ter novamente a operação de capina química com herbicida nas entrelinhas (segundo trato – que ocorre geralmente de doze a quatorze meses após plantio), devido a eficácia do herbicida indaziflam e ao provável fechamento do dossel da floresta.

4. CONCLUSÕES

Independente do tipo de sensor embarcado no VANT, o talhão de eucalipto em estudo apresentou uma eficácia do herbicida indaziflam após 120 dias de aplicação, sendo evidenciado tanto de forma visual, com a classificação geral das plantas daninhas, quanto numericamente com o percentual de cobertura de área ocupada.

O uso de sensoriamento remoto aéreo associado com inteligência artificial, permitiu direcionar onde a eficácia do herbicida indaziflam foi maior ou menor, podendo dessa forma, antecipar estratégias de manejo nos processos de controle e monitoramento de plantas daninhas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. 2023. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. 2023. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 13 fev. 2023).

ALI, U.; Esau, T. J.; Farooque, A. A.; Zaman, Q. U.; Abbas, F.; Bilodeau, M. F. 2022. Limiting the Collection of Ground Truth Data for Land Use and Land Cover Maps with



Machine Learning Algorithms. **ISPRS International Journal of Geo-Information**. v. 11, n. 6, p. 333.

OLIVEIRA, J. A.; OLIVEIRA, J. C. L.; MARTINEZ, H. E. P.; OLIVEIRA, J. S.; FERNANDES, L. V. 2021. Acúmulo de nutrientes e eficiência nutricional em eucalipto. **Journal of Plant Nutrition**. v.44, p. 2421-2434.