

MONITORAMENTO DO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO BIOMA CAATINGA COM SENSOR RGB EMBARCADO EM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT).

Edicleife Lino dos Santos; Prof. Dr. Alan César Bezerra; Evaristo Jorge Oliveira de Souza; Anderson Santos Da Silva; Wagner Martins dos Santos; Gledson Luiz Pontes de Almeida.

Resumo: Esse estudo procura verificar o índice de vegetação na faixa do visível (RGB) dos diferentes sistemas de integração lavoura pecuária no bioma Caatinga. Obtendo imagens com sensor RGB embarcado em veículo aéreo não tripulado (VANT), gerando ortomosaicos e determinando os índices de vegetação na faixa do visível. Para o registro das imagens utilizou-se o VANT modelo DJI Mavic 2 Enterprise Dual, equipado com uma câmera RGB e Termal. A partir das imagens coletadas no voo, foram processadas no programa *Metashape Agisoft* para a criação dos ortomosaicos, que foram georreferenciados a partir de 4 pontos distribuídos na área, em um software de sistema de informações geográficos Qgis versão da série 3.28. Em seguida, foi realizado o processamento das imagens em ambiente R, utilizando a interface do Rstudio, e o pacote *FieldimageR* e estimados os índices de vegetação. Em seguida, foram extraídos a média, máxima, mínima e desvio-padrão dos pixels nas áreas de coletas, por meio de uma estatística zonal. A partir do qual geramos gráficos para acompanhar a variabilidade temporal dos índices no período avaliado, utilizando os pacotes *ggplot* e *patchwork* em ambiente R. Onde observou-se que nesses três primeiros meses (novembro 2022, dezembro 2022 e fevereiro 2023) o comportamento dos índices mostram que no geral houve uma redução nos níveis médio e alto, que apontam como causa a diminuição ou escassez de precipitação para o período. Nos mapas dos índices de variabilidade espectral, o comportamento dos índices NGRDI, MGRVI e VARI, apresentaram um comportamento semelhante e apresentaram as maiores correlações positivas e significativas.

Palavras-chaves: Geoprocessamento, variabilidade espectral, Índices de vegetação, Qgis.

Introdução: Os sistemas de integração de culturas com a mata nativa e animais estão sendo implementados em regiões que buscam otimizar a produção de insumos e preservar o meio ambiente. Especialmente no semiárido, onde o clima e solo são menos favoráveis, é necessário o uso de espécies nativas e exóticas adaptadas a essas condições. O Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) é um exemplo de sistema de produção que busca intensificar o uso do solo com o mínimo de impacto. A utilização de novas tecnologias, como geotecnologias e sensoriamento remoto, tem contribuído para a eficiência e precisão no monitoramento da vegetação, especialmente com o uso de veículos aéreos não tripulados (VANT). Neste contexto, o Sensoriamento Remoto vem se destacando, uma vez que, por meio de informações espectrais obtidas por imagens de satélites ou aéreas, ou pelo uso de sensores podem ser calculados. Dispositivos que fazem relações da flora da caatinga ao longo dos anos são preliminares e necessitam ser investigadas no que diz respeito a formular modelos mais aproximados da realidade do semiárido brasileiro e futura eficiência em contexto das mudanças climáticas para o bioma caatinga, que é falho deste tipo de informação (SANTOS, C. V. B. dos; MOURA, M. S. B. de, CARVALHO, H. F. de S, et al 2022). Com isso, a utilização do VANT, tem contribuído para a aferição dos índices da vegetação com maior precisão e dinâmica, uma vez que são muito eficientes para cobrir áreas de pequeno e médio porte, que são ideais para implantação de sistemas de integração.

Metodologia: Área de estudo (*Local do experimento*) A pesquisa ocorreu na área experimental com sistema agrofloresta na Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, numa área de Caatinga raleada com manutenção do mororó (*Bauhinia cheilantha* Steud Bong) e enriquecida com capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) e capim corrente (*Urochloa mosambicensis* Salm-Dyck).

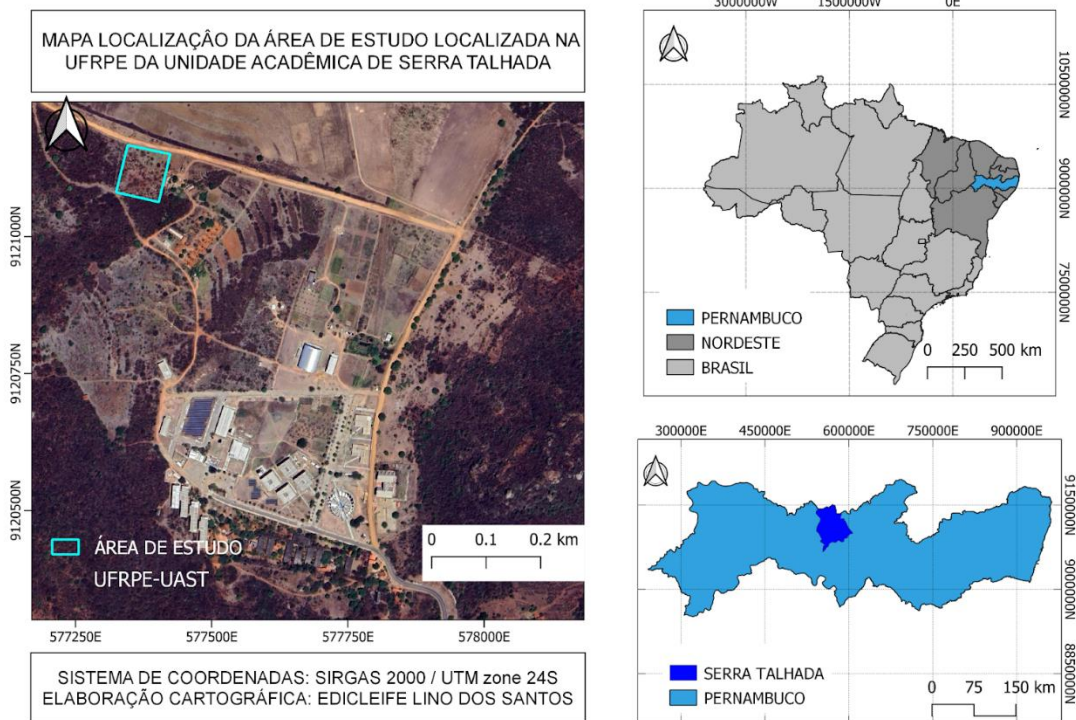


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

(Tratamentos experimental e animais) A área experimental devidamente dividida em parcelas iguais estão recebendo os tratamentos constituídos de três sistemas de integração lavoura pecuária no bioma Caatinga T1-Feijão (cultivar BRS Pujante), T2-Milho (cultivar BRS Catingueiro) e T3-Algodão herbáceo (cultivar BRS Aroeira), além de um tratamento controle -T4 (apenas Caatinga).

Banco de Dados: Para registro das imagens, nos meses de novembro (29/11/2022), dezembro (21/12/2022) e fevereiro (02/02/2023), foi utilizado o VANT modelo DJI Mavic 2 Enterprise Dual, que apresenta autonomia de voo de aproximadamente 30 minutos, tipo quadricóptero com GPS, equipado com uma câmera RGB e Termal. O imageamento sobre as áreas de estudo ocorreram em condições de iluminação consistentes, dias claros e ensolarados. Portanto, foram evitados dias com nuvens que se moviam para dentro ou para fora da área imageada. Para obter melhores resultados, a área de estudo foi sobrevoada mais de uma vez, de preferência em dois sentidos diferentes, com no mínimo de sobreposição de 80% de lateral

e 80% de frontal (ARANTES et al., 2020). A partir das imagens coletadas no voo, foram processadas no programa *Metashape Agisoft* para a criação dos ortomosaicos. A partir dos ortomosaicos, georreferenciados a partir de 4 pontos distribuídos na área, em um software de sistema de informações geográficas Qgis versão da série 3.28. Em seguida, foi realizado o processamento das imagens em ambiente R, utilizando a interface do Rstudio, e o pacote *FieldimageR* (MATIAS; CARAZA-HARTER; ENDELMAN, 2020), em seguida, foram estimados os índices de vegetação apresentados por Freire-Silva et al. (2019) e Swaef et al. (2021) e demonstrados na Quadro 1.

Quadro 1 - Índices de vegetação e as respectivas equações de uso.

Índice	Sigla	Fórmula	Referência
<i>Visible Atmosphericly Resistant Index</i>	VARI	$g-r+g+r-b$	(Gitelson et al., 2002)
<i>Modified Green Red Vegetation Index</i>	MGRVI	$g^2-r^2g^2+r^2$	(Bending et al., 2015)
<i>Green Leaf Algorithm</i>	GLA	$(2g-r-b)(2g+r+b)$	(Louhaichi et al., 2001)
<i>Red Green Blue Vegetation Index</i>	RGBVI	$(g^2-b^*r)(g^2+b^*r)$	(Bending et al., 2015)
<i>Green Red Vegetation Index</i>	NGRDI	$G-RG+R$	Tucker (1979)
<i>Excess Red Vegetation Index</i>	ExR	$1.4r-g$	(Meyer & Neto, 2008)
<i>Excess Blue Vegetation Index</i>	ExB	$1.4b-g$	(Guijarro et al., 2011)
<i>Excess Green Vegetation Index</i>	ExG	$2g-r-b$	(Guijarro et al., 2011)
<i>Excess Green Red Vegetation Index</i>	ExGR	$ExG-ExR$	(Guijarro et al., 2011)
<i>Color Index of Vegetation</i>	CIVE	$0.441r-0.881g+0.385b+18.78745$	(Guijarro et al., 2011)
<i>Vegetative</i>	VEG	$gr0.667*b0.333$	(Hague, Tillett & Wheeler, 2006)
<i>Combination</i>	COM	$0.25ExG+0.3ExGR+0.33CIVE+0.12VEG$	(Guijarro et al., 2011)
<i>Woebbecke Index</i>	WI	$g-br-b$	(Woebbecke et al., 1995)
<i>Kawashima Index</i>	IKAW	$r-br+b$	(Shigeto & Makoto, 1998)
<i>Color Intensity Index</i>	INT	$R+G+B3$	(Shigeto & Makoto, 1998)

Em seguida, foram extraídos a média, máxima, mínima e desvio-padrão dos pixels nas áreas de coletas das informações de campo, por meio de uma estatística zonal, para cada parcela experimental. A partir do qual geramos gráficos para acompanhar a variabilidade temporal dos índices no período avaliado, utilizando os pacotes ggplot e patchwork em ambiente R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As figuras 2 e 3 demonstram a variabilidade temporal dos índices de vegetação na faixa do visível para as bandas indicadas, a partir da estatística dos índices na área de estudo. O comportamento da maioria dos índices se mantivera em uma sequência decrescente nos valores médio e alto, que está relacionado à baixa precipitação para o período e com isso diminuindo a cobertura vegetal. O que implica dizer que mesmo para uma pequena área de caatinga raleada que tem um sistema integrado de lavoura pecuária, os índices mostraram um comportamento variado que se altera com muita facilidade e que também implica na sua sensibilidade como bioma.

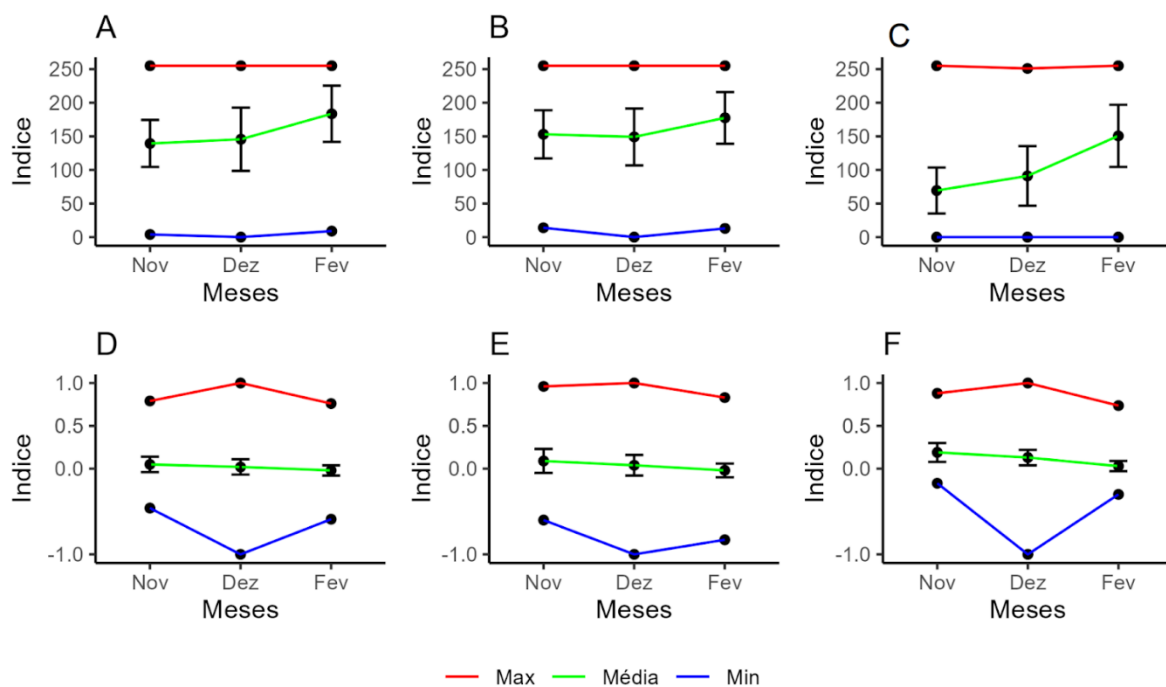


Figura 2. Gráficos da variabilidade temporal dos índices para os meses de novembro, dezembro e fevereiro. **A-Red, B-Green, C-Blue, D-VARI, E-MGRVI, F-GLA.**

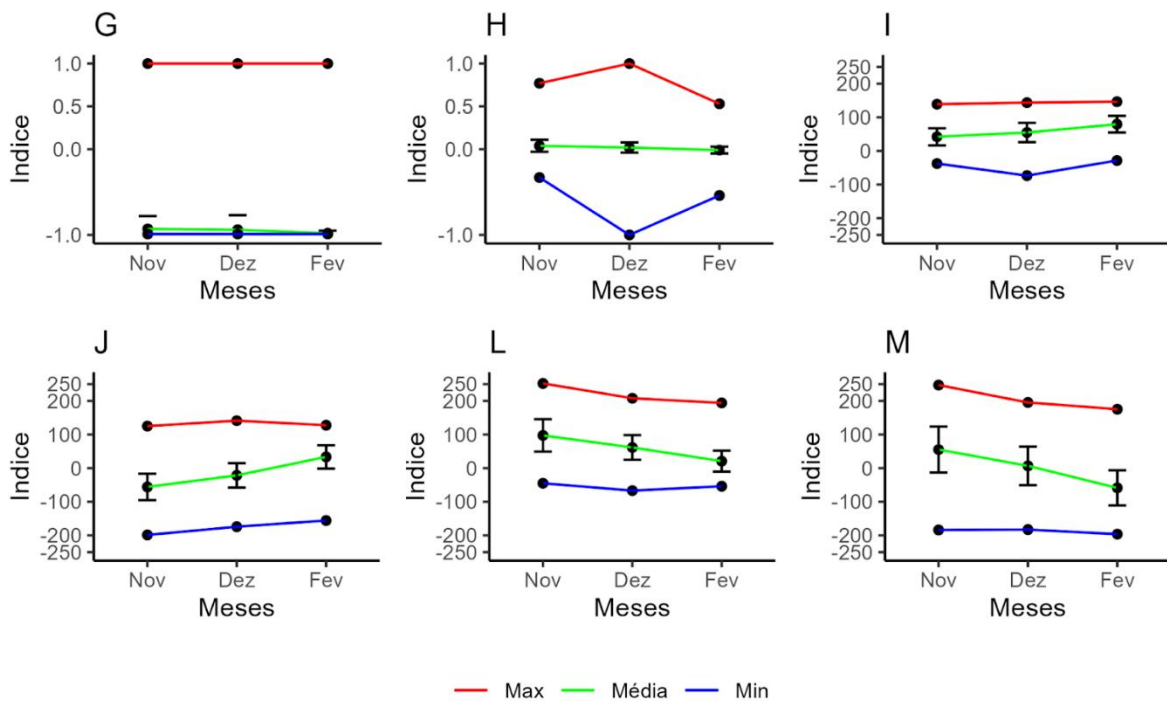


Figura 3. Gráficos da variabilidade temporal dos índices para os meses de novembro, dezembro e fevereiro. **G-RGBVI, H-NGRDI, I-ExR, J-ExB, L-ExG, M-ExGR.**

Para uma análise visual, foram confeccionados mapas dos índices de variabilidade espectral (Figura 5). Especificamente, utilizamos os índices NGRDI, MGRVI e VARI, uma vez que os resultados obtidos por Dos Santos (2023) encontraram maiores correlações com a vegetação (índice de área foliar, massa seca e massa fresca da forragem). Os mapas foram preparados para o período inicial/parcial do estudo, que são os três meses avaliados. Observa-se que no mês de novembro a vegetação apresenta alta densidade, resultando em um aspecto fechado, sendo melhor notado nos índices citados. Por sua vez, em fevereiro, percebe-se a diminuição da densidade da vegetação pelos tons mais amarelados na área de estudo.

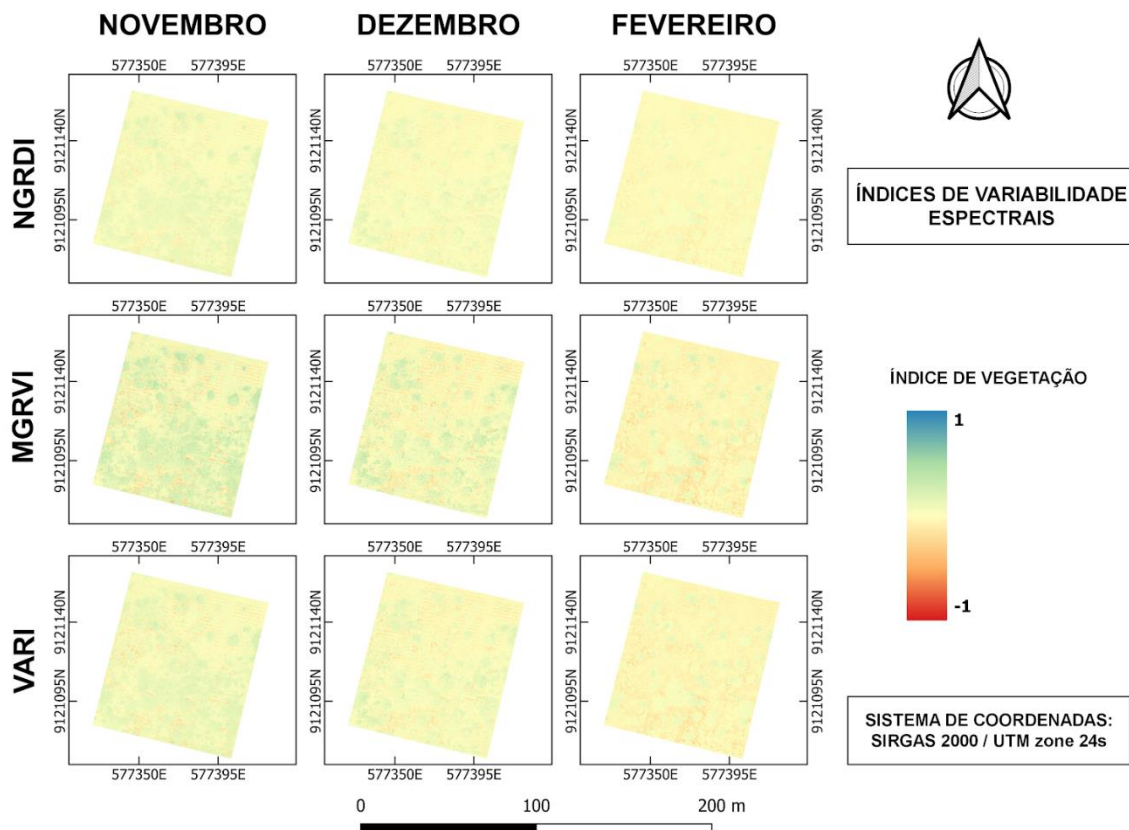


Figura 5. Mapa de índices de variabilidades espectrais.

Esses índices estão relacionados à saúde e ao vigor das plantas, como observado, esses índices obtiveram uma maior reflectância da cor verde no primeiro mês de análise indicando uma boa cobertura vegetal. Esse comportamento foi ocasionado devido a precipitações próximas ao período, mas ao decorrer dos meses esses índices passaram a refletir uma coloração muito aproximada do vermelho/alaranjado, o que indica perda da cobertura e, conseqüentemente, um solo mais exposto. Diante disso podemos afirmar que a frequência de estiagem exerce uma enorme influência sobre a vegetação da caatinga e seus índices.

Considerações Parciais

Este estudo buscou verificar o índice de vegetação na faixa do visível (RGB) dos diferentes sistemas de integração lavoura pecuária no bioma Caatinga. Nesse período analisado (novembro 2022, dezembro 2022 e fevereiro 2023) os índices mostraram no geral uma leve alteração no seu comportamento, diminuição nos valores médio e máximo, que se deu pela

questão da pluviosidade da região. Os índices NGRDI, MGRVI e VARI, representaram nos mapas o comportamento da vegetação, sendo no primeiro momento uma alta reflectância da cor verde representando um alto vigor da vegetação, e para o último mês a coloração vermelho/alaranjado predominou. O que implicou afirmar a correlação com a pluviosidade. Com isso, as futuras análises serão aplicadas para cada tratamento na área onde serão determinadas a curva espectral da resposta do sistema de Integração Lavoura-Pecuária no Bioma Caatinga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANTES, B. H. T.; GIONGO, P. R.; ORLANDINI, J. D.; GOMES, L. F.; MORAES, V. H.; COSTA, A. R. da; RIBON, A. A. Predição de dados agronômicos em goiabeiras e separação de alvos por meio de Veículo Aéreo Não Tripulado. *Scientia Plena*, [S. l.], v. 16, n. 4, 2020.

BENDIG, J. et al. Combining UAV-based plant height from crop surface models, visible, and near infrared vegetation indices for biomass monitoring in barley. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 39, p. 79–87, 1 jul. 2015.

DOS SANTOS, W.M. **Utilização de índices de vegetação para estimativa de parâmetros produtivos em sistemas agroflorestais no bioma Caatinga**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Serra Talhada, p. 52. 2023.

FREIRE SILVA, Jadson et al. Índices de vegetação do Sensoriamento Remoto para processamento de imagens na faixa do visível (RGB). *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, EUA, ano 2019, v. 9, n. 4, p. 228-239, 30 out. 2019.

Gitelson, A.A. Gitelson, Y.J. Kaufman, R. Stark, D.C. Rundquist. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. *Remote Sens Environ*, 80 (2002), pp. 76-87.

Hague, T., Tillett, ND & Wheeler, H. Monitoramento automatizado de culturas e ervas daninhas em cereais amplamente espaçados. *Precision Agric* 7 , 21–32 (2006).

Matias, Filipe Inácio, Maria V. Caraza-Harter, and Jeffrey B. Endelman. "FIELDimageR: An R package to analyze orthomosaic images from agricultural field trials." *The Plant Phenome Journal* 3.1 (2020): e20005.

M. Guijarro, G. Pajares, I. Riomoros, P.J. Herrera, X.P. Burgos-Artizzu, A. Ribeiro, Automatic segmentation of relevant textures in agricultural images, *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 75, Issue 1, 2011, Pages 75-83.

Mounir Louhaichi, Michael M. Borman & Douglas E. Johnson (2001) Plataforma espacialmente localizada e fotografia aérea para documentação dos impactos do pastoreio no trigo, *Geocarto International*, 16:1, 65-70.

SANTOS, C. V. B. dos; MOURA, M. S. B. de, CARVALHO, H. F. de S, et al. Avaliação do índice de área foliar e índice de área da planta em floresta seca utilizando modelos simplificados em imagens de alta resolução com o uso de VANT. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, v. 12, n. 3, p. 109-123, 2022.

SHIGETO KAWASHIMA, MAKOTO NAKATANI, An Algorithm for Estimating Chlorophyll Content in Leaves Using a Video Camera, *Annals of Botany*, Volume 81, Issue 1, 1998, Pages 49-54.

Swafef, T.; Maes, WH; Aper, J.; Baert, J.; Cougnon, M.; Reheul, D.; Estepe, K.; Roldán-Ruiz, I.; Lootens, P. Aplicação de índices de vegetação baseados em RGB e termal de UAVs para fenotipagem de campo de alto rendimento de tolerância à seca em gramíneas forrageiras. *Sensor remoto* **2021** , 13 , 147.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, v. 8, n. 2, p. 127–150, 1 maio 1979.