

USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) PARA ESTIMATIVA DE VIGOR E DE CORRELAÇÕES AGRONÔMICAS EM GENÓTIPOS DE *CAPIM CYNODON*

Marcos Cicarini Hott

Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
EMBRAPA – Juiz de Fora – Minas Gerais

Ricardo Guimarães Andrade

Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
EMBRAPA – Juiz de Fora – Juiz de Fora – Minas
Gerais

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
EMBRAPA – Juiz de Fora – Juiz de Fora – Minas
Gerais

Flávio Rodrigo Gandolfi Benites

Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
EMBRAPA – Juiz de Fora – Minas Gerais

RESUMO: Os procedimentos tradicionais de estimativa de biomassa em pastagens normalmente utilizam métodos destrutivos com grande demanda de tempo, recursos e mão-de-obra. Este contexto usual dificulta a execução destes procedimentos em campo, ocasionando erros de precisão e não permitindo avaliar a área experimental como um todo quanto à aspectos fitossanitários, infestação de pragas e doenças, assim como deficiências minerais iniciais. O desenvolvimento de modelos para estimativa automatizada da biomassa e do índice de área foliar das pastagens, particularmente a partir das imagens captadas por VANT, propicia economia de recursos e adoção de medidas

antecipatórias no manejo da área experimental. O objetivo deste trabalho é estabelecer um estudo de viabilidade técnica da plataforma de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para estimativa da biomassa, da altura do dossel forrageiro e das condições gerais de capins do gênero *Cynodon*, em parcelas, usando volume e vigor pelo método i-Health&Height-Plants, por índice NDRE e modelo de terreno e superfície (MDT). Foram utilizadas câmeras de imageamento na faixa do visível (RGB), borda do vermelho (RedEdge) e infravermelho próximo (NIR) para monitoramento contínuo da área experimental, aproximadamente, 3.800 m², conduzido no Campo Experimental José Henrique Bruschi (CEJHB) na cidade de Coronel Pacheco-MG. Após o imageamento por VANT foram selecionados 12 clones do gênero *Cynodon* que apresentaram maior vigor em relação aos dados obtidos no experimento de campo e com os dados obtidos por VANT.

PALAVRAS-CHAVE: Melhoramento genético de plantas, vigor vegetativo, pastagem, VANT.

ABSTRACT: The traditional methods of estimating biomass in pastures usually use destructive ways with great demand of time, resources and labor. This usual context difficulties to perform these procedures in the field, causing errors of precision and not allowing to evaluate the experimental area as a whole in

relation to phytosanitary aspects, pest infestation and diseases, as well as initial mineral deficiencies. The development of models for automated estimation of biomass and foliar area index of pastures, particularly from the images captured by VANT, provides resource savings and adoption of anticipatory measures in the management of the experimental area. The objective of this work is to establish a technical feasibility study of the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) platform to estimate biomass, forage canopy height and vigor of *Cynodon* grasses using volume and vigor by the i-Health&Height-Plants method, congregating index NDRE, and model of terrain and surface (MDT). We used image cameras in the visible (RGB), red border (RedEdge) and near infrared (NIR) cameras to continuously monitor the pasture area of approximately 3,800 m², conducted at the José Henrique Bruschi Experimental Field (CEJHB) at city of Coronel Pacheco-MG. From the imaging by VANT, only as essay through images and field data, the 12 clonal cultivars of the genus *Cynodon* pasture it were selected, which had better vigor in the presence of biotic and abiotic adverse conditions.

KEYWORDS: Plant breeding, vegetative vigor, pasture, UAV.

1 | INTRODUÇÃO

Com o surgimento e avanço das tecnologias de levantamento por aerofotogrametria com veículos aéreos não tripulados (VANT) incontáveis aplicações em trabalhos de infraestrutura, transporte e em pesquisas agropecuárias são vislumbradas cotidianamente. A facilidade, rapidez e versatilidade na aquisição de dados, imagens e métricas acerca de alvos na superfície terrestre permite que atividades de caráter rotineiro e de interpretação no campo sejam realizadas com enorme eficiência. Somam-se às novas tecnologias em sensoriamento remoto e geoprocessamento, essa categoria de VANT's de pequeno porte com câmeras e sensores multiespectrais, o que flexibiliza levantamentos aéreos visando detectar diversos aspectos biofísicos com periodicidade definida pelo usuário e de acordo com o ciclo fenológico (ANDERSON; GASTON, 2013). O trabalho de seleção genética, fenotipagem e a mensuração de parâmetros agrônômicos em forrageiras, antes efetivados com a utilização de equipamentos diversos e com a demanda de uma equipe permanente em campo, poderá ser concretizado com ortofotos obtidas por câmeras dotadas de sensores óticos a partir de voos programados em VANTs, sem a necessidade de remoção da forragem para estimativas de biomassa, por exemplo. Entretanto, para que essa tarefa possa ser realizada com segurança e significância estatística, diversos levantamentos experimentais e testes devem ser realizados para que os dados obtidos por sensoriamento remoto aerofotogramétrico possam apoiar ou até substituírem o corte de clones de espécies forrageiras e medidas de laboratório e campo. A base para as análises e ensaios de campo, com os sobrevoos, são levantamentos de pontos de controle com GPS geodésico, visando boa precisão e definição das transformações no SIG (Sistema de Informações Geográficas) para estimativas nas parcelas de *Cynodon*. Os índices de vegetação desempenham

um importante papel ao destacarem fenômenos de estresses na forragem. Nestes ensaios foram utilizados os seguintes índices de vegetação, cujas equações estão a seguir:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (1)$$

$$VARI = \frac{\rho_{Green} - \rho_{Red}}{\rho_{Green} + \rho_{Red} - \rho_{Blue}} \quad (2)$$

$$GLI = \frac{(2 \rho_{Green} - \rho_{Red} - \rho_{Blue})}{(2 \rho_{Green} + \rho_{Red} + \rho_{Blue})} \quad (3)$$

$$CI_{green} = \left(\frac{\rho_{nir}}{\rho_{green}} \right) - 1 \quad (4)$$

$$NDRE = \frac{\rho_{nir} - \rho_{rededge}}{\rho_{nir} + \rho_{rededge}} \quad (5)$$

Em que P_{Green} , P_{Red} , P_{Blue} , $P_{rededge}$ e P_{nir} são as bandas espectrais referentes aos canais do verde (*Green*), vermelho (*Red*), azul (*Blue*), infravermelho (NIR) e borda do vermelho (Red Edge), respectivamente.

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) (Rouse et al., 1973), VARI (*Visible Atmospherically Resistant*) (GITELSON et al., 2002), GLI (*Green Leaf Index*) (HUNT JR. et al., 2013), CI_{green} (*Green Chlorophyll Index*) e NDRE (*Normalized Difference Red Edge*) (GITELSON et al., 2003) foram utilizados como forma de obter-se os mapas que indiquem os estresses pertinentes à problemas de sanidade, deficiência mineral, infestações de pragas, dentre outros, em diversos tratamentos experimentais aplicados aos clones de *Cynodon* pertencentes ao programa de melhoramento genético da Embrapa. Por meio de estereoscopia, sobreposição de imagens e informações altimétricas são produzidos modelos digitais de superfície e de terreno (MDT), e, assim, é possível obter-se informações altimétricas e volumétricas, com as quais pode-se obter o volume de biomassa vegetal. Informações dos índices de vegetação e volume de forragem conjugadas originaram um método para estimar-se a condição do vigor das forrageiras, denominado *i-Health&Height-Plants*, visando congrega a resposta espectral com a altura ou volume das plantas. O VARI foi desenvolvido para levar em consideração a redução de possíveis influências dos constituintes atmosféricos por meio da subtração da banda espectral referente ao canal azul no denominador da equação 1. Já o índice GLI, equação 2, tem sido aplicado na distinção entre vegetação fotossinteticamente ativa e vegetação seca

com exposição de solo. O NDVI foi originalmente desenvolvido para o realce da vegetação herbácea-arbustiva, principalmente, tendo em vista aspectos de saturação para vegetação densa, enquanto que o NDRE permite a distinção de nuances entre as forragens com vigor distintos e o ruído representado pelos solos. O Clgreen realça aspectos relevantes para vegetação verde, o que, muitas vezes, não ocorre com eficiência quando a vegetação reflete muito, ou de forma importante, no azul ou vermelho.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados testes no Campo Experimental José Henrique Bruschi, em Coronel Pacheco (MG), a partir de plano de voo para o VANT Inspire 1, visando alta precisão com o uso de pontos de controle coletados através de GPS geodésico. Por meio de câmera multiespectral foram realizados ensaios com o VARI, GLI, Clgreen, NDVI e NDRE.

Foi utilizado o método i-Health&Height-Plants, desenvolvido para uso de estereoscopia por VANT, altura e volume da forragem, bem como da resposta espectral e índices de vegetação, em conjunto com dados de levantamentos em campo. O método i-Health&Height-Plants é um diferencial nas estimativas de correlações agronômicas, visando substituir a percepção do intérprete na determinação do vigor do capim, o que pode variar de acordo com o conhecimento e experiências do técnico. Assim, esse método desenvolvido para uso dos equipamentos embarcados poderá padronizar a estimativa, utilizando procedimento automatizado, fornecendo resultados do processamento das imagens com o uso de um procedimento multicritério, pois toma-se por base diversas camadas de dados relacionados ao vigor do capim, peso verde, nota do intérprete técnico, índice de vegetação e volume da forragem. Foi empregada essa metodologia em experimento pertencente ao programa de melhoramento genético do gênero *Cynodon*, instalado em blocos aumentados de Federer. O experimento em blocos aumentados foi constituído por 8 blocos, avaliando-se em cada bloco 48 tratamentos não comuns e duas testemunhas (tratamentos comuns Tifton 85 e Grama Estrela Roxa), com excessão do último bloco que foi constituído de 47 tratamentos não comuns mais os dois tratamentos comuns, totalizando 399 parcelas. No momento do corte do experimento, foram dadas notas relacionadas ao vigor das parcelas, foi mensurada a altura, além do peso de matéria verde de cada parcela.

O objetivo deste trabalho é estabelecer um estudo de viabilidade técnica da plataforma de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para estimativa da correlação da produção de matéria verde, altura do dossel forrageiro e do vigor das parcelas do gênero *Cynodon*, usando volume e vigor pelo método i-Health&Height-Plants, por índice NDRE e modelo de terreno e superfície (MDT). Foram utilizadas câmeras de imageamento na faixa do visível (RGB), borda do vermelho (RedEdge)

e infravermelho próximo (NIR) para monitoramento contínuo do experimento de *Cynodon* conduzido no Campo Experimental José Henrique Bruschi (CEJHB) na cidade de Coronel Pacheco-MG. Há procedimento padrão na execução dos levantamentos, com o planejamento de voo na área equivalente e adjacências, em decorrência da necessidade de informações fora dos limites da área de interesse, além de serem necessários o estabelecimento de uma série de parâmetros quanto à configuração do sistema utilizado para o VANT (Figura 1).



Figura 1 – Etapa de planejamento do voo com VANT na área experimental e visualização do ambiente de configuração.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do planejamento das operações para imageamento por VANT realizou-se acurado sobrevoo, para o qual foram observadas as condições atmosféricas, como velocidade do vento, pluviosidade, dentre outras, privilegiando boa iluminação solar, objetivando uma padronização dos levantamentos em áreas experimentais.

Um das fases mais importantes, pré-levantamento, se tratou da marcação geodésica dos pontos de controle, fundamentais para uma boa precisão final (Figura 2). A partir desses pontos pode-se obter um GSD (resolução espacial) de 2,6 cm no terreno e excelente precisão posicional, o que viabiliza cruzamento com imagens do mesmo experimento em futuros sobrevoos.

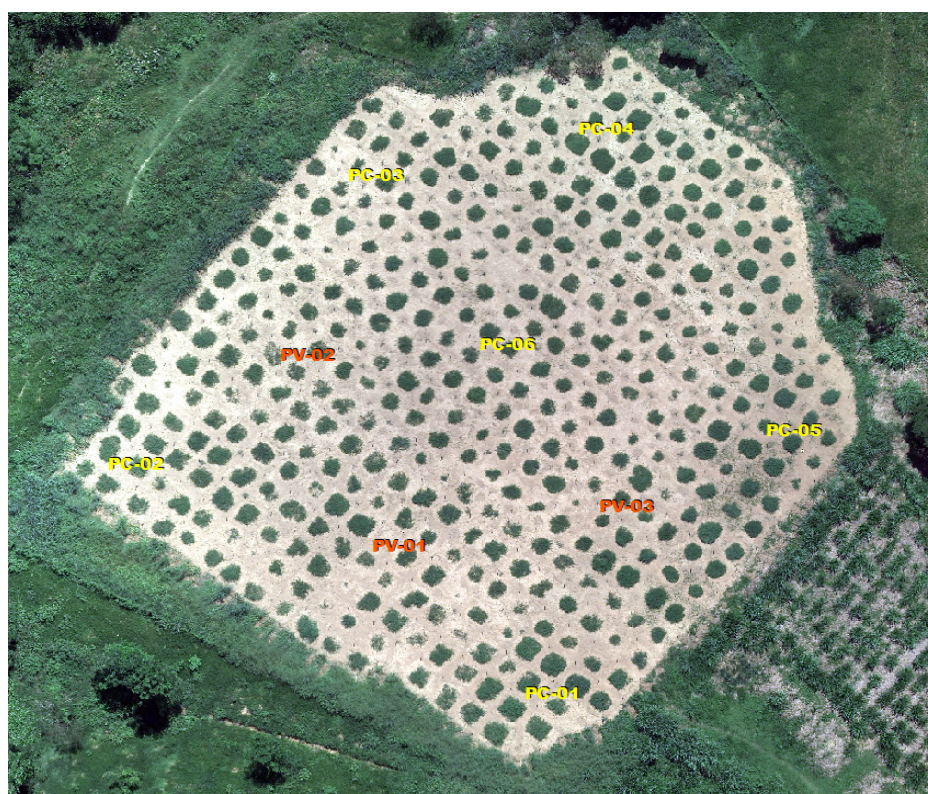


Figura 2 – Localização dos pontos de controle.

Após o processamento das imagens, por estereoscopia de imagens, e reamostradas para 15 cm, obteve-se o MDT com a estimativa altimétrica e volumétrica das parcelas (Figura 3). Selecionou-se o NDRE como o índice de vegetação mais adequado às estimativas do vigor, frente aos outros índices testados (Figura 4). A partir das correlações entre a classificação do peso verde dos clones das parcelas do capim *Cynodon*, nota atribuída, NDRE e volume estabeleceu-se um multicritério para a reunião dos clones com melhor pontuação. Esta pontuação, extraída das medidas de vigor, corroborou para a construção de um ranking, a partir do qual selecionou-se as melhores forragens em termos de condições vegetativas, porte e vigor.

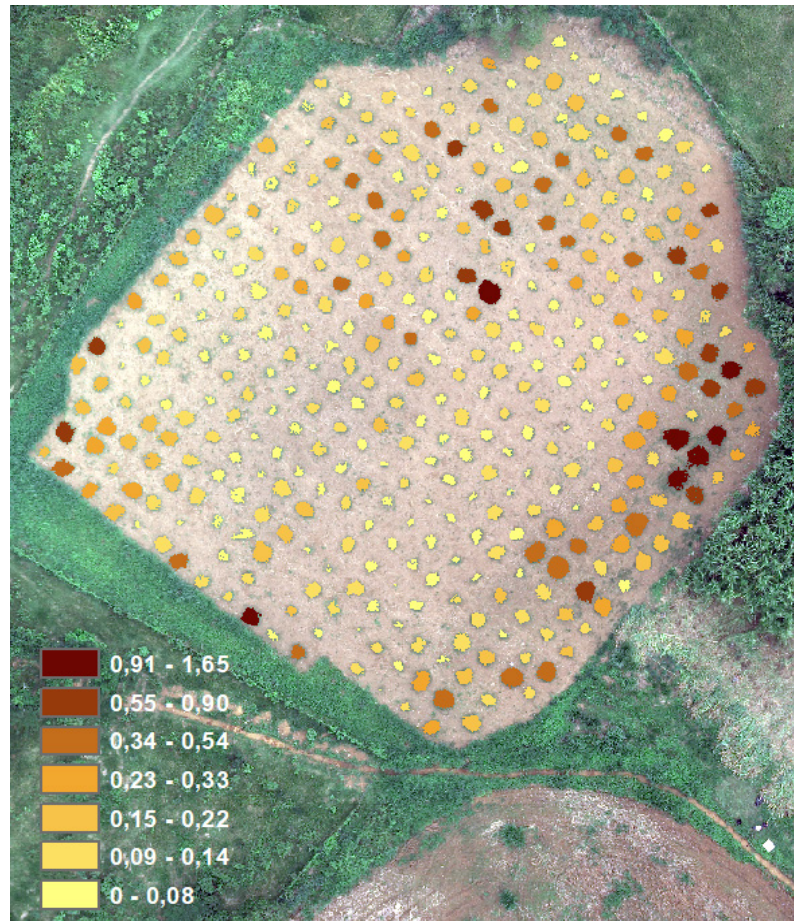


Figura 3 – MDT (volume em m³) das áreas com experimentos.

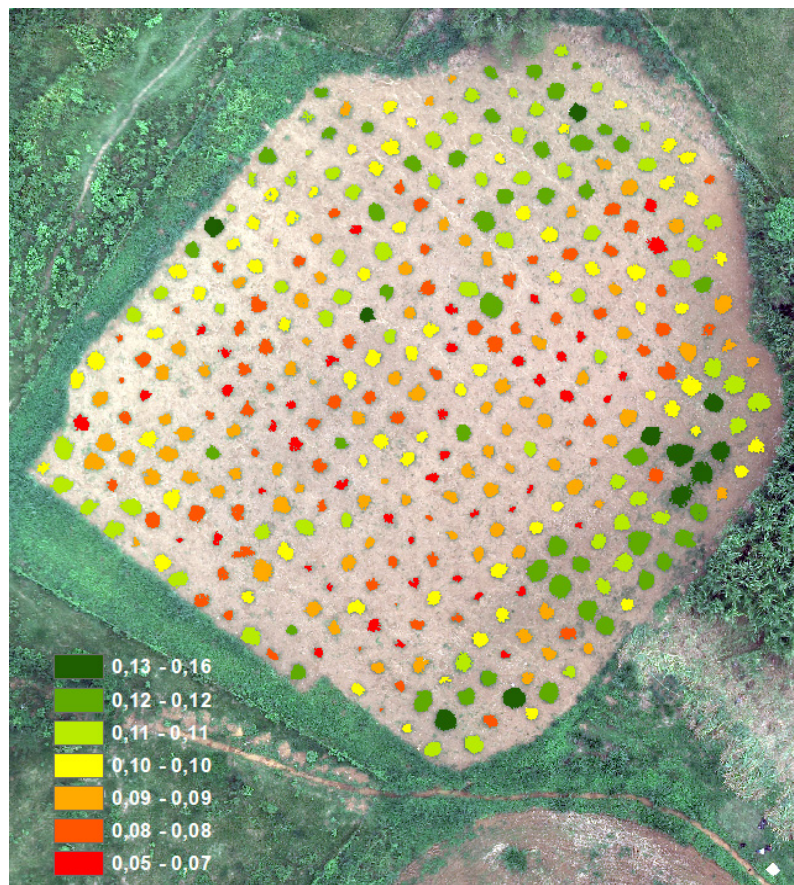


Figura 4 – NDRE das áreas com experimentos.

O NDRE não possibilitou por si só uma boa correlação com as notas e peso verde, conforme os dados da Tabela 1 (notas atribuídas estão em parênteses e a letra T representa a testemunha, a qual é o capim Tifton 85 cv). Nota-se que sem a totalidade dos parâmetros, o qual incluiria a informação volumétrica (MDT), as parcelas de Tifton surgem nesta classificação, mesmo sendo o capim testemunha, usado para efeito de comparação com os tratamentos aplicados às forrageiras no melhoramento genético. Assim, com o uso do multicritério, o qual preconiza o cruzamento de várias camadas de informações, obteve-se uma melhor correlação, e, por conseguinte, a seleção mais adequada dessas forrageiras (Tabela 2). Na Figura 5, a distribuição geográfica das parcelas com os resultados do método empregado, assim como a posição das forrageiras na classificação adotada, considerando as 12 melhores ranqueadas.

Ranking das parcelas selecionadas pelo índice de vegetação NDRE					
Classificação	Nº Parcela	Peso verde (kg)	Classificação	Nº Parcela	Peso verde (kg)
1º	385 (4) (T)	1,38	7º	309 (4) (T)	1,45
2º	68 (5) (T)	3,6	8º	265 (5)	2,68
3º	270 (4) (T)	2,04	9º	269 (5)	3,10
4º	305 (4,5)	2,44	10º	268 (5)	2,64
5º	206 (4)	1,60	11º	31 (5)	3,45
6º	213 (3,5)(T)	1,38	12º	148 (4,5)	2,52

Tabela 1 – NDRE para as forragens nas parcelas do experimento.

Aferição do peso verde das plantas a partir do ranking das doze melhores parcelas de *Cynodon* spp. selecionadas pelo i-HEALTH&HEIGHT-PLANTS

Classificação	Nº Parcela	Peso verde (kg)	Classificação	Nº Parcela	Peso verde (kg)
1º	269 (5)	3,10	7º	3 (3)	1,71
2º	305 (4,5)	2,44	8º	319 (5)	1,50
3º	277 (5)	2,44	9º	343 (4)	1,80
4º	268 (5)	2,64	10º	341 (4)	1,28
5º	265 (5)	2,68	11º	86 (4)	1,60
6º	342 (4)	1,30	12º	266 (4,5)	1,50

Tabela 2 – Peso verde das forragens nas parcelas do experimento.

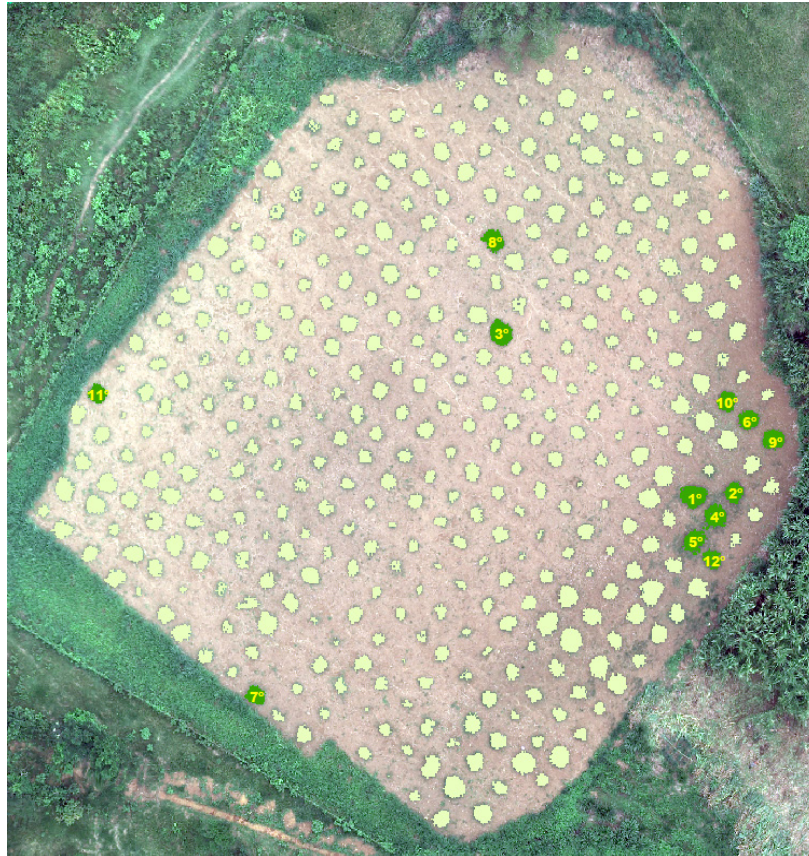


Figura 5 – Resultado final com a composição NDRE e MDT, seleção teste por VANT das melhores forragens nas parcelas.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O VANT permitiu, em uma primeira abordagem, uma rápida e eficiente captura de informações por sensoriamento remoto das parcelas em campo, e, por meio da metodologia i-Health&Height-Plants, estabeleceu-se um padrão nas estimativas de parâmetros de cunho agrônomo em melhoramento genético de clones de capim *Cynodon*. Isto pode contribuir sobremaneira, por exemplo, na fenotipagem de alto rendimento em programas de melhoramento de plantas. Esta, provavelmente, se constitui em uma nova fronteira do conhecimento para aplicações em levantamentos aerofotogramétricos e de extração de parâmetros biofísicos em lavouras, aspectos fitossanitários e antecipação de estresses que possam ocorrer do ponto de vista hídrico, mineral, nutricional ou entomológico. As aplicações em infraestrutura e mapeamento exploratório irão surgir à medida em que o VANT se popularizar no meio acadêmico e rural.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, K.; GASTON, K. J. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 11, n. 3, p. 138-146, 2013.

GITELSON, A. A.; STARK, R.; GRITS, U.; RUNDQUIST, D.; KAUFMAN, Y.; DERRY, D. Vegetation and soil lines in visible spectral space: a concept and technique for remote estimation of vegetation fraction. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 13, p. 2537-2562, 2002.

GITELSON, A.A.; GRITZ, Y.; MERZLYAK, M.N. Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. **Journal of Plant Physiology**. v. 160, p. 271-282, 2003.

HUNT JR., E. R.; DORAISWAMY, P. C.; MCMURTREY, J. E.; DAUGHTRY, C. S. T.; PERRY, E. M. A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 21, p. 103-112, 2013.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: *Earth resources technology satellite-1 Symposium*, 3., 1973, Greenbelt. **Proceedings...** Greenbelt: NASA SP-351 I, 1973. p. 309-317.