

## SENSORIAMENTO REMOTO PROXIMAL NA PESQUISA AGROPECUÁRIA: PASSOS INICIAIS

Alfredo José Barreto Luiz<sup>1</sup>, Marcos Correa Neves<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP-340, km 127,5 Tanquinho Velho, Caixa Postal 69, Jaguariúna, SP, 13830-000 {alfredo.luz; marcos.neves@embrapa.br}

### RESUMO

Após décadas de uso do sensoriamento remoto orbital na agricultura, a possibilidade de uso de imagens obtidas por Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA - *Remotely Piloted Aircraft*) está mudando o cenário de uso e aplicação das imagens nesse campo. A mudança de escala de trabalho e a limitação atual de bandas disponíveis exige uma nova base de conhecimento sobre aspectos fundamentais nessa área de pesquisa. Esse trabalho, desenvolvido em ambiente controlado, propõe um método não destrutivo (remoto) para estimar a Área Verde Digitalizada (AVD) do capimannoni (*Eragrostis plana*) e compara seus resultados com os de um aparelho tradicional de medição de área foliar de mesa (LI-3100). A proposta se baseia no processamento de imagens compostas apenas pelas bandas do visível (RGB), semelhantes às que poderão ser obtidas por equipamentos transportados por RPA. As relações entre as medidas de área obtidas, peso verde e matéria seca das plantas foram avaliadas.

**Palavras-chave** — agricultura de precisão, *Eragrostis plana*, imagem digital.

### ABSTRACT

*After decades of use of orbital remote sensing in agriculture, the use of Remotely Piloted Aircraft (RPA) imagery is changing scenario of imaging use and application in this field. The change of work scale and the current limitation of available bands requires a new knowledge base on fundamental aspects in this area of research. This work, developed in a controlled environment, proposes a non-destructive (remote) method to estimate the Green Digitized Area (AVD) of lovegrass (*Eragrostis plana*) and compares its results with those made through a traditional bench-top leaf area meter (LI-3100). The proposal is based on the processing of images composed only of the bands of the visible (RGB) similar to those that can be obtained by equipment transported by RPA. The relationship between the obtained area measurements, fresh weight and dry matter of the plants were evaluated.*

**Key words** — *precision agriculture, Eragrostis plana, digital image.*

### 1. INTRODUÇÃO

No âmbito do projeto “Tecnologias habilitadoras para automação da Agricultura de Precisão (AP): silvicultura, sistemas integrados e pecuária”, componente da Rede de Pesquisa em Agricultura de Precisão da Embrapa, o capimannoni (*Eragrostis plana* Nees) foi escolhido como espécie a ser investigada. Oannoni é uma planta da família das poáceas (antigamente denominada gramínea), de origem sul-africana, que foi acidentalmente introduzida no sul do Brasil na década de 1950. Considerada a planta invasora mais agressiva e de mais difícil controle nas pastagens gaúchas, estima-se que seja responsável por infestar aproximadamente um milhão de hectares no Rio Grande do Sul [1]. É uma planta perene, de hábito cespitoso, cujo sistema de perfilhamento e o tipo de raiz a fazem resistente ao controle mecânico [2]. Essas características, juntamente com a alta produção de sementes, que se mantêm viáveis por longo tempo no campo, permitem elevada capacidade de propagação. Além disso, por ser de baixa aceitação pelos animais e apresentar resistência à seca, essa planta apresenta grande potencial de disseminação [3].

Por outro lado, ela apresenta baixa qualidade nutricional para os animais, o que é mais um problema para os produtores que veem sua infestação aumentar nos campos na forma de touceiras cada vez maiores. Ela pode ser considerada indicadora de pastagens degradadas, sendo mais comum em áreas com sobrepastejo e que sofrem muitas queimadas [4].

O objetivo desse trabalho é verificar a possibilidade de estimar a biomassa de capimannoni através de imagens digitais providas apenas de bandas no visível (RGB). Nessa primeira etapa, o mesmo processo utilizado na obtenção do Índice de Cobertura Verde (ICV) [5] foi aplicado para estimar valores de área foliar que foram comparados às medidas feitas através de um medidor de área foliar tradicional de mesa (LI-3100).

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram preparados 60 vasos plásticos de 6 litros com terra homogeneizada e numerados. Através do uso da rotina PROC PLAN do programa SAS [6] os vasos foram distribuídos inteiramente ao acaso em 15 conjuntos de quatro vasos cada.

O experimento foi montado sobre mesas, dentro de uma estufa com temperatura e umidade controladas automaticamente. Os vasos foram irrigados por gotejamento permanente. No dia 15 de agosto de 2017 foram semeadas 15 sementes de capim annoni no centro de cada vaso. Após a emergência das plantas, em cada vaso foi deixado um único indivíduo. Os vasos foram mantidos livres de qualquer outra planta (Figura 1).



**Figura 1. Experimento com vasos na estufa (A) e conjunto analisado na quinta colheita, em 21/11/2017 (B).**

A partir de 26 de setembro foram iniciadas as colheitas, repetidas aproximadamente a cada duas semanas (10 e 24/10; 7 e 21/11; 5 e 15/12; 3, 7 e 30/01; e 16/02). Em cada colheita, o conjunto de quatro vasos previamente aleatorizado era retirado das mesas, fotografado sempre da mesma forma e a parte aérea era cortada rente ao solo para pesagem e medição da área foliar (AF). Foram feitas 11 colheitas no total. Após a última colheita realizada, embora restassem 4 conjuntos ainda com plantas, elas já apresentavam claros sinais de senescência das folhas e, por isso, o experimento foi finalizado.

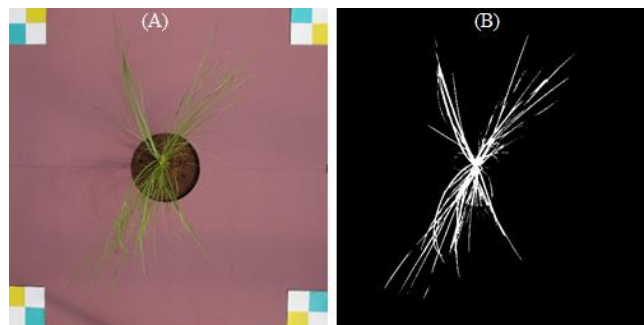
A medida do peso verde (PV) foi realizada imediatamente após o corte, em balança analítica de precisão (Mettler Toledo modelo AG204), no Laboratório de Qualidade de Solos (LQS) da Embrapa Meio Ambiente. Após a pesagem a planta de cada vaso era passada por um medidor de área foliar tradicional de mesa (LI-3100). Cada planta era passada quatro vezes pelo aparelho e calculada a média das medidas. Em seguida, a planta era colocada em um saco de papel e levada para secar em estufa com circulação e renovação de ar mantida a 60°C (Tecnal modelo TE 394/4); seu peso era medido diariamente e quando não havia mais redução no valor ele era anotado como a matéria seca da amostra.

Para a obtenção das fotografias foi utilizada uma câmara digital comum (Canon PowerShot A810) e construído um suporte que mantinha a câmara sempre à mesma distância do topo do vaso. A estrutura possuía ainda uma superfície quadrada e plana de madeira pintada que se encaixava ao redor das hastes da planta, sobre a borda do vaso, deixando apenas as folhas sobre ela (Figura 2).

As fotos RGB foram processadas de forma a separar as componentes matiz, saturação e brilho. Posteriormente na fração matiz foram estabelecidos limites para diferenciação dos pixels de matiz equivalente ao verde e esses pixels foram quantificados. Em função da geometria de observação e da resolução da câmara, o número de pixels de matiz verde foi

transformado para uma estimativa da área verde que será aqui tratada por área verde digitalizada (AVD).

Foram feitos gráficos de dispersão e calculadas as correlações lineares entre os valores de PV, MS, AF e AVD. Também foram ajustadas equações de regressão linear simples e polinomial de segundo grau aos dados.



**Figura 2. Fotografia de uma planta de capim annoni antes (A) e após (B) o tratamento digital.**

### 3. RESULTADOS

Inicialmente, houve a tentativa de medir a área foliar com um aparelho portátil de mão, que não exige o corte da planta, entretanto, as características das folhas e da planta (folhas muito finas e compridas e que se reúnem pelas bainhas formando uma parte mais grossa) tornaram a tarefa cada vez mais difícil e imprecisa a medida que as plantas cresciam. Por isso, esse método foi abandonado. Também foram feitas tentativas de medir a área foliar através de escaner de mesa, mas para isso era necessário ‘desmontar’ todas as plantas, separando as folhas individualmente e fixando todas elas em uma folha transparente por meio de uma fita também transparente. O método se mostrou extremamente trabalhoso, consumindo muito tempo e inviabilizando a obtenção da matéria seca das plantas, pois, ao serem ‘descoladas’ após serem escaneadas, as folhas se partiam. Por esse motivo essa tentativa foi realizada apenas com duas das quatro plantas da segunda e terceira colheita e também foi descartada. Na medição da área foliar com o uso do aparelho LI-3100, a primeira medida foi feita para as plantas de dois vasos, e só a partir da segunda colheita passou a ser feita nas plantas dos quatro vasos. Assim, as variáveis AVD e PV possuem 44 valores, (11 medidas com quatro repetições), a variável AF possui 42 valores (10 medidas com quatro repetições e uma medida com duas repetições), e a variável MS possui 40 medidas (9 medidas com quatro repetições e duas medidas com duas repetições).

Na Tabela 1 estão os valores dos coeficientes de correlação ( $r$ ) entre as variáveis analisadas e seus respectivos níveis de significância. Todas as correlações foram altamente significativas, embora as medidas de AF tenham produzido valores mais altos que a AVD quando correlacionadas com PV e MS. Os valores mais altos foram obtidos quando foram correlacionados entre si os valores das áreas, AF e AVD (0,91), e os valores dos pesos, PV e MS

(0,99). As análises foram realizadas usando o procedimento PROC CORR do SAS [6].

Coeficiente de correlação de Pearson Prob >  r  sob H0: Rho=0			
	PV	MS	AF
AVD	0,76911 <,0001	0,66980 <,0001	0,91218 <,0001
PV		0,99087 <,0001	0,93438 <,0001
MS			0,88307 <,0001

Tabela 1. Correlação linear entre área verde digitalizada (AVD), área foliar (AF), peso verde (PV) e matéria seca (MS).

Foi ajustado um modelo de regressão polinomial quadrático que permite estimar o valor do peso da matéria seca (MS) em função do peso verde. O ajuste do modelo foi altamente significativo e o coeficiente de determinação ajustado (R2 ou Adj R-Sq) foi de 0,99, como mostrado na Figura 3.

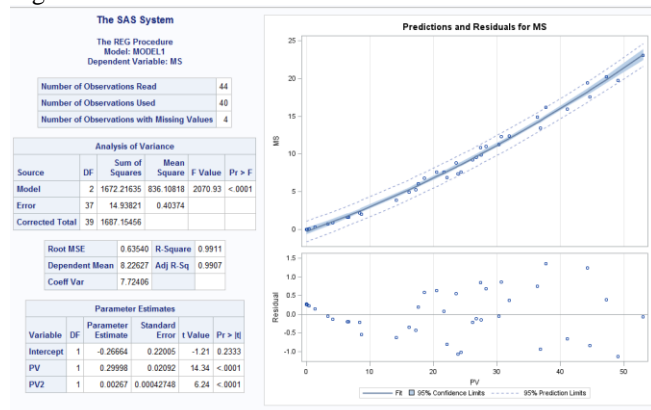


Figura 3. Regressão entre a matéria seca (MS) e o peso verde (PV) das plantas de capim annoni ao longo do ciclo.

Também foi possível obter um ajuste estatisticamente significativo para o modelo de regressão linear entre a área foliar (AF) medida pelo equipamento tradicional e a área verde digitalizada (AVD) estimada pelo método aqui proposto. Nesse caso o coeficiente de determinação ajustado foi de 0,83 (Figura 4).

Quando se tentou estimar a matéria seca e o peso verde do capim annoni diretamente da AVD, embora o ajuste do modelo de regressão tenha sido significativo (Prob > F menor que 0,0001 para todos eles), os valores de R2 foram bem inferiores aos encontrados para o ajuste entre essas variáveis e a AF. Os melhores ajustes sempre foram entre os pesos e o quadrado da área foliar estimada, independente do método de estimação. Os valores dos parâmetros dos modelos e respectivos coeficientes de determinação podem ser vistos na Tabela 2.

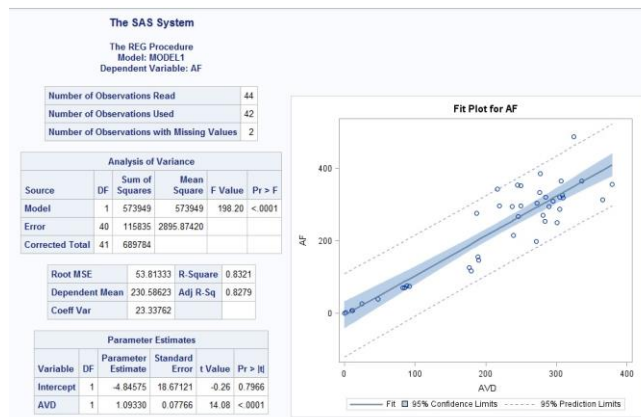


Figura 4. Regressão entre a área foliar (AF) e a área verde digitalizada (AVD) do capim annoni ao longo do ciclo.

	intercepto	parâmetro	R <sup>2</sup>
MS =	-0,05589	+ 0,00011374.AF <sup>2</sup>	0,8428
MS =	1,69986	+ 0,00010827.AVD <sup>2</sup>	0,3882
PV =	2,43304	+ 0,00026889.AF <sup>2</sup>	0,8912
PV =	4,52579	+ 0,00028395.AVD <sup>2</sup>	0,5176

Tabela 2. Equações de regressão da matéria seca (MS) e do peso verde (PV) em função do quadrado da área foliar (AF<sup>2</sup>) e da área verde digitalizada (AVD<sup>2</sup>) do capim annoni.

#### 4. DISCUSSÃO

Devido ao formato extremamente fino e comprido das folhas do capim annoni e do fato dele formar touceiras, apresentando bainhas imbricadas e o hábito de curvar umas folhas sobre as outras, a estimativa de biomassa a partir de fotografias planas de topo oferecem um desafio extra em relação a outros tipos de plantas. Apesar disso, o método proposto, por não ser destrutivo e poder ser aplicado sem uso de recursos técnicos complicados ou de difícil acesso, foi considerado suficientemente adequado para estimar a área foliar do capim annoni.

Esse foi o primeiro experimento de uma série que pretende desenvolver um protocolo experimental em ambiente controlado para aplicações de sensoriamento remoto proximal em pesquisa agropecuária. Apesar das dificuldades inerentes a um trabalho inicial, é possível vislumbrar várias possibilidades de aplicações simples do sensoriamento remoto, mesmo que baseado apenas nas bandas do visível e que se utilize de câmeras digitais comuns.

Outros experimentos já estão em fase de planejamento, com outras espécies individuais no início e posterior combinação de espécies. Também faz parte dos próximos desenvolvimentos a utilização de um espectroradiômetro de campo para obter as respostas espectrais de diferentes espécies de forma a poder auxiliar na confecção de filtros dedicados a fins específicos como o de distinção de espécies ou identificação de estresse, por exemplo, sempre mantendo um pequeno número de bandas, passível de transporte por veículos do tipo ARP.

## 5. CONCLUSÕES

O uso da área verde digitalizada (AVD) calculada a partir de imagens digitais apenas com bandas no visível (RGB) se mostrou promissor na quantificação da área foliar do capim annoni, com a vantagem de ser um método de sensoriamento remoto, ou seja, não destrutivo.

A correlação entre a área foliar do capim annoni estimada pelo método AVD e o valor obtido pelo uso do método tradicional de medida com o aparelho LI-3100 foi alta ( $r = 0,91$ ) e altamente significativa.

Embora as correlações lineares entre a área encontrada pelo método proposto (AVD) e o peso verde e a matéria seca do capim annoni tenham tido valores inferiores aos obtidos entre o valor medido pelo LI-3100, 0,77 contra 0,93 e 0,67 contra 0,88, respectivamente, os coeficientes foram altamente significativos para todos os casos.

## 6. REFERÊNCIAS

[1] Medeiros, R. B. e Focht, T. Invasão, prevenção, controle e utilização do capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Agropecuária Gaúcha*, v. 13, n. 1-2, p. 1-28, 2007.

[2] Kissmann, K. G. e Groth, D. Plantas infestantes e nocivas. 2.ed. São Paulo: BASF, pp. 825, 1997.

[3] Scheffer-Basso, S. M.; Favaretto, A.; Felini, V. e Cecchin, K. Growth and regrowth of tough lovegrass (*Eragrostis plana* Nees). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41, n. 2, p. 286-291, 2012.

[4] Brink, M. *Eragrostis plana* Nees. In: Brink, M. e Belay, G. (Eds.). Plant resources of Tropical Africa. Disponível em: <<https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?g=pe&p=Eragrostis+plana+Nees>>. Acessado em: 11/10/2017.

[5] Neves, M. C.; Júnior, O. R. N.; Luiz, A. J. B.; Sanches, I. D. A. Índice de cobertura verde para imagens de altíssima resolução. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18. (SBSR), 2017, Santos. Anais... São José dos Campos: INPE, 2017. p. 1273-1280. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3PS4GE7>>. Acessado em: 11/10/2018.

[6] SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2011.