



Revista
Técnico-Científica



CÂMERA MULTIESPECTRAL E SENSOR ÓPTICO PREDIZEM A ALTURA DE PLANTAS, A PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE LÂMINA FOLIAR E COLMO DA *UROCHLOA BRIZANTHA* CV. MARANDU

Ygor Souza Santos¹, João Lucas Aires Dias², Paulo Alexandre Pereira Rodrigues³, Izaías de Macedo Barros³, Pedro Matheus Barboza Barros⁴, Sabino Pereira da Silva Neto⁵.

¹Graduando Engenharia Civil, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins, campus Palmas (IFTO); ²Graduando Engenharia Florestal, Universidade Federal do Tocantins, campus Gurupi (UFT); ³Graduando Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, campus Gurupi (UFT); ⁴Graduando Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa (UFV); ⁵Professor Doutor, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins, campus Gurupi (IFTO).

RESUMO: Estimativas da massa seca de forragem, por meio do uso de sensores próximos, podem auxiliar no manejo da pastagem e dos animais em sistemas produtivos que utilizam as gramíneas como principal fonte de alimento. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a correlação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), obtido por meio de sensor óptico ativo e câmera convencional de chip único, com a produção de massa seca da *Urochloa brizantha* cv. Marandu em função de doses de nitrogênio. O delineamento experimental adotado foi o de blocos inteiramente casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco doses de nitrogênio correspondentes a 0, 100, 200, 300, 400 mg dm⁻³. Para medir a reflectância espectral do dossel forrageiro foi utilizado o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) usando-se para aquisição dos dados a câmera multiespectral e o sensor óptico ativo. A resposta espectral da gramínea, em função das doses de nitrogênio, se ajustou ao modelo matemático polinomial. Assim, o sensor óptico ativo e a câmera multiespectral foram capazes de detectar alterações na reflectância espectral do dossel da *Urochloa brizantha* em resposta à adubação nitrogenada. Os coeficientes de correlação de

Person entre os valores de NDVI de ambos os instrumentos, apresentaram valores acima de 0,80 para altura de plantas e massa seca da lamina foliar. Já a massa seca de colmo da gramínea apresentou valores de coeficientes de correlação maiores que 0,70, em relação à câmera multiespectral e o sensor óptico ativo. Observou que os valores de NDVI não se correlacionam com a massa seca do material morto. Assim, o uso de valores de NDVI do dossel em pastagem de capim Marandu pode auxiliar no manejo da pastagem.

Palavras-chave: estimativa massa de forragem, NDVI, pastagem, pecuária de precisão.

MULTISPECTRAL CAMERA AND OPTICAL SENSOR PREDICTS THE PRODUCTIVE POTENTIAL OF UROCHLOA BRIZANTHA CV. MARANDU

ABSTRACT: Estimates of forage dry matter, through the use of nearby sensors, can assist in the management of pasture and animals in productive systems that use grasses as the main food source. Therefore, this study aimed to evaluate the correlation of the vegetation index by normalized difference (NDVI), obtained by means of an active optical sensor and a conventional single chip camera, with the dry mass production of Urochloa brizantha cv. Marandu as a function of nitrogen doses. The experimental design adopted was completely randomized blocks with five treatments and five replications. The treatments consisted of five nitrogen doses corresponding to 0, 100, 200, 300, 400 mg dm⁻³. To measure the spectral reflectance of the forage canopy, the normalized difference vegetation index (NDVI) was used, using the multispectral camera and the active optical sensor for data acquisition. The spectral response of the grass, as a function of nitrogen doses, adjusted to the polynomial mathematical model. Thus, the active optical sensor and the multispectral camera were able to detect changes in the spectral reflectance of the canopy of Urochloa brizantha in response to nitrogen fertilization. Person's correlation coefficients between the NDVI values of both instruments, showed values above 0.80 for plant height and leaf dry mass. The dry stem mass of the grass, on the other hand, presented correlation coefficients greater than 0.70, in relation to the multispectral camera and the active optical sensor. He observed that the NDVI values do not correlate with the

dry mass of the dead material. Thus, the use of NDVI values of the canopy in Marandu grass pasture can assist in pasture management.

Keywords: estimating forage mass, NDVI, grazing, precision livestock.

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca no agronegócio mundial como um dos principais produtores e exportadores de alimentos. Nesse cenário, a bovinocultura brasileira tem papel importante uma vez que essa conta com o segundo maior rebanho do mundo. Para tanto, o rebanho do Brasil possui 213,5 milhões de cabeças que são mantidas, principalmente, em regime de pastejo em áreas que ocupam 151,9 milhões de hectares (IBGE, 2018).

De forma geral, observa-se que os sistemas de produção de bovinos no Brasil têm como principal alimento para os animais, as pastagens cultivadas e nativas. Assim, informações tal como a disponibilidade de massa de forragem, são imprescindíveis para que os pecuaristas possam determinar as taxas de lotação dos animais em pastejo (EDVAN et al., 2016).

Dentro das técnicas de manejo da pastagem o ajuste da carga animal e da taxa de lotação são importantes ferramentas para adequar a intensidade de desfolha que as pastagens venham sofrer durante o pastejo dos animais. Para tanto, devem ser considerados vários fatores tais com: categoria animal, tamanho da invernada ou da fazenda, área da pastagem, forragem disponível, método de pastejo, entre outros (CARVALHO et al., 2008).

A medição da produção de biomassa vegetal da pastagem é fundamental para estimar a disponibilidade de forragem e assim realizar o ajuste da taxa de lotação (EDVAN et al., 2016). A determinação da produção de massa seca se dá através do uso de técnicas de medição direta que envolve corte da forragem em área de tamanho conhecido, pesagem, secagem, as quais demandam tempo e mão de obra, o que tornam seu uso menos atrativo para os produtores (DEMINICIS, 2015).

Novas práticas e tecnologias usadas, principalmente, na agricultura de precisão estão sendo adotadas para monitoramento da massa de forragem. Entre essas, se destacam os sensores ópticos ativos que utilizam a reflectância espectral do dossel forrageiro para estimar a produtividade da gramínea (SERRANO et al., 2018). Os sensores usam o índice por diferença normalizada (NDVI) como medida indireta da oferta de forragem, o qual capta a reflectância espectral dos pigmentos foliares do dossel forrageiro, principalmente o da clorofila (SERRANO et al., 2016a).

O surgimento e desenvolvimento de sensores permitiram então maior capacidade de aquisição de dados no campo uma vez que não realizam amostragens destrutivas que na maioria das vezes são caras e demoradas. Além dos sensores ópticos ativos têm-se os sensores passivos, como a exemplo as câmeras multiespectrais que também são capazes de detectar o NDVI das culturas (DIAS et al., 2019).

As câmeras multiespectrais têm como principal vantagem, em relação aos sensores ópticos ativos, a capacidade de realizar o mapeamento da variabilidade horizontal da oferta de massa seca do pasto, uma vez que essas podem ser embarcadas em veículos aéreos não tripulados (VANT'S) (BARETH, SCHELLBERG, 2018). Essa caracterização permite distinguir adequadamente os níveis de oferta de massa de forragem no plano horizontal e conseqüentemente possibilita a previsão dos padrões de deslocamento e desempenho dos animais em pastejo (BAYMA-SILVA et al., 2019).

As medidas de NDVI podem ser obtidas por câmeras que utilizam dois ou mais chips os quais captam os diferentes comprimentos de ondas que posteriormente, permitem calcular o citado índice. Entretanto, essas câmeras têm designe óptico complexo o que eleva o seu valor de aquisição. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a correlação do NDVI, obtido por meio de sensor óptico e câmera convencional de chip único, com a produção de massa seca da *Urochloa brizantha* cv. Marandu em função de doses de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de janeiro e maio de 2016 em condições de casa de vegetação, localizada no Instituto Federal do Tocantins *Campus Gurupi*. Onde a gramínea *Urochloa brizantha* cv. Marandu foi cultivada em vasos plásticos sem furos com capacidade de cinco litros, contendo como substrato areia lavada e vermiculita na proporção de 2:1 v v⁻¹. Na fase de estabelecimento da cultura foram realizados desbastes de plantas periodicamente para que permanecessem até cinco plantas por vaso.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos inteiramente casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco doses de nitrogênio (ureia) correspondentes a 0, 100, 200, 300, 400 mg dm⁻³. Independente do tratamento foi realizada a adubação de 200 mg dm⁻³ de fósforo (superfosfato simples) no momento do plantio e 300 mg dm⁻³ de potássio (cloreto de potássio) parcelado em duas aplicações, sendo 50% da dose após a emergência das plantas e os outros 50% da dose após o corte de estabelecimento.

O corte de uniformização foi realizado a 15 cm de altura do solo aos 43 dias após a emergência das plantas. Os efeitos das doses de nitrogênio, sobre as características espectrais e disponibilidade de massa seca da gramínea, foram estudados durante três cortes sucessivos com intervalos de 28 dias. A gramínea foi colhida à 15 cm de altura do solo e colocada em sacos identificados, levados para pesagem e separação manual dos componentes morfológicos (lâminas foliares, colmo + bainha foliar e material morto). Em seguida, esses componentes foram acondicionados em sacos de papel identificados, e levados à estufa para secagem a 65°C por 72 horas até peso constante. Após secagem as amostras foram pesadas e determinadas à produção de massa seca de lâminas foliares (MSLF), massa seca de colmo (MSCM) e massa seca de material morto (MSMM) expressas em g vaso⁻¹. A altura do dossel foi medida utilizando-se régua graduada em centímetros de 1 metro. A altura do dossel forrageiro, em cada vaso, correspondeu à altura da curvatura das folhas superiores em torno da régua.

Para analisar a refletância espectral do dossel forrageiro foi empregado o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), utilizando-se sensor óptico ativo GreenSeeker® modelo HCS-100, o qual serviu como parâmetro para validar os resultados da câmera multiespectral. O sensor óptico possui dois LED's, que emitiam radiação ativa em dois comprimentos de onda centralizada no vermelho (660 nm) e no infravermelho próximo (770 nm), com largura espectral de 25 nm.

No caso das imagens espectrais, utilizou-se uma câmera convencional Canon PowerShot A495 de 10 megapixels a qual foi convertida em multiespectral por meio da remoção do filtro de vidro interno, que bloqueia a passagem do comprimento de onda do infravermelho, e em substituição, inseriu-se filtro de vidro bg3 da Schott®, que permite a passagem dos comprimentos de ondas do vermelho e infravermelho próximos.

Os valores de NDVI da gramínea foram coletados a 60 cm de altura do topo do dossel. As imagens dos dosséis da gramínea foram processadas e convertidas em imagens que indicam o valor médio NDVI de cada amostra realizada. Para isto, utilizou-se o programa ImageJ (image processing and analysis in Java). Já os valores de NDVI coletados pelo sensor óptico ativo foram calculados pelo próprio equipamento por meio da seguinte equação:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}}$$

NIR é a reflectância no infravermelho próximo e RED é a reflectância no vermelho. O NDVI pode variar de -1 a +1. Valores negativos representam solo nu ou sem vegetação, e os valores maiores que zero representam a vegetação.

Após as coletas periódicas, os dados foram submetidos à análise de variância e regressão para verificar a significância do efeito das doses de N sobre os atributos avaliados, utilizando-se o programa Sigmaplot 10. A escolha da equação de regressão foi realizada com base no coeficiente de determinação (R^2), na significância da regressão e de seus coeficientes, testados ao nível de 1% e 5% de probabilidade. A altura de plantas e a produção de massa seca de lâminas foliares, colmo e material morto foram submetidas a estudo de correlação simples, aplicando-se o teste de

Pearson a 1% e 5% de probabilidade entre os valores de NDVI da câmera multiespectral e o sensor óptico ativo.

RESULTADOS

Na figura 1 são apresentados os resultados da produtividade média de massa seca das lâminas (MSLF) foliares da *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Diante disso, pode-se observar que a resposta produtiva da gramínea, em função da aplicação de nitrogênio (N), se ajustou ao modelo teórico quadrático, com coeficiente de determinação de 0,99. Assim, o ajuste a algum modelo matemático de regressão, seja ele linear ou polinomial quadrática, era uma requisito para que se realizasse uma comparação entre resposta produtiva e o comportamento espectral do dossel da cultivar Marandu.

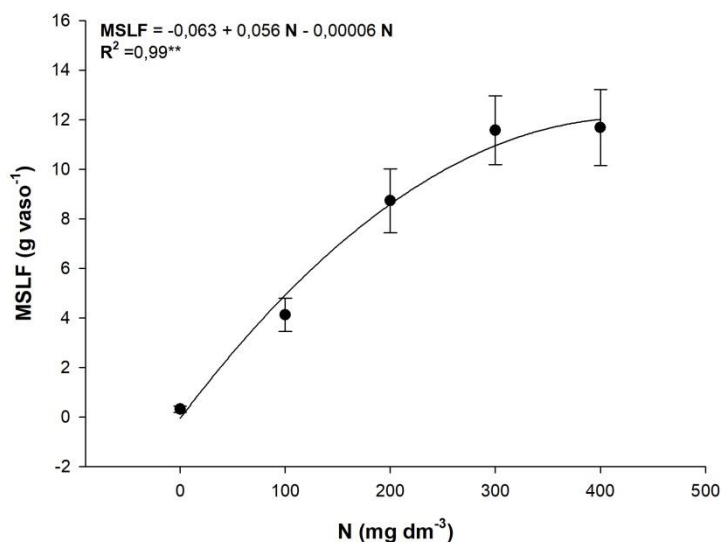


Figura 1. Produtividade de massa seca de lâminas foliares da *Urochloa brizantha* cv. Marandu em função de doses de nitrogênio (N). (***) Regressão significativa ao nível de 1% de probabilidade.

Fonte: Dados produzidos pelo autor (2019)

A predição da equação de regressão indica que a reflectância espectral do dossel da *Urochloa brizantha* cv. Marandu, assim como a produtividade de MSLF, foi influenciada pela aplicação de N, segundo modelo quadrático (Figura 2). Nesse

sentido, tanto os valores de NDVI obtidos pelo sensor óptico ativo (Figura 2A) quanto pelo sensor óptico passivo (Figura 2B) apresentaram modelos matemáticos de regressão com comportamentos semelhantes.

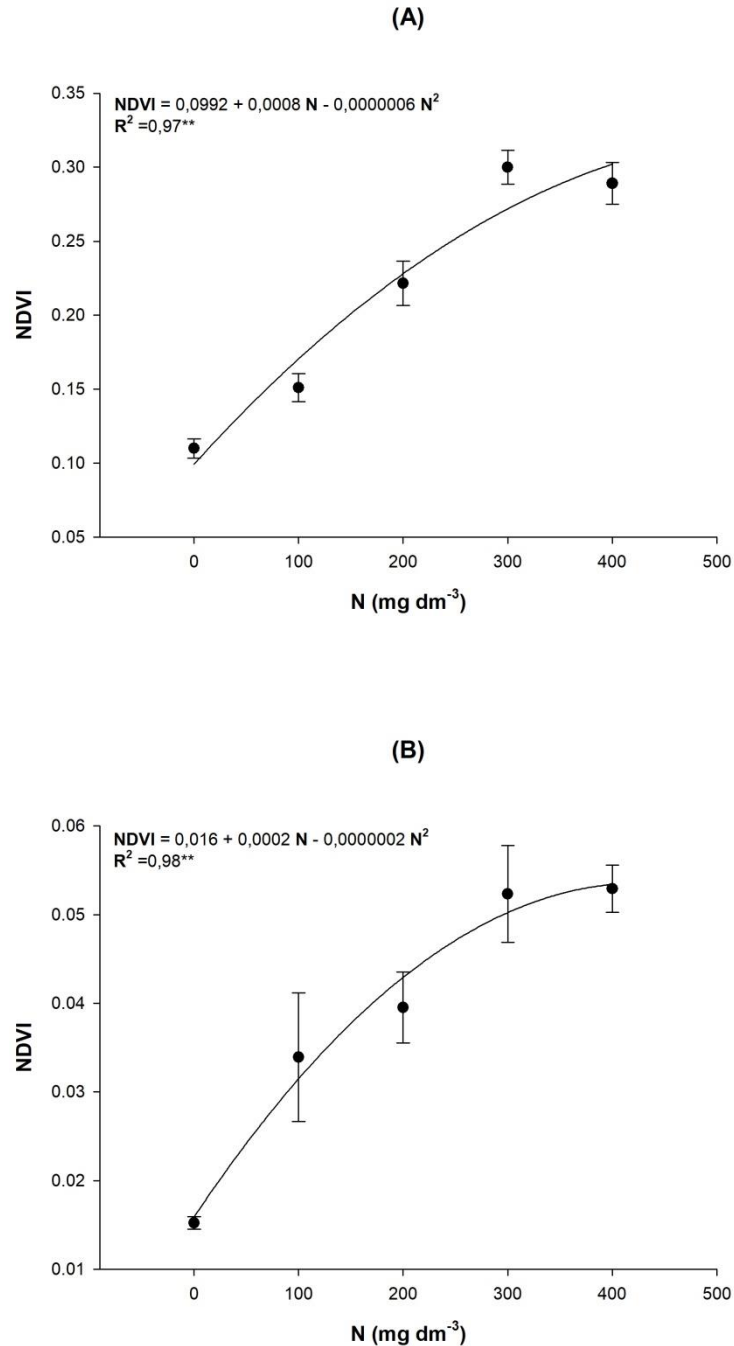


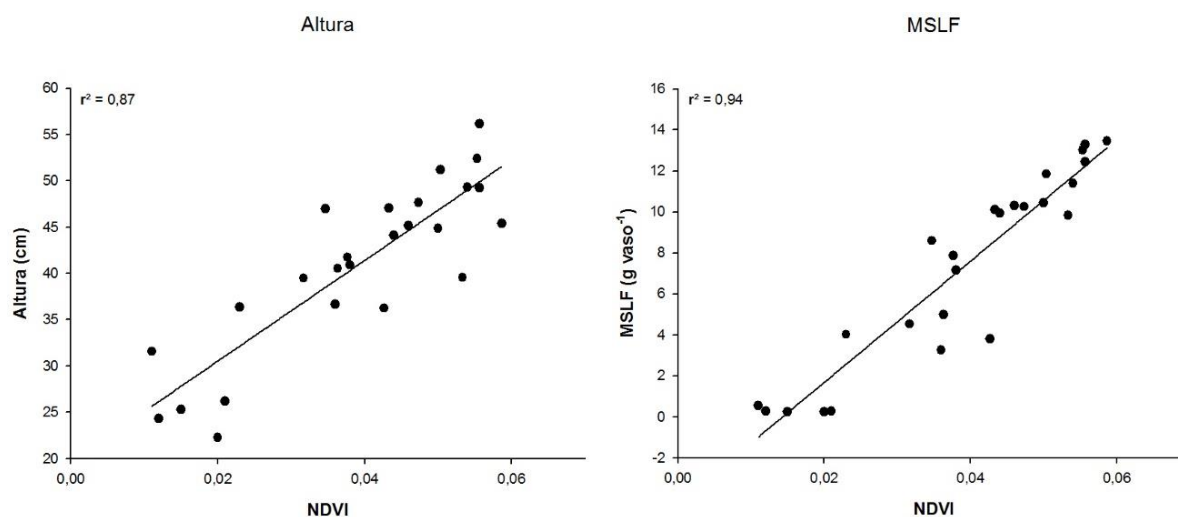
Figura 2. Índice Vegetativo por Diferença Normalizada (NDVI) da *Urochloa brizantha* cv. Marandu obtido pelo sensor óptico em função de doses de nitrogênio (N). (***) Regressão significativa ao nível de 1% de probabilidade.

Fonte: Dados produzidos pelo autor (2019)

As regressões apresentaram altos valores de coeficiente de determinação. Assim, a estimativa é adequada para predição das alterações da reflectância espectral promovidas pela aplicação de N na gramínea. Diante disso, o sensor óptico GreenSeeker® (Figura 2A) e a câmera multiespectral (Figura 2B) foram capazes de detectar essas alterações da reflectância do dossel da *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

O maior valor de NDVI foi encontrado com adubação teórica de 400 mg dm⁻³. Para essa dose de N o valor de NDVI foi de 0,30 e 0,053 para sensor óptico GreenSeeker® e a câmera multiespectral, respectivamente. As regressões, que determinaram esses valores, apresentam altos valores de coeficiente de determinação. Assim, as estimativas permite realizar predições das alterações da refletância espectral promovidas pela adubação de N na gramínea (Figura 2).

Para verificar se os atributos produtivos da gramínea podem então ser estimas por meio do uso de sensor óptico ativo realizou-se a análise de correlação de Pearson dessas variáveis e os valores de NDVI (Figura 3).



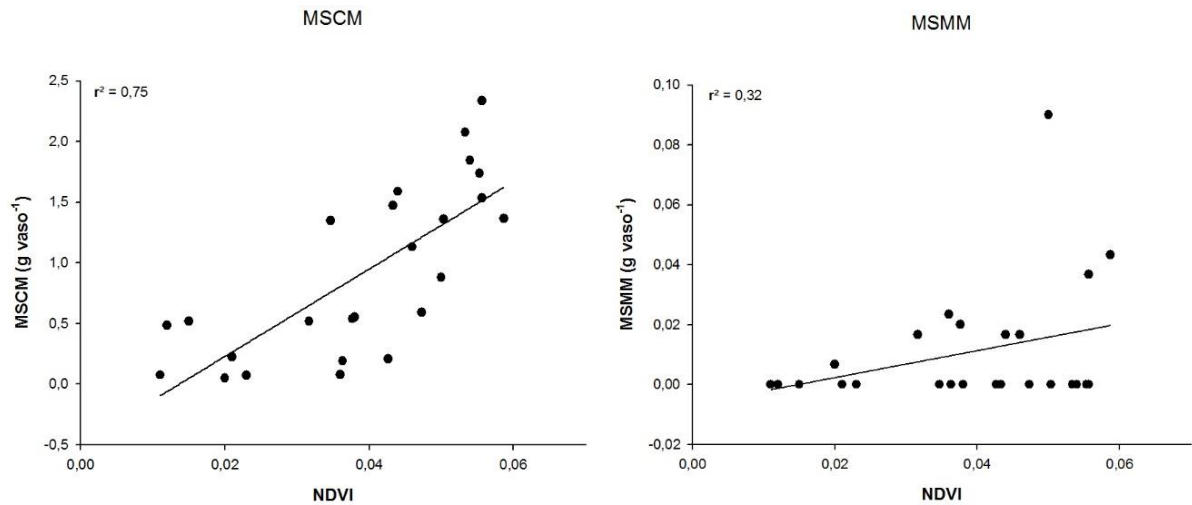
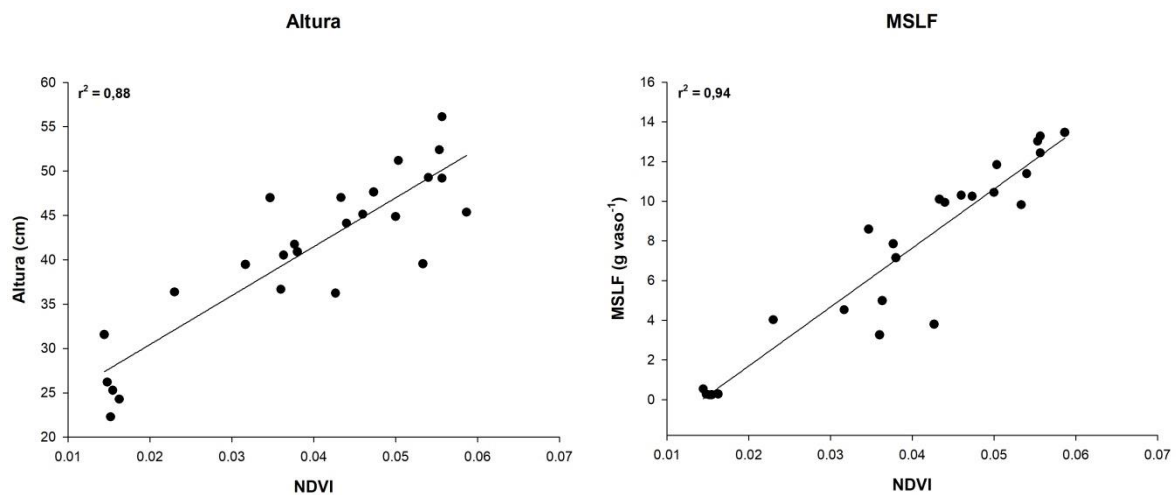


Figura 3. Correlação entre o Índice Vegetativo por Diferença Normalizada (NDVI) por meio do sensor óptico e as características de produção da *Urochloa brizantha* cv. Marandu, massa seca da lamina foliar (MSLF), colmo (MSCM) e materil morto (MSMM). Fonte: Dados produzidos pelo autor (2019)

Também foi realizado a análise de correlação de Pearson dos atributos produtivos da gramínea e os valores de NDVI para verificar se essas variáveis podem ser estimadas pela câmera multiespectral (Figura 4).



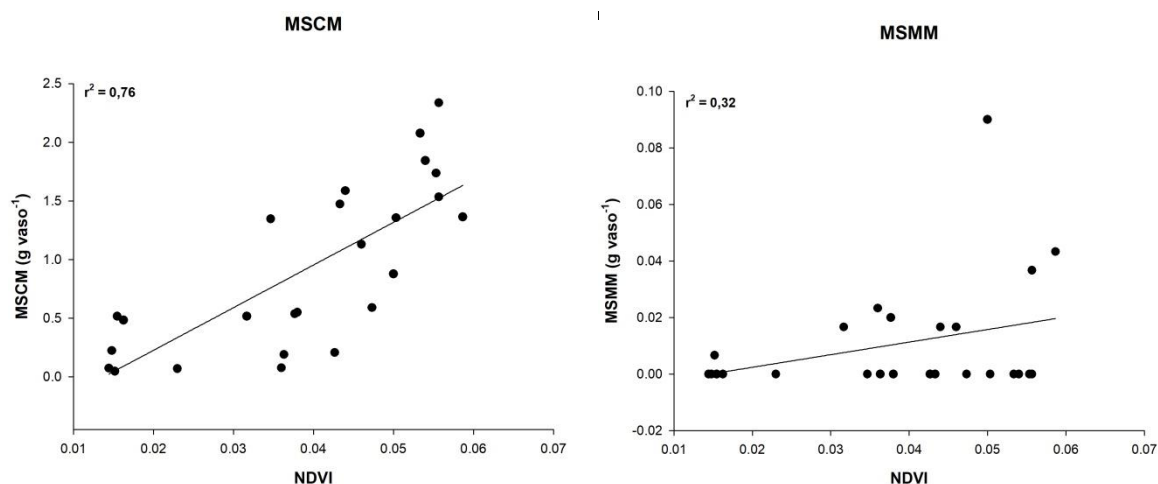


Figura 4. Correlação entre o Índice Vegetativo por Diferença Normalizada (NDVI) por meio da câmera multiespectral e as características de produção da *Urochloa brizantha* cv. Marandu. massa seca da lâmina foliar (MSLF), colmo (MSCM) e material morto (MSMM). Fonte: Dados produzidos pelo autor (2019)

A variável massa seca de lâminas foliares (MSLF) teve coeficiente de correlação, em relação ao NDVI, significativo e positivo. Diante disso, nota-se que o uso de valores de NDVI, tanto do sensor óptico ativo como o da câmera multiespectral, tem grande potencial para estimativas, indiretas, da disponibilidade de massa seca da forragem. Com relação a variável massa seca do colmo (MSCM) também se observou uma correlação significativa e positiva. Já o menor valor do coeficiente de correlação foi obtido para massa seca de material morto (MSMM).

DISCUSSÃO

A resposta da reflectância espectral, obtida por meio de sensor óptico ativo e passivo, da gramínea apresentou comportamento segundo modelo quadrático devido a maior disponibilidade de N que aumenta o teor de clorofila nos tecidos vegetais, até que essa chegue ao ponto de maturidade fotossintética, a partir do qual ela se estabiliza e se mantém invariável, mesmo após incremento de N no tecido da planta (COSTA et al., 2001; MOLIN et al., 2010). Nesse sentido, os dois sensores utilizados foram capazes de observar essas alterações responsivas da *Urochloa brizantha* cv.

Marandu à adubação nitrogenada a qual modificou a sua resposta espectral em função das aplicações de N.

Na análise de correlação notou-se que a variável altura apresentou correlação de Pearson positivo em relação ao NDVI o qual teve coeficientes iguais a 0,87 e 0,88. Sob essa ótica, as respostas do estudo indicam que se pode estimar a altura das plantas por meio dos valores de NDVI. Normalmente, a variável altura é utilizada para determinar práticas de manejo da pastagem tal como, o ajuste da taxa de lotação ou mesmo o momento de entrada e saída dos animais de uma área pastejo (COSTA et al., 2009). Assim, tendo em vista que a altura de plantas é um indicador da quantidade de forragem disponível no pasto (GENRO; SILVEIRA, 2018), o forragiculturo pode utilizar os valores de NDVI para tomar medidas de manejo da pastagem para melhora à eficiência de pastejo uma vez que essas variáveis possuem correlação.

Outra vantagem, quanto à possibilidade de uso dos sensores avaliados no experimento, é devido à capacidade desses em estimar a disponibilidade de massa seca de lâminas foliares da pastagem, uma vez que se observaram valores de correlação de 0,94 para ambos os equipamentos. Isso porque esse componente morfológico da gramínea é a principal fração utilizada para realizar o ajuste da taxa de lotação dos animais em pastejo (MARTHA JÚNIOR et al., 2003). Assim, respostas espectrais podem ser utilizadas como ferramenta de manejo da pastagem, uma vez que o conhecimento da disponibilidade de massa seca das lâminas foliares é imprescindível para o manejo dos animais em pastejo (ZHAO et al., 2007).

A validação de ferramentas que facilitem o manejo da pastagem vem sendo estudada por pesquisadores, os quais já estão observando alguma correlação entre o NDVI e a produtividade da gramínea (SIMÕES et al., 2015; SERRANO et al., 2016a; SERRANO et al., 2016b; EDVAN et al., 2016; TONG et al., 2018; DIAS et al., 2019). Nesse sentido, tanto em pastagens cultivadas como em nativas se observa correlações significativas entre as características produtivas da forrageira e os valores de NDVI (ROSA et al., 2015; SERRANO et al., 2016b; DIAS et al., 2019).

A disponibilidade da fração colmo, assim como de folhas e material morto, tem grande variação em uma pastagem (GROSS FILHO et al., 2016), o que gera alterações na qualidade da dieta dos animais, uma vez que esse componente

morfológico tem menor digestibilidade. Assim, o uso do NDVI pode detecta variações na disponibilidade de massa seca de colmo, o que auxilia o manejador da pastagem a adotar ações que minimize alterações na qualidade da dieta dos animais em pastejo.

A produção de material morto da gramínea teve baixos coeficientes de correlação com os valores de NDVI, isso pode ter ocorrido porque intervalos de corte de 28 dias apresentam menor senescência de folhas (MEDICA et al., 2017). Por conseguinte, as folhas senescidas, estão localizadas na base da gramínea, assim, estas folhas têm seus nutrientes translocados, para outras partes da planta, o que diminui a reflectância espectral das lâminas foliares da base do dossel (CANCELLIER et al., 2013).

Os valores de NDVI obtido por meio dos sensores ativo e passivo se se mostram eficientes para estimar a altura e biomassa da gramínea forrageira. Diante disso, vislumbra-se que o uso de sensores de reflectância espectral possui grande potencial para aplicações práticas na pecuária como ferramenta para gestão do manejo da pastagem. Além disso, a câmera multiespectral, também pode ser utilizada para o mapeamento de grandes áreas de pastagem de maneira rápida e prático por meio do acoplamento desta em veículo aéreo não tripulado (VANT) (BAYMA-SILVA et al., 2019). Por sua vez, sensor óptico ativo GreenSeeker® também pode ser utilizado para o mapeamento da pastagem desde que esse seja acoplado em um trator ou mesmo na barra de um implemento agrícola.

CONCLUSÕES

Valores de NDVI, captados por câmera multiespectral e as medidas de NDVI, obtidas pelo sensor óptico ativo se correlacionam com a altura de plantas, massa seca de lâmina foliar e de colmo da *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Diante disso, o uso de valores de NDVI do dossel em pastagem de capim Marandu pode auxiliar na gestão do manejo da pastagem.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Tocantins pelo apoio à pesquisa e ao CNPq pela concessão de bolsas de iniciação científica na modalidade PIBIC-EM.

REFERÊNCIAS

- BAYMA-SILVA, G., GREGO, C.R., KOENIGKAN, L.V., NOGUEIRA, S.F., PEZZOPANE, J.R.M., SANTOS, R.C., SANTOS, P.M., SANTOS, T.T., TAKEMURA, C.M. **Protocolo de campo para investigação, calibração e validação de métodos para estimativa de massa de forragem baseados em sensoriamento remoto orbital e proximal**. Comunicado técnico, Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2019. 29p. (Embrapa Informática Agropecuária. Comunicado técnico, 133).
- BARETH, G., SCHELLBERG, J. Replacing manual rising plate meter measurements with low-cost uav-derived sward height data in grasslands for spatial monitoring. **PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science** v. 86, n. 4, p.157-168, 2018. <https://doi.org/10.1007/s41064-018-0055-2>.
- CANCELLIER, E.L.; SILVA, J.; SANTOS, M. M. S.; SIEBENEICHLER, S.C.; FIDELIS, R.R. Índices de clorofila em partes da planta de arroz de terras altas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 199-206 , 2013.
- CARVALHO, R. C. R.; ATHAYDE, A.A.R.; VALERIANO, A.R.; MEDEIROS, L.T.; PINTO, J.C. Método de determinação da disponibilidade de forragem. **Ciência et Praxis**,v. 1, n. 2, p. 7-10, 2008.
- COSTA, B.M. DA.; LEDO, C.A.S.; SILVA, M.C.; TEIXEIRA, V.I. Estimativa da produção de forragem em pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 221, p. 141-144. 2009.
- COSTA, C.; DWYER, L.M.; DUTILEUL, P.; STEWART, D.W.; SMILTH, D. Interrelationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n. 8, p. 1173-1194, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1081/PLN-100106974>.
- DEMINICIS, B. B. Novas tecnologias aplicadas na produção e qualidade de forragens. In: KUHN et al. (Orgs.). **Ciências agrárias: tecnologias e perspectivas**. Marechal Cândido Rondon. Editora Unioeste, 2015, p. 247-256.
- DIAS, J.L.A.; BARROS, I.M.; PEREIRA, P.A.R.; BARROS, P.M.B.; SILVA NETO, S.P. Monitoramento do NDVI da *Urochloa brizantha* cv. Marandu em função das doses de nitrogênio com uso de câmera multiespectral. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 17, p. 1-9, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.7213/1981-4178.2019.17010>.

EDVAN, R.L.; BEZERRA, L.R.; MARQUES, C.A.T.; CARNEIRO, M.S.S.; OLIVEIRA, M.S.S.; OLIVEIRA, R.L.; FERREIRA, R.R. Methods for estimating forage mass in pastures in a tropical climate. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, 36-45. 2016. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA14100>.

GENRO, T.C.M.; SILVEIRA, M.C.T. **Uso da altura para ajuste de carga em pastagens**. Comunicado técnico, Planaltina, DF: Embrapa Pecuária Sul. 2018. 17p.

GROSS FILHO, A.R.; GARCIA, R.N.; SILVA, A.F.S.; PENNO, M.S. SILVA NETO, S.P. Predição espacial das características de produção de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. **Engenharia na agricultura**, v. 24, n.5, p. 406-416 . 2016.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Pesquisa pecuária municipal. Efetivo do rebanho bovino em 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2018>>. Acesso em: 09 nov 2019.

MARTHA JÚNIOR, G. B. **Área do piquete e taxa de lotação no pastejo rotacionado**. Comunicado técnico, Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 8p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 101).

MEDICA, J.A.S.; SANTOS, M.E.R.S.; REIS, N.S.; SILVA, N.A.M.; NETO, J.G.F. Índice de horizontalidade e remoção de tecidos do capim-marandú. **Ciencia animal brasileira**, v.18, 1-15, e-43267, 2017.

MOLIN, J.P.; FRASSON, F.R.; AMARAL, L.R.; POVH, F.P.; SALVI, J.V.; Capacidade de um sensor ótico em quantificar a resposta da cana-de-açúcar a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p.1345-1349. 2010.

ROSA, H.J.A.; AMARAL, L.R.; MOLIN, J.P. CANTARELLA, H. Sugarcane response to nitrogen rates, measured by a canopy reflectance sensor. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 9, p. 840-848. 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015000900013>.

SERRANO, J.M.; SHAHIDIAN, S.; SILVA, J.M. Monitoring pasture variability: optical OptRx[®] crop sensor versus Grassmaster II capacitance probe. **Environ Monit Assess**, v. 188, n. 2, p. 1-17, 2016a. DOI: <http://10.1007/s10661-016-5126-5>.

SERRANO, J.M.; BARRETO, S.; SHAHIDIAN, S.; SILVA, J.M. Avaliação do sensor óptico de vegetação OptRx[®] na monitorização da variabilidade espacial e temporal de pastagens. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39 n. 2 p. 261-280, 2016b.

SERRANO, J.M.; SHAHIDIAN, S.; SILVA, J.M.; CARVALHO, M. A holistic approach to the evaluation of the montado ecosystem using proximal sensors. **Sensors**, v. 18, n. 2, p. 14-24, e-570, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/s18020570>

SIMÕES, C.R.; ROSSIELLO, R.O.P.; GRACIOSA, M.G.; MACHADO, M.L.; SILVA, C.F. Imagens multiespectrais para avaliação de índice de área foliar e matéria seca

do capim 'Tifton 85', sob adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 45, n.4, p.697-703, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131424>.

TONG, X.; DUAN, L.; LIU, T.; SINGH, V.P. Combined use of in situ hyperspectral vegetation indices for estimating pasture biomass at peak productive period for harvest decision. **Precision Agriculture**, v. 20, n. 3, p. 477-495, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-018-9592-3>.

ZHAO, D.; STARKS, P.J.; BROWN, M.A.; PHILLIPS, W.A.; COLEMAN, S.W. Assessment of forage biomass and quality parameters of bermudagrass using proximal sensing of pasture canopy reflectance. **Grassland Science**, v. 53 n. 1, p. 39-49, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-697X.2007.00072.x>.