

<https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n3a538.1-7>

Uso de índice de vegetação da diferença normalizada na estimativa de produção de forragem

Antonio Junior Coelho Pinguello^{1*}, Emanuely Ramos Tameirão², Lucas Wamser Fonseca Gonzaga², Melissa Sanches Mongelli², Pedro Henrique Alves de Faria², Marcos Ferrante³, Federico Ezequiel Fernández⁴

¹Discente de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, Umuarama -PR Brasil.

²Discente de Medicina Veterinária na Universidade Federal de Lavras, Departamento de Veterinária Lavras- PR Brasil.

³Professor na Universidade Federal de Lavras, Departamento de Veterinária Lavras- PR Brasil.

⁴Professor de Forragicultura y práticamente e la Facultad de ciencias agrarias y forestales, Universidad Nacional de La plata, La Plata- Argentina.

*Autor para correspondência, E-mail: antoniojr@unilab.edu.br

Resumo. A população mundial continua crescendo e para suprir toda essa demanda por alimentos deve-se aumentar a produtividade das áreas agricultáveis. A pecuária brasileira é amplamente extensiva e possui uma grande parte de áreas degradadas, sendo um dos fatores a inadequada taxa de lotação que caso excessivo contribui para o avanço dessa condição. Assim, para adequar a pressão de pastejo, necessita-se saber a produção de forragem disponível na área, para isso foi realizada nesta revisão alguns métodos que podem ser utilizados para isso, destacando-se também o uso de sensoriamento remoto, o qual promove aceitável poder preditivo e demanda menos recursos físicos para sua implantação.

Palavras chave: Pecuária, produtividade, sensoriamento remoto, taxa de lotação

Use of the normalized difference vegetation index in the forage production estimate

Abstract. The world population continues to grow and, to supply all this demand for food, the productivity of agricultural areas must be increased. Brazilian cattle production system is widely extensive and has a large part of degraded areas, one of the factors being the inadequate stocking rate, which, if excessive, contributes to the advancement of this condition. Thus, to adjust the grazing pressure, it is necessary to know the forage production available in the area; to this end, some methods that can be used for this purpose were raised in this review, also highlighting the use of remote sensing that promotes acceptable predictive conditions and requires less physical resources for its implementation.

Keywords: livestock, productivity, remote sensing, stocking rate

Uso del índice de vegetación de la diferencia normalizada en la estimación de producción de forraje

Resumen. La población mundial continúa creciendo y, para abastecer toda esta demanda de alimentos, se debe aumentar la productividad de las áreas agrícolas. La ganadería brasileña es muy extensa y tiene una gran parte de áreas degradadas, uno de los factores es la carga animal inadecuada, que, si es excesiva, contribuye al avance de esta condición. Por lo tanto, para ajustar la carga de pastoreo, es necesario conocer la producción de forraje disponible en el área. Con este fin, en esta revisión se plantearon algunos métodos que

pueden usarse para este propósito, destacándose también el uso de la teledetección que promueve condiciones predictivas aceptables y requiere menos recursos físicos para su implementación.

Palabras clave: ganadería, productividad, teledetección, carga animal

Introdução

Atualmente o rebanho bovino brasileiro possui cerca de 210 milhões de cabeças e o setor pecuário ocupa uma área de 223 milhões de hectares (ANUALPEC, 2019; Ferraz & Felício, 2010). No ano de 2018 foram produzidas quase 10 milhões de toneladas de carnes no país, ou cerca 14% da produção mundial, colocando-se como segundo maior produtor mundial atrás dos Estados Unidos com 17%, mas permanecendo como maior exportador de carne bovina (ANUALPEC, 2019).

O sistema de produção predominante no Brasil é de forma extensiva a pasto. Contudo, a falta de conhecimento no manejo, seja nutricional, seja na adequada taxa de lotação, causam a degradação dos recursos forrageiros (Carvalho et al., 2012) e impedem que os animais possam expressar o máximo potencial genético (Fernandes et al., 2010; Restle et al., 2004).

No entanto, a população mundial estimada em 2050 será cerca de 9 bilhões de habitantes e para atender toda essa demanda de alimentos, a produção de alimentos deve aumentar em 56% comparado a toda a produção de 2010 a fim de suprir esse déficit de alimentos (WRI, 2018). Nesse âmbito, é imprescindível a melhoria no manejo forrageiro, alcançando melhor aproveitamento da pastagem e maiores taxas de lotação. Para que isso ocorra é necessário saber a quantidade de forragem produzida durante as diferentes épocas do ano e permitir uma melhor adequação da carga animal e uma produção mais eficiente (El-Memari Neto et al., 2003). Deste modo, com essa revisão buscou-se apresentar fatores que influenciam na produção de biomassa das pastagens além de um método indireto para sua quantificação.

Principais gramíneas forrageiras usadas na pecuária extensiva

O principal gênero de gramínea forrageira utilizado no Brasil é o gênero *Urochloa*, ocupando cerca de 85% dos pastos do país. São plantas herbáceas de hábito de crescimento ereto ou prostrado na maioria das espécies, sendo as mais cultivadas as espécies: *Urochloa brizantha*, *Urochloa decumbens*, *Urochloa humidicola* (Queiroz et al., 2019), as principais características de cada espécie estão apresentadas tabela 1.

Tabela 1. Características de algumas espécies forrageiras.

Característica	<i>U. brizantha</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. humidicola</i>
Facilidade de estabelecimento	Rápido	Rápido	Rápido
Tolerância a solos ácidos	Baixa	Alta	Alta
Exigência de Fertilidade	Média-Alta	Baixa	Média-Baixa
Tolerância ao encharcamento	Baixa	Baixa	Alta
Adaptação ao pastejo diferido	Média	Alta	Baixa

Adaptado de (Queiroz et al., 2019).

As características elencadas acima são exemplos de variáveis que devem estar em consonância com os anseios do produtor, o nível de tecnologia que ele deseja aplicar e o manejo realizado na propriedade e as condições edafoclimáticas da propriedade, pois a intersecção dessas necessidades reduz o um número menor de opções mais propícias que podem ser aplicadas no sistema, atendendo-o de forma mais eficaz possível (Frizzo et al., 2003; Moreira & Prado, 2010; Silva & Nascimento Júnior, 2007). A boa escolha de material alinhada a um bom manejo nutricional da pastagem permite a sua perenização com produções de biomassa ainda satisfatórias, ambas as atitudes evitam a degradação das pastagens e posterior degradação do solo e outros recursos naturais (Macedo, 2005; Muller et al., 2001; Peron & Evangelista, 2004).

Dinâmica de crescimento

Após a escolha da espécie forrageira adequada para o estabelecimento e sua implantação estar concluída é necessário adequar à taxa de lotação que será aplicada. Para isso deve-se estimar a produção

de matéria seca na área e o consumo por animal. Este último pode ser obtido em tabelas específicas ([Barioni et al., 2007](#)) e dependerão de fatores como raça, peso e condição corporal.

Também deve-se considerar qual fase estará adotando (exemplo: cria, recria, terminação ou ciclo completo) que para um bom planejamento forrageiro seja implementado, visto que, a qualidade e quantidade de forragem produzidas alteram-se bastante durante o ano e conhecendo-as permitem controlar as entradas e saídas de animais reduzindo as perdas e aumentando a eficiência do sistema. Ao mencionar qualidade do pasto, percentagens de proteína bruta inferiores a 7% dificultam a ação dos microrganismos do rúmen na degradação da fibra ([Berchielli et al., 2011](#)), necessitando que o produtor faça suplementação proteica para manter níveis aceitáveis de produtividade ([Moreira et al., 2004](#); [Prado et al., 2003](#); [Silva et al., 2009](#)), no quesito quantidade produzida à variação da pluviosidade e consequente variação na quantidade produzida está demonstrada pela [figura 1](#). Nelas podem ser vistas a sazonalidade da disponibilidade de forragem, para contornar esse problema podem ser adotadas estratégias para fornecimento de volumoso durante a época seca como diferimento de pastagem ([Fonseca & Santos, 2009](#); [Santos et al., 2012](#)).

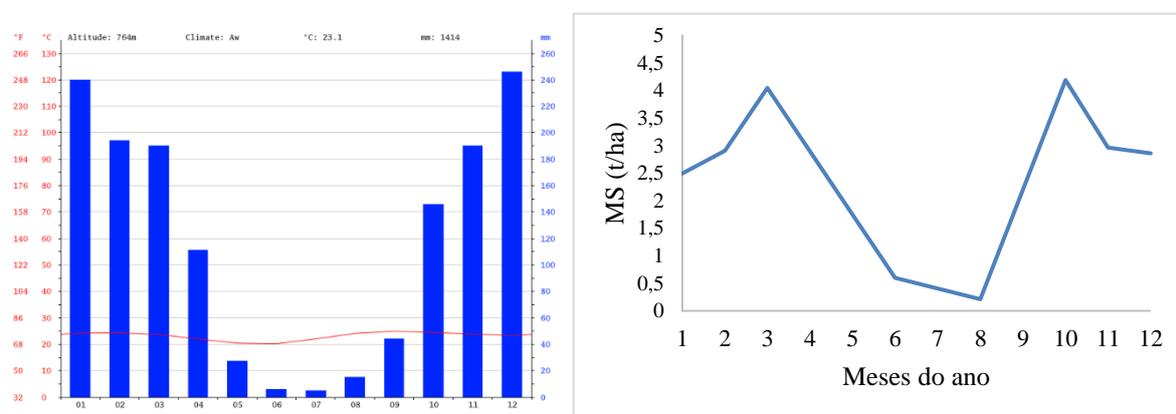


Figura 1. À esquerda climatograma da cidade de Goiânia, à direita produção de massa seca em toneladas por hectare de capim Mombaça. Adaptado de [Silva \(2008\)](#).

Estimativa da produção de biomassa

Após elencar os principais fatores que interferem na produção dos vegetais, ainda é necessário estimar essas produções a fim de inserir os animais no sistema em lotações adequadas. Os meios tradicionais para realizar essas medições podem ser diretos ou indiretos. O método direto consiste no corte da forragem de uma área determinada (0,25 até 2,25 m²) em diversos pontos a fim de obter uma estimativa mais precisa, posterior secagem e pesagem resultando no valor de produtividade ([Cecato et al., 2000](#); [Euclides et al., 1992](#)).

Já no método indireto são tomadas medidas de alturas das pastagens, e estabelecido padrões na pastagem e classificados por notas, em seguida é realizada a medição pelo meio direto, dessa forma obtém uma relação entre as notas e a produção de biomassa ([Cecato et al., 2000](#); [Euclides et al., 1992](#)). No entanto ambos mensuram a pastagem disponível no momento (kg/ha), não permitindo fazer previsões para outros momentos ou analisar a produção de um período sem que seja com medições periódicas ([Figura 2](#)).



Figura 2. À direita método direto e à esquerda método indireto.

Uso de sensoriamento remoto para estimativa de produção de forragem

Dentre todos os componentes de produção envolvidos na produção de forragem, um dos que têm maior expressão é produção primária líquida acima do solo (ANPP). Essa medida pode ser mensurada realizando em intervalos de tempo o método direto já citado, esbarrando também nos mesmos problemas já elencados ([McNaughton et al., 1989](#)).

O uso de dados espectrais (valores da reflectância de cada banda, as quais abrangem um intervalo de comprimentos de ondas eletromagnéticas) pode ser utilizado para estimar parâmetros da vegetação, sendo que uma das formas mais utilizadas é pelo Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e leva em consideração as bandas nos comprimentos do vermelho e do infravermelho próximo. Onde uma vegetação está mais vigorosa ou adensada são maiores as quantidades de luz visíveis absorvidas e de infravermelho refletida. Por outro lado, quanto menos vigorosa ou esparsa maiores quantidades de luz visível refletida e de infravermelho próximo refletida ([Holm et al., 1987](#)).

Nesse âmbito foram identificadas duas metodologias que utilizam o valor de NDVI na estimação da produção da forragem. A primeira consiste em correlacionar o índice de vegetação com a produção de biomassa e para isso são medidas ambas as variáveis. No entanto essa metodologia apresenta limitações, pois a partir de um ponto não há uma boa previsão como pode ser visto na [figura 3](#) ([Hargreaves & Chaney, 2015](#)).

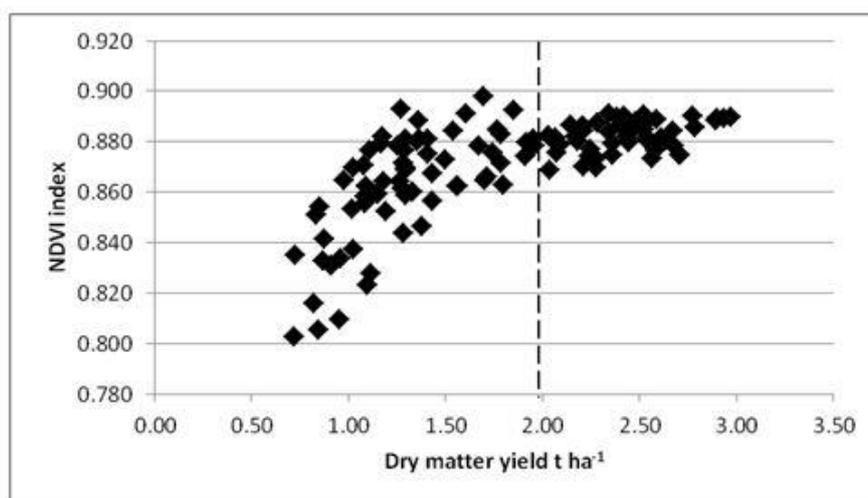


Figura 3. Valores de NDVI em relação a produção de massa seca. **Fonte** ([Hargreaves & Chaney, 2015](#))

A segunda metodologia encontrada baseia-se no estudo de [Monteith \(1972\)](#), no qual ele relaciona ANPP com a radiação foto sinteticamente ativa absorvida (APAR) e pode ser estimada pela equação:

$$ANPP = APAR * RUE$$

Sendo:

ANPP: Produção primária líquida acima do solo (kg de MS/ha/mês)

APAR: radiação fotosinteticamente ativa absorvida (MJ/ha/mês)

RUE: a eficiência do uso da radiação (kg de MS/MJ).

O valor de RUE depende de vários fatores como: temperatura, estado nutricional e disponibilidade de água no solo, não sendo ainda consenso a respeito. [Rosa & Sano \(2013\)](#) apontaram como 0,46 g/MJ para pastagem adotando esse valor como constante durante todo ciclo da cultura.

Os valores de APAR podem ser obtidos pela equação:

$$APAR = PAR * fPAR$$

Onde:

PAR = Radiação fotossinteticamente ativa (MJ/ha/mês)

fPAR = Fração absorvida pelas plantas.

O valor de PAR pode ser obtido como 48% da radiação solar global (Frouin & Pinker, 1995) e a radiação solar global pelos dados de estações meteorológicas automáticas como o do Instituto Nacional de Meteorologia (INEMET).

Já a fração absorvida pode ser calculada pela equação de Sellers (1985):

$$fPAR = \min \left[\frac{SR}{SR_{max} - SR_{min}} - \frac{SR_{min}}{SR_{max} - SR_{min}} * 0,95 \right]$$

Onde:

$$SR = (1+NDVI) / (1-NDVI)$$

0,95 = Referente ao índice de área foliar de 95% ou ponto ótimo de interceptação luminosa.

Pela metodologia acima (Grigera et al., 2007) obtiveram poder de predição entre 71 e 84% na estimativa da produção de forragem para diferentes espécies, Rosa & Sano (2013) destacaram bom poder preditivo para época chuvosa apesar de ter havido uma superestimação para a época seca.

Considerações sobre o NDVI

Os valores de NDVI referidos anteriormente podem ser obtidos de diferentes satélites, alguns gratuitos outros pagos sendo que cada um possui suas peculiaridades, como se os dados são fornecidos como imagens das bandas individuais ou o índice já calculado. Também deve ser levado em conta a resolução espacial e temporal da fonte de dados que serão utilizadas, sendo a primeira referente a área de mínima de abrangência (tamanho do pixel) e a segunda o intervalo de tempo entre as coletas de dados na mesma localização. Por exemplo, o sistema MODIS possui dois satélites em órbita e disponibilizam gratuitamente a cada 16 dias dados de NDVI na resolução de 250 m, ou seja, a área mínima é de 250 m x 250 m = 6,25 ha.

Atualmente há outros satélites como o IKONOS que possuem resolução espacial de 4 m (16 m² cada pixel) e resolução temporal de 1,5 dias, no entanto, tais satélites geralmente não disponibilizam os dados coletados gratuitamente.

Considerações finais

A utilização de índices de vegetação como o índice NDVI pode ser utilizada para a estimativa da produção de forragem, sendo este método mais eficiente para situações em que se avalia uma grande área ou um grande intervalo temporal casos esses que demandariam demasiado esforço caso fossem utilizadas apenas medições diretas a campo. No entanto essas poderiam ser utilizadas em conjunto com a estimativa feita remotamente no intuito de ajustar os modelos de previsão principalmente nos valores de RUE os quais ainda não estão bem esclarecidos, e obtendo-se maior precisão desses modelos. Desta forma o uso na quantificação de variações temporais e espaciais permitiria uma exploração mais intensa e sustentável, contribuindo para o melhor planejamento do uso das pastagens.

Referências bibliográficas

- ANUALPEC. (2019). *Anuário da Pecuária Brasileira* (20th ed., Vol. 1). Instituto FNP.
- Barioni, L. G., Ferreira, A. C., Guimarães Júnior, R., Martha Júnior, G. B., & Ramos, A. K. B. (2007). Tabelas para estimativa de ingestão de matéria seca de bovinos de corte em crescimento em pastejo. *Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico*.
- Berchielli, T. T., Pires, A. V., Oliveira, S. G. & FUNEP. (2011). *Nutrição de Ruminantes* (Issue 2th ed.). FUNEP.
- Carvalho, W. T. V., Villanova, D. F. Q., Minighin, D. C., Lima, W. B. G., Matos Teixeira, A. & Pereira, R. V. G. (2012). Comportamento de bezerras da raça Holandesa alimentadas com silagem pré-secada do capim Tifton 85 (*Cynodon ssp.*). *PUBVET*, 12(2), 1–7.
- Cecato, U., Machado, A. O., Martins, E. N., Pereira, L. A. F., Barbosa, M. A. A. & Santos, G. T. (2000). Avaliação da produção e de algumas características da rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(3), 660–668. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0->

- 0346985285&partnerID=40&md5=b335b80a5485d766dcd593dd17c95d26.
- El-Memari Neto, A. C., Zeoula, L. M., Cecato, U., Prado, I. N., Caldas Neto, S. F., Kazama, R. & Oliveira, F. C. L. (2003). Suplementação de novilhos nelore em pastejo de *Brachiaria brizantha* com diferentes níveis e fontes de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(6 SUPPL. 2), 1945–1955.
- Euclides, V. P. B., Macedo, M. C. M. & Oliveira, M. P. (1992). Avaliação de diferentes métodos de amostragem para estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 21(4), 691–702.
- Fernandes, L. O., Reis, R. A. & Paes, J. M. V. (2010). Efeito da suplementação no desempenho de bovinos de corte em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(1), 240–248.
- Ferraz, J. B. S. & Felício, P. E. (2010). Production systems – An example from Brazil. *Meat Science*, 84(2), 238–243. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.006>.
- Fonseca, D. M., & Santos, M. E. R. (2009). Diferimento de pastagens: Estratégias e ações de manejo. *Simpósio de Forragicultura e Pastagem*, 6(1), 65–88.
- Frizzo, A., Rocha, M. G. D., Restle, J., Freitas, M. R., Biscaino, G., & Pilau, A. (2003). Produção de forragem e retorno econômico da pastagem de aveia e azevém sob pastejo com bezerras de corte submetidas a níveis de suplementação energética. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(3), 632–642.
- Frouin, R. & Pinker, R. T. (1995). Estimating photosynthetically active radiation (PAR) at the earth's surface from satellite observations. *Remote Sensing of Environment*, 51(1), 98–107.
- Grigera, G., Oesterheld, M. & Pacín, F. (2007). Monitoring forage production for farmers' decision making. *Agricultural Systems*, 94(3), 637–648.
- Hargreaves P. & Chaney K. (2015). Estimation of Above Ground Biomass Using Normalised Difference Vegetation Index. *Scotland's Rural College*. Disponível em: https://www.sruc.ac.uk/info/120580/smarter_farming/1908/ndvi_to_measure_above_ground_pasture_biomass, acesso em 22/02/2020.
- Holm, A. M., Burnside, D. G., & Mitchell, A. A. (1987). The development of a system for monitoring trend in range condition in the arid shrublands of Western Australia. *The Rangeland Journal*, 9(1), 14–20.
- Macedo, M. C. M. (2005). Degradação de pastagens: conceitos, alternativas e métodos de recuperação. *Informe Agropecuário*, 26(226), 36–42.
- McNaughton, S. J., Oesterheld, M., Frank, D. A. & Williams, K. J. (1989). Ecosystem-level patterns of primary productivity and herbivory in terrestrial habitats. *Nature*, 341(6238), 142–144.
- Monteith, J. L. (1972). Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 9(3), 747–766.
- Moreira, F. B. & Prado, I. N. (2010). Sazonalidade na produção e qualidade de plantas forrageiras. In I. N. Prado (Ed.), *Produção de bovinos de corte e qualidade da carne* (Vol. 1, pp. 28–34). Eduem.
- Moreira, F. B., Prado, I. N., Cecato, U., Wada, F. Y. & Mizubuti, I. Y. (2004). Forage evaluation, chemical composition, and in vitro digestibility of continuously grazed star grass. *Animal Feed Science and Technology*, 113(1–4). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.08.009>.
- Muller, M. M. L., Guimarães, M. F., Desjardins, T. & Silva, P. F. M. (2001). Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(11), 1409–1418.
- Peron, A. J. & Evangelista, A. R. (2004). Degradação de pastagens em regiões de cerrado. *Ciência e Agrotecnologia*, 28(3), 655–661.
- Prado, I. N., Moreira, F. B., Cecato, U., Wada, F. Y., Oliveira, E. & Rego, F. C. A. (2003). Sistemas para crescimento e terminação de bovinos de corte a pasto: avaliação do desempenho animal e características da forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(4), 955–965.
- Queiroz, S. D., Silva, E. A., Fernandes, L. O., Viana, M. C. M., Ruas, J. R. M., Silva, R. R., Coelho, A. F., Santos, L. S. & Reis, R. A., (2019). Braquiária (*Urochloa* spp. Syn. *Brachiaria* spp.). In: Júnior

- T. J. P. & Venzon M. (2ª edição) *101 Culturas: Manual de tecnologias agrícolas*. EPAMIG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.
- Restle, J., Pacheco, P. S., Pascoal, L. L., Pádua, J. T., Moletta, J. L., Freitas, A. K. & Leite, D. T. (2004). Efeito da pastagem, da produção e da composição do leite no desempenho de bezerros de diferentes grupos genéticos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(3), 691–703.
- Rosa, R. & Sano, E. E. (2013). Determinação da produtividade primária líquida (NPP) de pastagens na bacia do rio Paranaíba, usando imagens MODIS. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*, 13_1, 367–395.
- Santos, M. E. R., Fonseca, D. M., Gomes, V. M., Santos, B. T. G., Silva, S. P., Albino, R. L., Santos, A. L. & Silva, G. P. (2012). Grazing patterns on signalgrass pasture according to location of cattle feces. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(4), 898–904. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000400010>
- Sellers, P. J. (1985). Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. *International Journal of Remote Sensing*, 6(8), 1335–1372.
- Silva, A. G. (2008). *Potencial produtivo e valor nutritivo do capim mombaça submetido a doses de nitrogênio e alturas de cortes*. PPGCA-UFG, Goiânia, Goiás, Brasil. PPGCA-UFG.
- Silva, F. F., Sá, J. F., Schio, A. R., Ítavo, L. C. V., Silva, R. R. & Mateus, R. G. (2009). Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(1), 371–389. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009001300037>.
- Silva, S. C. & Nascimento Júnior, D. (2007). Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(Sup.), 122–138.
- WRI. World Resource Institute: Creating a sustainable food future: A Menu of Solutions to Feed Nearly 10 Billion People by 2050: synthesis report, December 2018, disponível em: <https://wrr-food.wri.org>, acesso em 01/10/2019.

Recebido: 29 de fevereiro, 2020.

Aprovado: 24 de março, 2020.

Publicado: 24 de abril, 2020.

Licenciamento: Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.