

Análise hiperespectral da *Brachiaria brizantha* cv. Marandú sob diferentes regimes de adubação de nitrogênio

Amparo Cisneros Garcia ¹
Peterson Ricardo Fiorio ¹
Ana Paula Barbosa Gady ¹
Miller Andrés Ruiz Sánchez ¹
Mitsuhiko Reinaldo Hashioka Takushi ¹
Thuane Katiúcia Moreira Barbosa ¹
Fernando Campos Mendonça ¹

¹Universidade de São Paulo –ESALQ/USP
Av. Pádua Dias, 11 - 13416-000 - Piracicaba - SP, Brasil
{amparocisneros, fiorio, anap.barbosa, mruiz, mht, thuane.barbosa,
fernando.mendonca}@usp.br

Abstract: The pasture represents a big fraction of the agricultural lands in Brazil, however, there is scarcity in the use of intensification techniques in the livestock creation. With the technological advance in agriculture, it is necessary to increase the productivity of this activity. In the last couple of decades, the remote sensing has been studied as a potential tool for monitoring and managing different types of cultures, including pastures. The use of remote sensing techniques shows satisfactory results in evaluating the ideal amount of nitrogen for the cultivation of different species of pasture. The objective of this study is to analyze the potential of field spectrometry to estimate levels of nitrogen fertilization, with data obtained from the canopy of a *Brachiaria Brizantha* cv Marandú pasture. The experiment was conducted in the Escola Superior de Agronomia de Luiz de Queiroz (ESALQ-USP). Each experiment was separated on blocs at random, with subdivided portions and four repetitions, which received doses of 0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ of nitrogen. The *Brachiaria Brizantha* cv Marandú's spectral behavior showed changes with the nitrogen doses especially in the near-infrared region, with the witness dose being the one that have set itself apart the most from the others. Thus, the used remote sensing system technique allowed for the identification of different effects of nitrogen fertilization in the forage.

Palavras-chave: remote sensing, spectral behaviour, discriminant analyzes, sensoramiento remoto, comportamento espectral, análise discriminante.

1. Introdução

No Brasil, a área utilizada para pastagens é maior quando comparada com a área utilizada para as culturas agrícolas. De acordo com estimativas do último Censo Agropecuário Brasileiro, o de 2006 (IBGE, 2007), a área total de pastagens (naturais e plantadas) no Brasil é de 172,3 milhões de hectares. Mas tendo em conta que a produção agrícola cada vez é mais competitiva e tecnificada, a intensificação da produção animal é necessária para aumentar a produtividade do rebanho já que os índices de lotação animal das pastagens são baixos, abaixo de uma UA/ha, mostrando a baixa eficiência do uso das terras para produção animal. Aliando o uso de tecnologias ao manejo adequado das pastagens, há um conseqüente aumento de produtividade e evita-se a necessidade de novas áreas para a pecuária, promovendo a conservação do solo e evitando a degradação ambiental.

Com relação à fertilidade do solo e à nutrição mineral de pastagens que colaboram para o desenvolvimento da produção animal intensiva e, conseqüentemente, para o aumento da lotação animal nas pastagens, o nitrogênio é um dos nutrientes essenciais para a produção das culturas. O seu monitoramento é importante tanto em âmbito econômico quanto ambiental. Nos últimos anos, o uso de sensoriamento remoto tem se expandido nas áreas de ciências agrárias, se mostrando uma ferramenta muito útil no monitoramento e gerenciamento da adubação nitrogenada nas culturas.

Vários trabalhos vêm buscando utilizar o sensoriamento remoto para o gerenciamento da adubação nitrogenada, com sensores ativos ou passivos, a nível terrestre (Vigneau *et al.*, 2011), aéreo (Knox *et. al.*, 2011) e orbital (Smith *et. al.*, 2003). Cunha *et. al* (2004) utilizou o sensoriamento remoto para relacionar diferentes doses de nitrogênio com índices de vegetação no capim Tanzânia. Junior *et. al* (2008) também utilizou técnicas de sensoramento remoto para detectar os efeitos de diferentes doses de nitrogênio no comportamento espectral de *Brachiaria decumbens* através de imagens multiespectrais. Neste sentido seria então possível, com a utilização de sensores hiperespectrais diferenciar concentrações de N em *Brachiaria Brizantha* cultivar Marandú? A partir desta questão, surge o interesse do presente trabalho, que visa discriminar essas doses de N para a variedade *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu, a partir da resposta hiperespectral de dossel com a utilização do sensor HandHeld.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Localização da área experimental

O experimento foi realizado na área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), em Piracicaba/SP, (latitude 22°42'15" S, longitude 47°37'23" O e altitude 530 m).

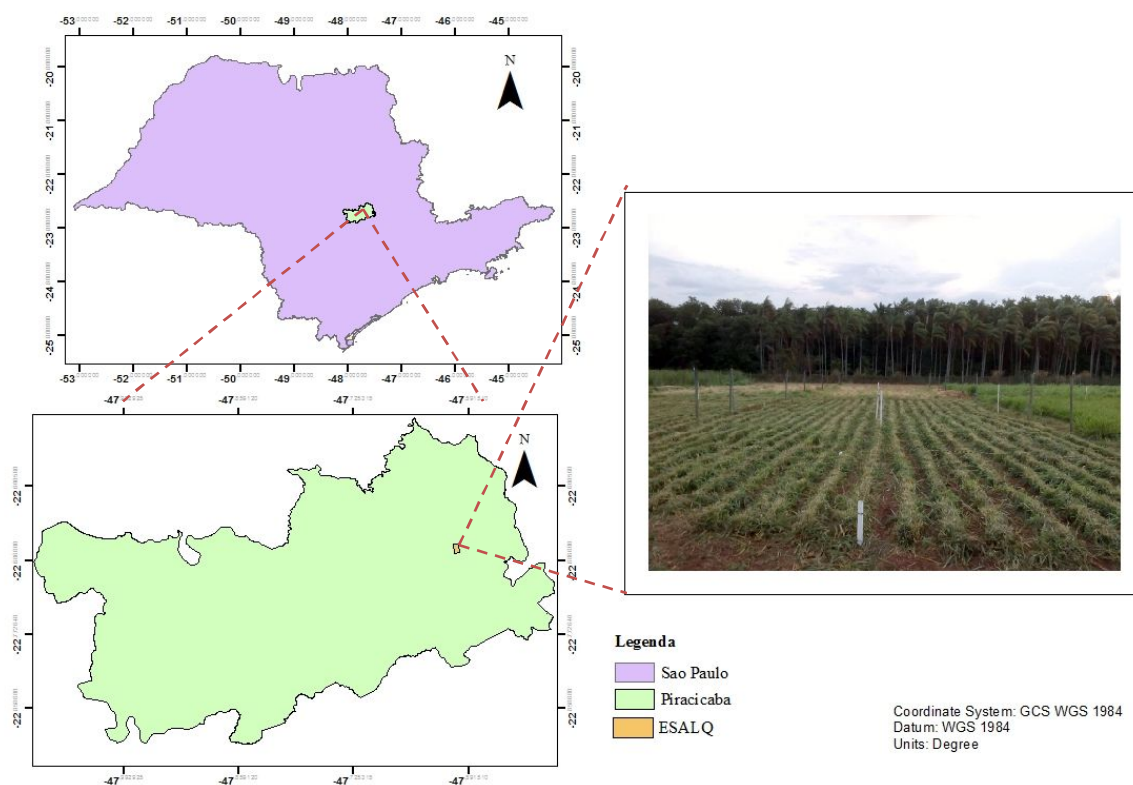


Figura 1. Mapa e fotografia mostrando a localização do experimento com destaque na cidade de Piracicaba e na área experimental, 2016.

2.2 Solo da área e Clima da região

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (EMBRAPA, 2006). O clima da região é do tipo subtropical Tropical de Altitude (Cwa), segundo a classificação de Köppen-Geiger, com verão quente e úmido e inverno seco, com temperatura média inferior a 18°C no mês mais frio e superior a 22°C no mês mais quente (KOTTEK *et al.*, 2006).

2.3 Implantação da cultura

A cultura escolhida para esse experimento foi; *Brachiaria Brizantha* cv. Marandú. A semeadura foi realizada manualmente o dia primeiro de Abril de 2016 e após o período de estabelecimento foi realizado o primeiro corte no dia 5 de setembro de 2016 e assim iniciada a diferenciação dos tratamentos com diferentes doses de nitrogênio na cultura. O estudo das características morfofisiológicas e estruturais das plantas forrageiras é necessário para promover o entendimento da dinâmica de produção de forragem e suas relações dentro de sistemas de produção animal em pastagens. Segundo Chapman et al. (1993) o alongamento das folhas e colmos, assim como o aparecimento e a longevidade das folhas e perfilhos determinam as características estruturais do dossel e o índice de área foliar (IAF). Por tanto, para obter essas diferenças estruturais dentro do dossel foram adotados cortes fixos de 28 dias realizando-se a coleta de dados no dia 3 de outubro.

2.4 Parcelas e Tratamentos

A área experimental esta dividida por dezesseis parcelas, cercadas por um sistema de irrigação por aspersão. Cada parcela tem um tamanho aproximado de 15 m². Foram instalados dois tubos na área experimental para monitorar o conteúdo de água no solo e utilizou-se a sonda DIVINER 2000TM, a fim de não comprometer o cultivo ao longo do ciclo de estudo e controlar a irrigação.

O tipo de adubo utilizado para o experimento foi Uréia, contendo um 46% de Nitrogênio. O delineamento do experimento foi de blocos ao acaso e os tratamentos que foram aplicados estão descritos conforme a Tabela 1, totalizando quatro tratamentos de nitrogênio e quatro repetições por cada tratamento. As adubações diferenciadas foram realizadas após o primeiro corte, no dia 05 de setembro de 2016. Com estes tratamentos, espera-se uma variabilidade espacial de biomassa na cultura passível a ser medida no campo com o sensor.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos experimentais.

Parcela	Subparcela	Nomenclatura	Doses
Brachiaria	N0	B0	Testemunha (0 kg ha ⁻¹ de N)
	N50	B1	Dose baixa (50 kg ha ⁻¹ de N)
	N100	B2	Dose média (100 kg ha ⁻¹ de N)
	N150	B3	Dose alta (150 kg ha ⁻¹ de N)

2.5 Demarcação de Plantas

Para nortear as coletas de dados foram marcadas cinco plantas no interior da área útil de cada parcela. Esta demarcação (Figura 2) tem o objetivo orientar as coletas de dados, a fim de que sejam realizadas sempre no mesmo local, permitindo assim, a comparação entre os dados espectrais de um mesmo dossel de plantas.



Figura 2. Representação da marcação de planta dentro da área útil de cada parcela.

2.6 Coleta dos dados

Para coletar os dados hiperespectrais do dossel de plantas foi utilizado o sensor *HandHeld 2Spectroradiometer* (Figura 3). Este equipamento se caracteriza por ser um sensor hiperespectral passivo, que trabalha em comprimentos de onda que compreendem o espectro visível e infravermelho próximo (325 a 1075 nm), com resolução espectral de 3nm e ângulo de visada de 25°.



Figura 3. Fotografia da coleta de dados em campo, com o *HandHeld 2Spectroradiometer*.

Antes de iniciar as leituras do dossel foram realizadas calibrações do espectrorradiômetro utilizando a placa padrão que acompanha o aparelho. Esta calibração foi repetida após a leitura de aproximadamente 4 parcelas ou sempre que se observar uma mudança de intensidade de luz no campo. A radiometria de campo foi realizada posicionando o sensor a um metro e meio acima do dossel da cultura, o que proporciona um campo de visada (FOV – *Field of View*) circular de aproximadamente 0,65 m de diâmetro, com área de 0,34 m².

As leituras foram realizadas em dias ensolarados, entre as 10:00 e 14:00 horas. Vale ressaltar que por se tratar de um sensor passivo, a coleta de dados poderá desrespeitar o intervalo semanal de coleta de dados, por se tratar de uma atividade dependente de condições climáticas favoráveis.

2.7 Análise estatística

Primeiramente os dados foram exportados do formato asd para txt utilizando o programa ViewSpec Pro para poder realizar posteriormente com sucesso a análise multivariada. Após esse primeiro passo foram avaliados dados referentes ao dossel e realizou-se uma análise discriminante, para determinar o comportamento espectral da *Brachiaria Brizantha* cv. Marandú em função das diferentes doses de nitrogênio. A análise discriminante tem por objetivo escolher as variáveis que distinguem determinados grupos, de modo que conhecendo as características, possa se prever a que grupo pertencem (PESTANA, 2005). A verificação da

significância da função discriminante consiste em uma medida generalizada da distância entre os centróides dos grupos. Os centróides foram submetidos à análise de variância pelo Teste F e as médias quando significativas, comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. A técnica multivariada foi realizada utilizando o ambiente R (versão 3.2.2).

3. Resultados e Discussão

Todos os dados amostrados nesse trabalho fazem referência ao primeiro corte após a adubação diferenciada da *Brachiaria Brizantha* cv. Marandú, sendo assim espera-se que com o decorrer do experimento as diferenciações dos tratamentos sejam realçadas em funções das doses de nitrogênio.

3.1 Análise visual das curvas espectrais em função das diferentes doses de nitrogênio

Podemos observar, na figura 4, as respostas hiperespectrais das diferentes doses de nitrogênio em *Brachiaria Brizantha* cv. Marandú. As mesmas fazem referência as médias dos dados hiperespectrais das diferentes doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹). A reflectância espectral fornece uma variedade de meios de detecção da composição química e biomassa da planta e, portanto, o estado fisiológico sendo assim importante na gestão da cultura (PEÑUELAS, 1998).

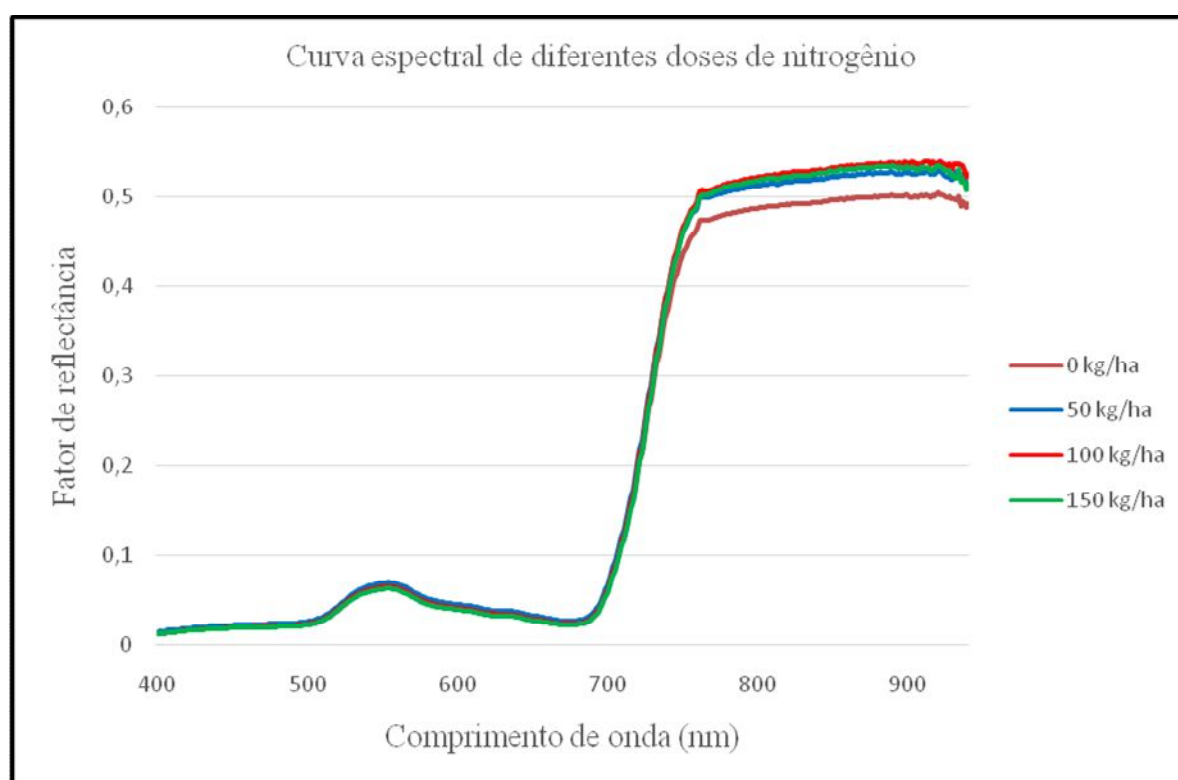


Figura 4. Curvas espectrais em função das diferentes doses de nitrogênio.

Segundo Abdel *et. al* (2013) informações contidas no visível (525 a 570, 620 a 710 nm) estão associadas ao conteúdo de clorofila e no infravermelho médio (710 a 1100 nm) estão relacionadas com a estrutura celular. A região que abrange os comprimentos de onda de 525 a 570 nm é denominada como visível caracterizada por baixa reflectância espectral. Os pigmentos existentes nos cloroplastos (clorofila, carotenos e xantofilas) são os principais

agentes da intensidade de reflectância nessa região. A região do visível é sensível a alterações na concentração de pigmentos na folha, sendo a clorofila, a mais abundante em plantas verdes (XUE; YANG, 2009). A absorção na região do verde aumenta com o incremento da concentração de clorofila na folha, que por sua vez é diretamente sensível a captação de nitrogênio. O que está de acordo com a resposta da maior dose de N aplicada de 150 kg ha^{-1} , sendo que na região dos 550 nm temos uma maior absorção de energia.

Podemos observar que nesse pico de 550 nm a menor taxa de reflectância aconteceu para as doses de 150, 0, 100 e 50 kg ha^{-1} , da menor para a maior respectivamente. Segundo Fonseca, *et al.* (2002) em sua pesquisa com *Paspalum notatum* (grama batatais), notaram que com o aumento da biomassa devido ao acréscimo das doses de N, ocorreu uma redução da reflectância no espectro visível. Isso explicaria porque a menor reflectância na região do verde acontece com a maior dose de nitrogênio (150 kg ha^{-1}).

No que se refere ao infravermelho próximo existem diferenças, nas curvas espectrais, entre a dose testemunha (0 kg ha^{-1}) e as demais doses, sugerindo relação com a estrutura celular, o que pode ser devido à interação do nitrogênio com a cultura, e conseqüentemente o aumento do número de folhas, colmos, bainhas e por tanto no acúmulo de matéria seca e biomassa. Zhao *et al.* (2005) avaliaram os efeitos da deficiência do nitrogênio sobre a fisiologia e as propriedades de reflectância hiperespectrais em folhas de sorgo. Ainda segundo os autores deficiência de N reduziu significativamente a área foliar, concentração de clorofila e a taxa de fotossíntese, o que resultou em menor produção de biomassa, afetando também a transpiração foliar e a eficiência do uso da água. Com relação aos nossos dados, também foi possível observar a menor reflectância do IVP para a menor dose de N, ou seja, 0 kg/ha . E um aumento significativo da porcentagem de reflectância no IVP para as doses 50, 150 e 100 kg/ha nessa seqüência.

3.2 Análises discriminantes do dossel

Avaliando a análise discriminante das doses de nitrogênio para os dados obtidos aos 28 dias de crescimento da *Brachiaria Brizantha* cultivar Marandú, primeiro corte (Figura 5), podemos observar que cada ponto representado independente de sua dose é uma curva espectral obtida das diferentes plantas demarcadas nas parcelas. A primeira função explica 39,5% da variabilidade dos dados e a segunda função 33,6%. Avaliando visualmente o gráfico gerado pelo cruzamento das funções 1 e 2 foi possível analisar claramente que as doses que se agruparam foram as de 50 e 100 kg.ha^{-1} e existiu uma diferenciação da dose 0 e 150 kg.ha^{-1} em relação as outras doses. A associação das doses de 50 e 100 kg ha^{-1} pode ser devido á assimilação do nitrogênio obtendo resultado semelhante na produção de folhas, perfilhos, bainhas e conseqüentemente na produção de biomassa.

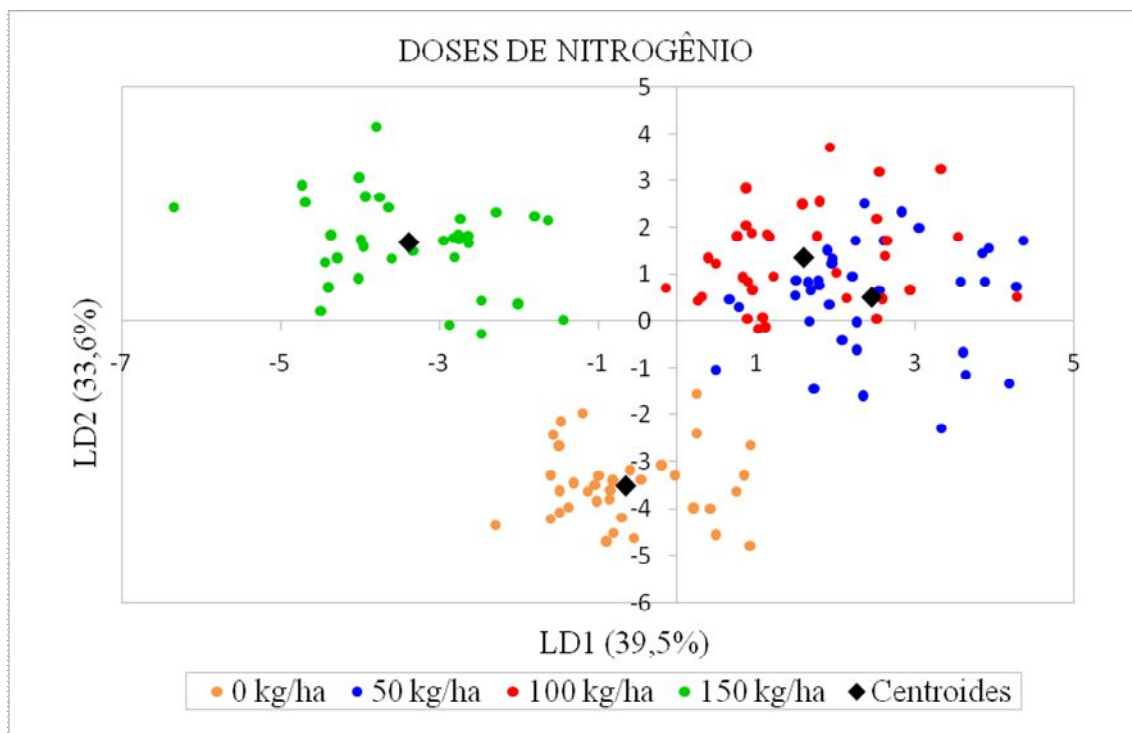


Figura 5. Análise discriminante das diferentes leituras realizadas sobre o dossel da Brachiaria Brizantha, Piracicaba, 2016.

Observando os resultados vemos que é possível discriminar diferentes doses de nitrogênio na cultura da pastagem usando dados hiperespectrais. Segundo os dados obtidos (Tabela 2) a partir da realização do teste Tukey a 5% de significância, podemos observar que no que se refere a primeira função das médias dos centróides não existe diferença significativa entre as diferentes doses de nitrogênio. Pelo contrário, na segunda função referente às médias dos centróides existe uma diferença significativa entre as doses 100 e 150 kg ha⁻¹. Essa diferença significativa é devida ao incremento da biomassa influenciada pelas doses aplicadas de nitrogênio gerando uma maior refletância de dossel. Segundo Ponzoni; Shimabukuro; Kuplich (2012) os dados de dossel são influenciados por diversos fatores, entre eles, os componentes da vegetação, idade da planta, arquitetura do dossel, distribuição angular das folhas, refletância aditiva entre outros.

Tabela 2. Média dos centróides pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Tratamento	Média dos centróides	
	LD1	LD2
0 kg/ha	-0,65123a	-3,52297a
50 kg/ha	2,443505b	0,499824b
100 kg/ha	1,587451c	1,349218c
150 kg/ha	-3,37972d	1,673928c

4. Conclusões

O comportamento espectral da Brachiaria Brizantha cultivar Marandú variou com as doses de nitrogênio principalmente na região do infravermelho próximo, sendo a dose testemunha que mais se diferenciou das outras.

Sensores hiperespectrais podem auxiliar na identificação de áreas responsivas à aplicação de nitrogênio e, conseqüentemente, melhorar o manejo da adubação nitrogenada da pastagem.

5. Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e FAPESP pelo sensor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-rahman, E.M.; Ahmed, F.B.; Ismail, R. Random forest regression and spectral band selection for estimating sugarcane leaf nitrogen concentration using EO-1 Hyperion hyperspectral data. **International Journal of Remote Sensing, Basingstoke**, v. 34, n. 2, p. 712-728, 2013.
- Chapman, D.F., Lemaire, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: **Grasslands four our world**. 1993. Cap 3, p. 55-56
- Cunha, C. A. H.; Angulo Filho, R. Resposta espectral e avaliação do índice de área foliar em capim Tanzânia. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 15, n. único, p. 23-30, 2004.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação dos solos. Brasília: **EMBRAPA**, 2006. 306p.
- IBGE. Censo agropecuário 1920/2006. Até 1996, dados extraídos de: Estatística do Século XX. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 8 nov 2016.
- Knox, N.M.; Skidmore, A.K.; Prins, H.H.T.; Asner, G.P.; Van der Werff, H.M.A.; de Boer, W.F.; van der Waal, C.A.; de Knegt, H.J.; Kohi, E.M.B.F.; Slotow, R.D.; Grant, R.C.E.; Dry season mapping of savanna forage quality, using the hyperspectral Carnegie Airborne Observatory sensor. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, p. 1478-1488, 2011.
- Kottek, M.; Grieser, J.; Beck, C.; Rudolf, B.; Rubel, F. World map of the Koppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006. 8, 2011.
- Fonseca, E.L.; Rosa, L.M.G.; Fontana, D.C. Caracterização espectral de *Paspalum notatum* (grama forquilha) em diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.3, p. 365-371, 2002.
- Peñuelas, J.; Filella, I. Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 3, n. 4, p. 151-156, 1998.
- Pestana, M.H.; Gageiro, J.N. **Análise de dados para ciências sociais: a complementaridade do SPSS**. 4 ed. Lisboa: Silabo, 2005. 690p.
- Ponzoni, F.J.; Shimabukuro, Y.E.; Kuplich, T.M. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. 2 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2012. 160p. ISBN 8560507027.
- SILVA JUNIOR, Mário Cupertino da et al. Detecção do efeito da adubação nitrogenada em *Brachiaria decumbens* Stapf. utilizando um sistema de sensoriamento remoto. *R. Bras. Zootec.* [online]. 2008, vol.37, n.3, pp.411-419. ISSN 1806-9290. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008000300005>.
- Smith, M. L.; Martin, M.E.; Plourde, L.; Ollinger, S.V. Analysis of hyperspectral data for estimation of temperate forest canopy nitrogen concentration: comparison between an airborne (AVIRIS) and a spaceborne (Hyperion) sensor. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, p. 1332-1337, 2003.
- Vigneau, N.; Ecartot, M.; Rabatel, G.; Roumet, P. Potential of field hyperspectral imaging as a non destructive method to assess leaf nitrogen content in Wheat. **Field Crops Research**, v 122, p. 25-31, 2011.
- Xue, L.; Yang, L. Deriving leaf chlorophyll content of green-leafy vegetables from hyperspectral reflectance. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Amsterdam, v. 64, n. 1, p. 97-106, 2009.
- Zhao, D.; Reddy, K.R.; Kakani, V.G.; Reddy, V.R. Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis, and hyperspectral reflectance properties of sorghum. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 22, n. 4, p. 391-403, 2005.