

Relação da biomassa aérea com a resposta espectral de parcelas de campo com diferentes tipos de manejo

Aline Biasoli Trentin¹
Tatiana Mora Kuplich¹
Andreise Moreira¹
Fabio Garagory²
Fernando Quadros²

¹ Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais/CRS
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE
Caixa Postal 5021 CEP 97105-970, Santa Maria - RS, Brasil
tmk@dsr.inpe.br
{abtrentin, andreisemoreira}@yahoo.com.br

² Departamento de Zootecnia
Universidade Federal de Santa Maria/UFSM
Campus UFSM – Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria - RS, Brasil
{fabio_garagorry, flfquadros}@yahoo.com.br

Abstract. This study aimed to evaluate the spectral response of native grasslands under different management techniques, as studies of grassland vegetation with this approach are rare when compared with other vegetation types. The scale of observation and spectral resolution are very important to evaluate this issue. The area considered for this work includes parcels of native grassland (up to 1 ha - with different management techniques) designed for research, from the Department of Zootechny, of the Federal University of Santa Maria (UFSM) in Rio Grande do Sul. The aim of this study was to evaluate the relationship of accumulated biomass with the spectral response of grassland plots with different types of management. Reflectance spectra were collected at twenty sampling points considering three parcels of study, using FieldSpec® HandHeld spectroradiometer operating between 400 and 900nm. In six of the twenty evaluated points vegetation was cut for the calculation of aboveground biomass, whereas for the remaining points this variable was visually estimated from measurement data. From the spectral data collected in the field it was possible to compare the differences in reflectance between three plots. Plot 3, with no grazing and hence more accumulated biomass, had the lowest reflectance, result attributed to the higher occurrence of dry/senescent material in the plot. That indicated the importance of considering the phenology of vegetation in such studies. The strongest correlations were found between biomass and near-infrared data for the grazed plots, mainly for plot 2, with less biomass but a higher frequency of prostrate grasses. For the variable vegetation height were found also significant correlations for both grazing plots. For plot 3 (no grazing), the correlations between spectral data and biomass and height were not significant.

Palavras-chave: grassland, remote sensing, spectral reflectance, biomass, campos nativos, sensoriamento remoto, reflectância espectral, biomassa.

1. Introdução

Os campos sulinos no Rio Grande do Sul estão inseridos em dois biomas (IBGE, 2004): o Bioma Pampa – na porção sul e oeste do estado, ocupando cerca de 63% do território formado por áreas naturais onde predomina a vegetação herbácea; e o Bioma Mata Atlântica – concentrado nas maiores altitudes do Planalto Riograndense formado por extensões de áreas campestres associadas com a floresta de araucária (Valls et. al., 2009).

Os campos sulinos possuem grande biodiversidade e espécies vegetais de alto valor forrageiro. O conhecimento acerca dos atributos funcionais (produtividade primária, evapotranspiração, etc) e estruturais (composição florística, fisionomia, etc) da vegetação campestre permite a caracterização e monitoramento desta vegetação, tanto em ecossistemas naturais como nos que sofreram ação antrópica (Baeza et al., 2006).

Quando a vegetação campestre está submetida a diferentes regimes de pastejo, é importante identificar e quantificar os processos envolvidos, assim como seus efeitos na vegetação. O pastejo é um fator de seleção que atua diretamente sobre a comunidade vegetal campestre, ou indiretamente, mediante alteração das condições de ambiente e da ciclagem de nutrientes (Stuth 1991).

Imagens e técnicas de sensoriamento remoto podem dar suporte para a identificação e descrição da heterogeneidade funcional de ecossistemas em escalas regionais e globais (Paruelo et al., 2001; Sun et al., 2008). No entanto, comparando-se com outras tipologias vegetais, ainda são escassos os relatos de monitoramento de vegetação campestre com dados remotos. A escala de observação, expressa pela resolução espacial dos dados remotos, deve ser compatível com o objetivo de estudo. Em vegetação campestre este problema parece se revestir de importância ainda maior, dado o fator limitante da pequena oferta de produtos de alta resolução espacial e espectral gratuitos (Mirik et al. 2005). Entretanto, além de sensores orbitais com alta resolução espacial, a caracterização da vegetação campestre pode ser obtida em nível terrestre com a utilização de espectrorradiômetro de campo, uma vez que estes equipamentos permitem uma análise da reflectância em faixas estreitas de comprimento de onda e de forma detalhada (Fonseca et al, 2002,).

Estudos pioneiros mostraram os mecanismos e organismos vegetais determinantes do comportamento espectral da vegetação em dados adquiridos na faixa ótica do espectro eletromagnético (Knipling, 1970; Gausman, 1977). A folha é onde a maior parte dos fenômenos de interação da radiação eletromagnética (REM) ocorre, com os espaços intercelulares, pigmentos e conteúdo hídrico da folha desempenhando importantes papéis na absorção e reflexão da REM. Na região da faixa visível a reflectância de uma folha verde apresenta absorção nas regiões do azul e vermelho (reflectância de 6% e 5%), devido à necessidade dessa energia para a fotossíntese, e um pico no verde (reflectância de 11%), enquanto que a partir do infravermelho próximo a reflectância aumenta significativamente (40-60%) e decai em direção ao infravermelho médio (Ponzoni e Shimabukuro, 2009; Jensen, 2009).

Os dados sobre a resposta espectral da vegetação podem auxiliar de maneira rápida, eficiente e não-destrutiva, em estimativas de biomassa (Pilon et al. 2010). Alguns resultados nesta abordagem são demonstrados para vegetação campestre utilizando principalmente o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), como relatam Gamon et. al. (1995), que encontraram correlação de 0,84 entre a biomassa total e o NDVI calculado a partir de um espectrorradiômetro portátil. Paruelo et al. (2000), também estudando vegetação campestre obtiveram um coeficiente de determinação de 0,74 relacionando a biomassa aérea acumulada em um período entre 35 e 95 dias e o NDVI medido pelo sensor Thematic Mapper/Landsat. No entanto Gao et al. (2003) e Fonseca et. al. (2007) observaram um baixo coeficiente de correlação linear para a estimativa da cobertura vegetal e biomassa de vegetação campestre, respectivamente, a partir de imagens TM e Enhanced TM+/Landsat.

Este estudo objetiva avaliar a relação da biomassa aérea da vegetação campestre com a resposta espectral coletada em campo em parcelas de campo nativo submetidas a diferentes tipos de manejo.

1.1. Área de Estudo

A área de estudo compreende três parcelas de campo nativo (até 1 ha) do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (Figura 1). A área total possui em torno de 24 ha e se localiza na região fisiográfica denominada Depressão Central do Rio Grande do Sul, coordenadas 29°43' S, 53°45' W, com altitude de 95 m acima do nível do mar.

O local é manejado desde os anos 1970 como invernada do rebanho de cria e recria de bovinos de corte, sob pastejo leve (Quadros e Pillar, 2001). Nos últimos anos, com a

diminuição do rebanho de cria da universidade, a área passou a ter pastejos menos intensos o que lhe confere uma fisionomia de campo com predomínio de espécies cespitosas.

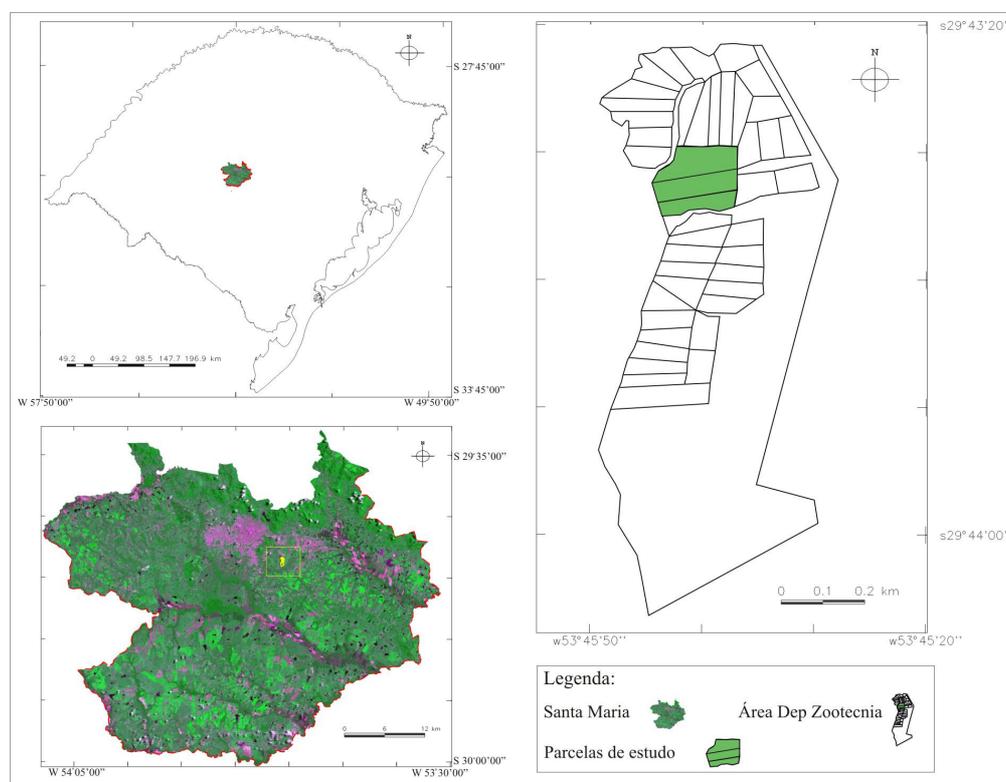


Figura 1: Mapa de localização das parcelas de estudo. Estado do Rio Grande do Sul (Fonte: Hasenack, H.; Weber, E., 2010); Município de Santa Maria – Imagem LISS (Linear Imaging Self-Scanning Sensor) 3, composição colorida R5G4R3; Parcelas de estudo do Departamento de Zootecnia da UFSM.

2. Metodologia de Trabalho

As medidas de reflectância de campo nativo na área de estudo foram realizadas em três parcelas experimentais (01, 02 e 03) que compreendem dois poteiros (grande e pequeno, 01 e 02, respectivamente). Estas parcelas têm manejo onde o campo é pastejado pelo gado, conseqüentemente apresentam menor biomassa se comparadas à terceira área, que corresponde a um poteiro de exclusão (03) onde o campo tem grande quantidade de forragem acima do solo. Em cada parcela foram escolhidos aleatoriamente 20 pontos amostrais onde se coletou a reflectância espectral.

Os espectros de reflectância foram determinados pela razão entre a radiância do dossel e a radiância de uma placa lambertiana de referência, por meio do espectrorradiômetro portátil de campo *FieldSpec® HandHeld* que produziu dados na faixa de 400 a 900 nm (visível e infravermelho próximo) do espectro eletromagnético. O espectrorradiômetro foi posicionado de forma que as medições fossem tomadas perpendicularmente em torno de 1 m acima do topo da vegetação campestre. Esta disposição permite um campo de visada de aproximadamente 40 cm.

Ao mesmo tempo em que foi medida a reflectância espectral da vegetação campestre foram selecionados aleatoriamente seis entre os vinte pontos amostrais para realizar o corte da vegetação a fim de calcular a biomassa do local. Para isso utilizou-se um quadrado de 0,50 m de lado e a vegetação contida no interior deste foi cortada logo acima do solo. Em seguida, as amostras foram levadas ao laboratório e passaram pelo processo de secagem, a uma temperatura forçada em torno de 70°C e posteriormente pesadas, resultando na

disponibilidade de forragem de cada um dos seis pontos. Para os demais pontos, os valores de forragem foram estimados utilizando análises de regressão a partir da disponibilidade de forragem calculada para os pontos em que foram realizados os cortes e estimativas visuais feitas nesses seis pontos e nos demais quatorze. Em todos os pontos foi medida a altura média de curvatura das folhas do topo do dossel.

A partir dos resultados dessas variáveis (reflectância e biomassa) nos 20 pontos amostrais em cada parcela fez-se a análise de correlação linear e regressão para observar a relação entre os dados. O espectro de reflectância completo obtido em campo foi analisado em relação à correlação com as variáveis biomassa e altura das espécies vegetais, auxiliando na escolha de comprimentos de onda específicos para posterior análise. Também foi gerado o NDVI para as 3 parcelas com os dados radiométricos. Em seguida a análise de significância, resultado do teste *t*, determinou as variáveis significantes estatisticamente.

3. Resultados e Discussão

A resposta espectral da vegetação campestre, nas três parcelas consideradas, apresentou diferenças na quantidade de radiação refletida nas faixas do espectro eletromagnético (Figura 2).

A aparência senescente da vegetação nas parcelas analisadas provocou a “alteração” na resposta espectral em relação à vegetação verde ou fotossinteticamente ativa. A época do ano em que as medidas espectrais foram realizadas (outubro), considerando que as temperaturas neste ano permaneceram abaixo das normais para o período, a vegetação ainda apresentava aspecto de inverno, quando a maior parte das espécies está na fase de senescência, principalmente na parcela de exclusão de pastejo, onde a biomassa acumulada de vegetação é muito maior que em relação às outras parcelas.

Na faixa do visível, o pico de reflectância característico na região do verde não foi acentuado, assim como a alta absorção na região do vermelho. Destaca-se a resposta espectral da parcela de exclusão (3) que apresentou a menor reflectância no verde, aumentando no vermelho (Figura 2).

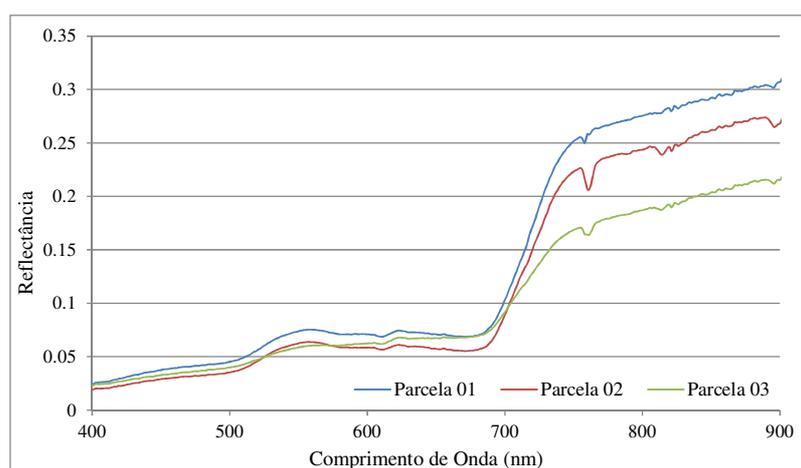


Figura 2 – Resposta espectral da vegetação campestre em três parcelas com diferentes tipos de manejo.

Na porção do infravermelho próximo ocorrem as maiores diferenças na quantidade de energia refletida pelas três parcelas (Figura 2). Onde há exclusão de pastejo (parcela 03) houve menor reflectância, indicando menor diferença de energia refletida entre a faixa visível e do infravermelho próximo. A ocorrência de déficit hídrico promove as mudanças na resposta espectral, deslocando o pico de reflectância para o vermelho em função da degradação da clorofila e diminuindo a reflectância no infravermelho próximo devido à

degeneração das membranas celulares do mesófilo durante a senescência (Fonseca et. al. 2007).

A resposta espectral, principalmente na faixa do infravermelho próximo, se diferenciou em função da biomassa disponível em cada parcela, exibindo uma relação inversa entre biomassa e reflectância (mais biomassa, menos reflectância), justamente pela relação direta entre material senescente e biomassa (mais biomassa, mais material senescente). Na parcela 03 (exclusão) a biomassa disponível é de 6612,76kg/ha e a presença de material senescente foi maior em comparação às demais. As parcelas 01 e 02 apresentaram menor quantidade de biomassa (4577,82 e 3139,83kg/ha, respectivamente) e a resposta espectral também foi diferenciada. Esta diferença também pode estar relacionada ao predomínio de gramíneas prostradas de porte baixo (menor biomassa) com pouca matéria seca na parcela 02 e a maior presença de espécies cespitosas (maior biomassa) na parcela 01.

Os dados de biomassa e altura da vegetação, e suas correlações com a reflectância nos comprimentos de onda selecionados - 550 e 710nm - e com o NDVI, são mostrados na Tabela 1. Nas parcelas 01 e 02, o coeficiente de determinação R^2 demonstrou a relação entre biomassa e altura com os comprimentos de onda 550nm (correspondente à porção verde no espectro eletromagnético) e 710nm (início da faixa do infravermelho próximo).

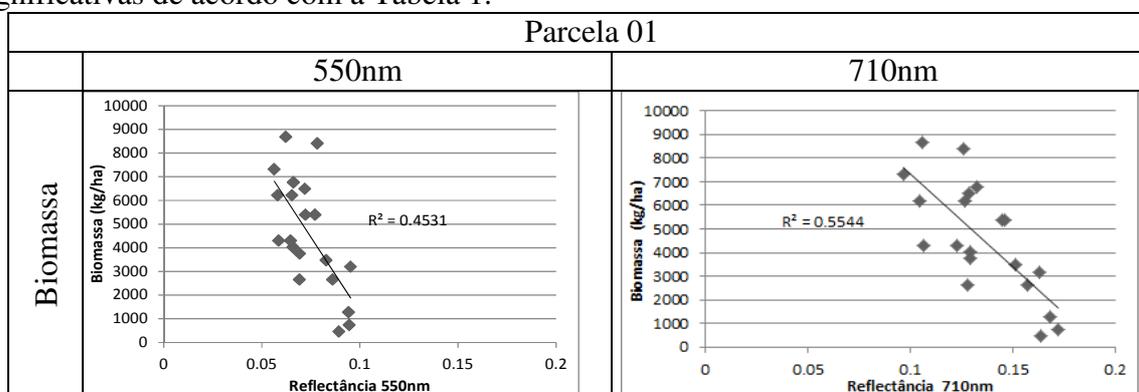
Os valores de NDVI não apresentaram correlação significativa com as variáveis, provavelmente em função de grande parte da vegetação se apresentar senescente ou fotossinteticamente inativa (Tabela 1).

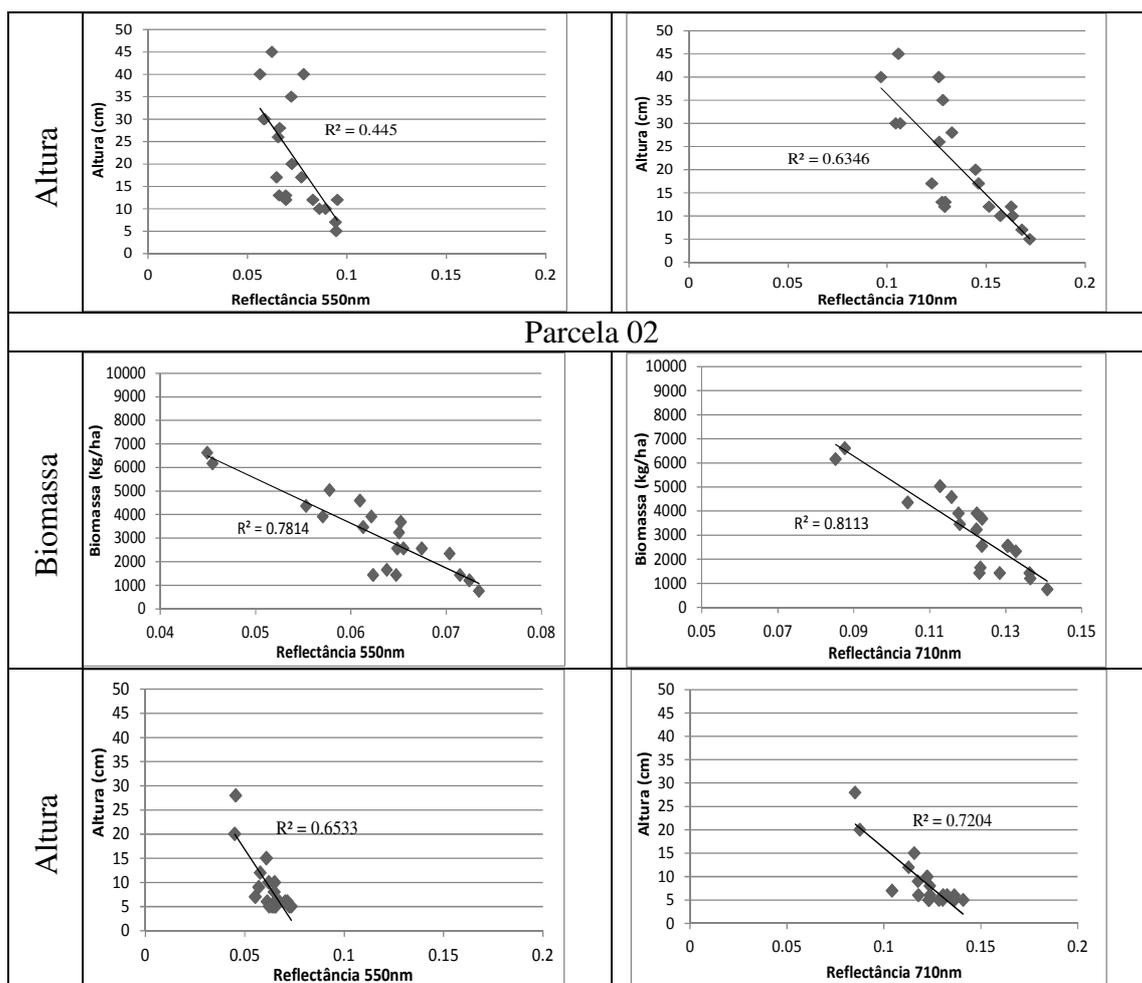
As regressões que demonstraram significância estatística são mostradas no Quadro 1. A dispersão dos dados demonstra a tendência de correlação negativa entre as variáveis.

Tabela 1: Relação entre as variáveis biomassa e altura com as medidas espectrais nas três parcelas de estudo (os valores grifados são estatisticamente significativos para um intervalo de confiança de 95%).

R^2	Parcela 01		Parcela 02		Parcela 03	
	Biomassa (kg/ha)	Altura (cm)	Biomassa (kg/ha)	Altura (cm)	Biomassa (kg/ha)	Altura (cm)
Reflectância 550nm	0,453	0,445	0,781	0,653	0,078	0,140
Reflectância 710nm	0,554	0,634	0,811	0,720	0,059	0,093
NDVI	0,080	0,170	0,006	0,017	0,054	0,134

Quadro 1: Diagramas de dispersão entre as variáveis e correlações estatisticamente significativas de acordo com a Tabela 1.





A maiores correlações foram estimadas para a biomassa e dados do infravermelho próximo para ambas parcelas (Quadro 1), o que demonstra a necessidade de considerar a totalidade da estrutura vegetal (e sua degradação em processo de senescência) nas estimativas de biomassa e produtividade vegetal (Pilon et al. 2010). A parcela 2, com menor biomassa, mas maior frequência de gramíneas prostradas, apresentou as maiores estimativas de correlação do conjunto de dados, devido, provavelmente, à menor quantidade de material seco/senescente.

4. Considerações finais

A espectrorradiometria de campo apontou as características espectrais da vegetação de parcelas de campo nativo sob diferentes tipos de manejo. Foi constatada a participação do material seco/senescente na resposta espectral das parcelas, sinalizando a importância de se considerar a fenologia da vegetação em estudos deste tipo. Quanto mais material verde ou fotossinteticamente ativo, maior a acurácia nas estimativas de biomassa e produtividade a partir de dados remotos.

As maiores correlações encontradas foram entre biomassa e dados do infravermelho próximo para as parcelas pastejadas, principalmente para a parcela 2, com menor biomassa mas maior frequência de gramíneas prostradas. Para a variável altura as correlações também foram significativas para ambas parcelas pastejadas.

Pesquisas futuras deverão avaliar a resposta espectral da vegetação em diferentes fases fenológicas, assim como a influência do solo subjacente e seu conteúdo hídrico nos dados adquiridos. A composição de espécies das diferentes parcelas e os tipos funcionais a que

pertencem também serão investigados, dada sua influência na distribuição de altura e biomassa nas parcelas.

Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte essencial - o espectrorradiômetro portátil - do Prof. Waterloo Pereira Filho, assim como suas idéias e incentivo. Os bolsistas do Departamento de Zootecnia auxiliaram muito nos trabalhos de campo. O apoio logístico do CRS tornou este trabalho possível. O CNPq concede bolsas de pesquisa para ABT e AM.

Referências Bibliográficas

Baeza, S.; Paruelo, J. M.; Altesor, A. Caracterización funcional de la vegetación del Uruguay mediante el uso de sensores remotos. **Interciencia**, v.31, n. 5, p.382-388. 2006.

Fonseca, E. L. et al. Caracterização espectral de *Paspalum notatum* em diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, n. 3, p. 365-371. 2002.

Fonseca, E. L. et al. Estimativa da disponibilidade de forragem do bioma Campos Sulinos a partir de dados radiométricos orbitais: parametrização do submodelo espectral. **Ciência Rural**, v.37, n.6, p.1668-1674, 2007.

Gamon, J.A. et al. Relationships between NDVI, canopy structure and photosynthesis in three californian vegetation types. **Ecological Applications**, v.5, n.1, p.28-41, 1995.

Gausman, H. W. Reflectance of leaf components. **Remote Sensing of Environment**, v.6, p. 1-9. 1977.

Hasenack, H.; Weber, E. Base Cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - Escala 1:50.000. **CD-Rom**, 2010.

Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

Knipling, E.B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 1, p. 155-159. 1970.

Mapa de Biomas e Vegetação do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 21 jun. 2010.

Mirik, M., et. al. Hyperspectral one-meter-resolution remote sensing in Yellowstone National Park, Wyoming: II. Biomass. **Rangeland Ecology and Management**, v. 58, n. 5, p. 459-465, 2005.

Paruelo, J.M. et al. Estimation of primary production of subhumid rangelands from remote sensing data. **Applied Vegetation Science**, v.3, n.2, p.189-195, 2000.

Paruelo, J.M. et. al. Current distribution of ecosystem functional types in temperate South America. **Ecosystems**, v. 4, p. 683-698. 2001.

Pilon, R., et. al. Determination of aboveground net primary productivity and plant traits in grasslands with near-infrared reflectance spectroscopy. **Ecosystems**, v. 13, p. 851-859, 2010.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 136 p.

Quadros, F. L. F.; Pillar, V. P. Dinâmica vegetacional em pastagem natural submetida a tratamentos de queima e pastejo. **Ciência Rural**, v.31, n.5, p.863-868, 2001.

Quadros, F. L. F.; Pillar, V. P. Transições floresta-campo no Rio Grande do Sul. **Ciência e Ambiente**, v. 24, p. 109-111. 2002.

Stuth J.W. Foraging Behavior. In: Heitschmidt, R.K.; Stuth, J.W. **Grazing management: an ecological perspective**. Timber Press Oregon, 1991. pp. 65-83.

Sun W. et. al. Mapping plant functional types from MODIS data using multisource evidential reasoning. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p. 1010-1024, 2008.

Valls, J. F. M. et. al. O patrimônio florístico dos Campos: potencialidades de uso e a conservação de seus recursos genéticos. In: Pillar, V. P. (Org.). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. p. 139-154.

Zha, Y., et. al. A spectral reflectance-based approach to quantification of grassland cover from Landsat TM imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n 2-3, p. 371-375. 2003