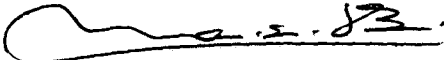


1. Publicação nº <i>INPE-3467-PRE/710</i>	2. Versão	3. Data <i>Mar., 1985</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DSR</i>	Programa		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>RADIOMETRIA DE CAMPO ESTIMATIVA ESTRATO HERBÁCEO</i> <i>FITOMASSA MSS-LANDSAT</i> <i>ÍNDICES VEGETATIVOS DENSIDADE DE VEGETAÇÃO</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:581.526</i>			
8. Título <i>INPE-3467-PRE/710</i>		10. Páginas: <i>13</i>	
CORRELAÇÃO DE FITOMASSA VERDE DE CAMPO CERRADO COM DADOS ESPECTRAIS OBTIDOS PELO SISTEMA MSS-LANDSAT E POR RADIOMETRIA DE CAMPO		11. Última página: <i>12</i>	
		12. Revisada por <i>Sherry Chou Chen</i> Sherry Chou Chen	
9. Autoria <i>Marisa Dantas Bitencourt Pereira</i> <i>Getulio Teixeira Batista</i>		13. Autorizada por <i>Nelson de Jesus Parada</i> Nelson de Jesus Parada Diretor Geral	
Assinatura responsável 			
14. Resumo/Notas <i>O objetivo deste trabalho é correlacionar dados de fitomassa foliar, obtidos no campo de modo destrutivo, com a respectiva resposta espectral obtida tanto pelo Sistema MSS-LANDSAT como por radiometria de campo. Ambos os sistemas operam em faixas espectrais similares, a saber, uma no vermelho e duas no infravermelho próximo do espectro eletromagnético. O seu potencial agrícola elevado indica a necessidade de estimativa precisa e frequente da biomassa dos Cerrados do Brasil Central. O objeto deste estudo é o Campo Cerrado, uma importante subdivisão do Cerrado, que apresenta um estrato herbáceo significativo. Dados de campo foram coletados em junho de 1983 e maio de 1984, correspondendo respectivamente ao meio do período de seca e ao final do período de chuvas. Foram usadas três imagens do MSS-LANDSAT livres de nuvens, de datas próximas as dos trabalhos de campo. Resultados mostraram que: a) o intervalo de biomassa foliar fresca total nas amostras variou de 297,9 a 808,0 g/m²; b) os índices vegetativos apresentaram mais alta correlação com Teor de Umidade da Vegetação do que com fitomassa fresca total; c) fitomassa obtida de modo destrutivo apresentou correlação linear altamente significativa com os índices vegetativos testados; e d) verificou-se uma alta correlação linear entre os TVIs obtidos com MSS-LANDSAT e com radiometria de campo.</i>			
15. Observações <i>Trabalho apresentado na 4ª Reunião da SELPER, Santiago, Chile, 12 a 16 de novembro de 1984.</i>			

CORRELATION OF THE GREEN BIOMASS FROM BRAZILIAN SAVANNAS
(CERRADOS) WITH SPECTRAL DATA OBTAINED FROM MSS-LANDSAT
AND FROM FIELD RADIOMETRY

Marisa Dantas Bitencourt Pereira (1)

Getulio Teixeira Batista (2)

A B S T R A C T

The objective of this study is to correlate foliar biomass data obtained in the field by a conventional destructive method with spectral response from MSS-LANDSAT and from field radiometry. Both systems work in similar spectral bands throughout the red and near infrared wavelengths. "Cerrado" vegetation occupies over 20% of the Brazilian territory (about 180 million ha) and has been traditionally used for beef cattle raising and dairy production. The "Cerrado" has also been used for growing rice and maize for local consumption. Its great potential for agriculture has indicated the need for timely and accurate estimate of biomass of the "Cerrado" in Central Brazil. The object of this study is the "Campo Cerrado", which is an important subdivision of "Cerrado" presenting a significant herbaceous stratum. Several calibration procedures and Vegetative Indices have been investigated. Field data were collected in two periods: June 1983 and May 1984, corresponding to the middle of the dry season and the end of the wet season, respectively. Three cloud free MSS-LANDSAT acquisitions, closed to the field work periods, were used. Results showed that the clipped green biomass ranged from 297,9 to 808,0 g/m². Water contents were calculated from the green biomass sampled. Three spectral information data sets were compiled: a) field radiometry (R%); b) MSS-LANDSAT original data (digital counts from 0-255); and c) MSS-LANDSAT data corrected to compensate for atmospheric scattering. Both MSS data sets were previously corrected to compensate for differing sun elevation angles, before the computation of the vegetative indices. The three data sets showed the same trend: sites with low values of green biomass also had low values of vegetative indices. The same was observed for percent water content values. The correlation analyses of the field green biomass, with spectral response of both field and orbital data, showed significant linear correlation coefficients. The vegetative indices were better correlated with water content rather than with green biomass. The vegetative indices TVI6 and TVI7 were highly correlated with the water content variable rather than other tested vegetative indices. The TVIs obtained from field radiometry was highly correlated with the TVIs obtained from the MSS-LANDSAT data ($r = 0,96$).

-
- (1) Bióloga, bolsista do Departamento de Sensoriamento Remoto (DSR), Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, São Paulo, Brasil.
 - (2) Engenheiro Agrônomo, Chefe do Departamento de Sensoriamento Remoto (DSR), Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, São Paulo, Brasil.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é correlacionar dados de fitomassa foliar, obtidos no campo de modo destrutivo, com a respectiva resposta espectral obtida tanto pelo sistema MSS-LANDSAT como por radiometria de campo. Ambos os sistemas operam em faixas espectrais similares, a saber, uma no vermelho e duas no infravermelho próximo do espectro eletromagnético. O Cerrado ocupa cerca de 20% do território brasileiro (cerca de 180 milhões de ha) e tem sido tradicionalmente usado para pecuária de corte e de leite bem como para produção de grãos (principalmente arroz e milho), basicamente voltados para o consumo local. O seu potencial agrícola elevado indica a necessidade da estimativa precisa e frequente da biomassa dos Cerrados do Brasil Central. O objeto deste estudo é o Campo Cerrado, uma importante subdivisão do Cerrado, que apresenta um estrato herbáceo significativo. Vários procedimentos de calibração e vários Índices Vegetativos (IV) foram investigados. Dados de campo foram coletados em junho de 1983 e maio de 1984, correspondendo respectivamente ao meio do período de seca e ao final do período de chuvas. Foram usadas três imagens do MSS-LANDSAT, livres de nuvens, de datas próximas às dos trabalhos de campo. Resultados mostraram que o intervalo de biomassa foliar fresca nas amostras variou de 297,9 a 808,0 g/m². A partir destas amostras estimou-se o teor de umidade da vegetação (%). Três conjuntos de dados espectrais foram compilados: a) radiometria de campo (R%); b) MSS-LANDSAT dados originais (níveis de cinza de 0-255); e c) MSS-LANDSAT dados corrigidos para compensar o espalhamento atmosférico. Ambos os conjuntos de dados do MSS sofreram correção para compensar a tomada de dados em diferentes ângulos de elevação solar, antes do cálculo dos IVs. Nos três conjuntos de dados espectrais observou-se sempre a mesma tendência: unidades amostrais de baixa biomassa foliar fresca apresentaram também IVs baixos; o mesmo acontecendo com os dados de teor de umidade da vegetação. A análise de correlação dos dados de biomassa foliar medidos no campo com as respectivas respostas espectrais, tanto radiométricas como de satélite, mostraram coeficientes de correlação linear significativos. Os IVs foram melhor correlacionados com os dados de teor de umidade da vegetação do que com os dados de biomassa foliar fresca. Os IVs que melhor se correlacionaram com teor de umidade da vegetação foram os TVI6 e TVI7. Os TVIs obtidos por radiometria e os obtidos a partir de dados do MSS-LANDSAT apresentaram alta correlação linear ($r = 0,96$).

1. INTRODUÇÃO

Ocupando cerca de 20% do território brasileiro, o Cerrado (savana) apresenta tipo de solo, vegetação e clima característicos. Nos últimos anos o seu uso vem sendo mudado de extensivo para intensivo, graças aos esforços de desenvolvimento do Governo Federal. Para melhor explorar as potencialidades desta região, o estudo de sua vegetação nativa é essencial. Dada a sua extensão, técnicas apropriadas carecem de ser desenvolvidas.

Nesse contexto, a visão sinóptica dos dados remotamente sensoriados pelo sistema MSS-LANDSAT possibilita a identificação de zonas com padrão homogêneo de vegetação, enquanto a repetitividade de recobrimento propicia o estudo de variações sazonais. Além disso, a resposta espectral da vegetação, expressa através de índices vegetativos vem apresentando alta correlação com fitomassa foliar obtida no campo, que é uma medida de densidade de vegetação por área. Estes índices vem sendo propostos para auxiliar no monitoramento da produtividade, principalmente de pastagens, uma vez que a fitomassa do estrato herbáceo-arbustivo reflete a capacidade de suporte ao pastoreio.

O objetivo deste trabalho é correlacionar os dados de fitomassa, obtidos no campo, com a respectiva resposta espectral obtida tanto pelo sistema MSS-LANDSAT como também por um radiômetro de campo. Ambos os sistemas de obtenção de resposta espectral apresentam seus sensores nas mesmas faixas do espectro eletromagnético, especificamente nas regiões do visível e do infravermelho próximo. Para tanto, selecionaram-se comunidades de Campo Cerrado, as quais possuem um estrato herbáceo predominante, ocupam áreas de tamanho compatível com a resolução espacial do MSS-LANDSAT e se apresentam em relevo quase sempre aplainados.

2. COMUNIDADE VEGETAL SELECIONADA

O Cerrado brasileiro apresenta características próprias de clima, vegetação e uso da terra.

O clima, geralmente tropical estacional, possui segundo Genú et alii (1978) duas estações: chuvas e seca.

vosa (outubro-abril) e seca (maio-setembro). Como consequência do clima tem-se que esta comunidade deve ser estudada do ponto de vista de sua fitomassa foliar tão logo terminem as chuvas. Neste período a fitomassa do estrato herbáceo ainda está predominantemente verde e a probabilidade de imagens livres de cobertura de nuvens é maior.

A vegetação do Cerrado possui duas floras distintas, sendo uma herbácea-subarbusciva e outra arbustivo-arbórea, cuja predominância depende de as condições ecológicas se aproximarem do ótimo campestre (Campo) ou do ótimo florestal (Cerradão), passando por fisionomias intermediárias que Coutinho (1976) agrupou no biocoro de savana. Este biocoro contém o Campo Cerrado que apresenta um estrato herbáceo predominante e uma cobertura arbustiva que varia de zero a 10%, com altura média de três metros.

Quanto ao uso, pode-se dizer que ainda há muito o que fazer para explorar o Cerrado em toda sua potencialidade. Seu relevo quase sempre suave possibilita a mecanização da agricultura. Seu regime climático e o de fotoperíodo proporcionam ótimas condições para o desenvolvimento de diversas culturas. Seus recursos hídricos superficiais de regime perene tornam possível a irrigação da região.

Assim, selecionaram-se amostras da comunidade Campo Cerrado com diferentes densidades de vegetação, em tamanho compatível com a resolução espacial do sistema orbital e em locais acessíveis para o estudo.

3. RESPOSTA ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO

A radiação solar refletida tem sido a forma de energia mais estudada em sensoriamento remoto. Ao entrar em contacto com a vegetação, a radiação solar pode ser absorvida, transmitida e refletida, conforme as propriedades físico-químicas da vegetação na faixa espectral considerada.

Na faixa do visível (400 - 680 nm) os pigmentos existentes na folha verde são responsáveis por uma forte absorção da radiação incidente ao longo de toda a faixa, acentuando-se nas regiões do azul e do vermelho.

Na porção do espectro referente ao infravermelho próximo (800 - 1100 nm), verifica-se uma alta reflectância causada pelo espalhamento resultante dos diferentes índices de retração do líquido intracelular (1,33) e dos espaços intercelulares (1,0) do mesófilo (Gausman et alii, 1976). Estes autores investigaram as razões biofísicas desta alta reflectância e concluíram que, ao incidir em uma camada de folhas, esta radiação reflete cerca de 50% e transmite o restante. Se este restante encontrar outra camada de folhas o processo se repetirá, e assim sucessivamente, indicando que a resposta espectral da vegetação nesta região está relacionada à sua densidade.

3.1. ÍNDICES VEGETATIVOS

Índices vegetativos são modelos numéricos que envolvem razões ou combinações (lineares ou não) de respostas espectrais de diferentes bandas do espectro eletromagnético, visando refletir densidade de vegetação. Para Miller (1981) os IVs de mais de uma banda espectral tendem a ser mais estáveis e oferecem maior possibilidade de comparação entre estes índices e dados de fitomassa obtidos de modo destrutivo no campo.

Vários índices vegetativos têm sido propostos (MacDaniel and Haas, 1982 e Richardson et alii, 1982). Contudo, por dificuldades de obtenção de dados de verdade terrestre simultâneos com dados espectrais foram estudados neste trabalho somente os índices:

Razão simples = $R = IVP/V$,

Razão transformada = $TVI = \sqrt{\frac{IVP - V}{IVP + V} + 0.5}$.

4. SELEÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS

Com o objetivo de identificar zonas homogêneas representativas das várias classes de fitomassa do Campo Cerrado, foi feita uma classificação digital da imagem MSS-LANDSAT tomada em data próxima à realização da coleta de dados de fitomassa no campo. Esta classificação foi feita através do Sistema IMAGE-100 do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), utilizando um procedimento híbrido que envolve uma classificação não-supervisionada (análise de agrupamento) para aquisição das estatísticas de treinamento para, finalmente, proceder-se à classificação supervisionada (regra de decisão de máxima verossimilhança).

Desta forma, as amostras de Campo Cerrado que apresentarem classificação uniforme, acessíveis e com pontos de referência passíveis de identificação no campo, foram selecionadas.

A orientação no campo para identificação das unidades amostrais foi feita através da utilização de fotografias do vídeo do IMAGE-100 (Sistema Interativo de Análise de Imagens Multiespectrais) antes e após a classificação.

Utilizando estes critérios, 16 unidades amostrais (ou SÍTIOS) foram selecionadas.

5. COLETA DE FITOMASSA NO CAMPO

Como a flora do Campo Cerrado é muito rica em número de famílias e de espécies, optou-se por amostrar três "áreas mínimas" em cada SÍTIO. Área mínima é o conjunto de elementos amostrais que apresenta uma comunidade vegetal homogênea. Por conveniência, escolheram-se elementos amostrais quadrados que medem 1 x 1 m (Aoki e Santos, 1980). Quanto ao número, Gounot (1969) propõe que este se já determinado com base no aspecto florístico. Para isto, utilizou-se o método dos quadrados encaixados, descrito em Muller-Dombois e Ellenberg (1974), que oferece a relação do número de espécies pelo número de elementos amostrais como um caminho para estabelecer a área mínima de cada SÍTIO. O passo seguinte é cortar todas as folhas contidas em cada elemento amostral, pesá-las no campo, misturar todo o material de cada área mínima, homogeneizar e retirar uma alíquota para posterior secagem em estufa. Os pesos antes e depois da secagem permitem inferir o teor de umidade da vegetação. A medida de fitomassa de cada SÍTIO corresponde à média dos resultados nas três áreas mínimas.

6. COLETA DE DADOS ESPECTRAIS

Tomaram-se os dados espectrais dos 16 SÍTIOS amostrados, classificados como Campo Cerrado, com diferentes densidades de vegetação, em cujos locais procedeu-se posteriormente à coleta de fitomassa. As faixas do espectro eletromagnético utilizadas foram: vermelho (V) de 630 a 690 nm, infravermelho próximo (IVP) entre 700-800 nm e 800-1100 nm, tanto no radiômetro de campo como em faixas similares do Sistema MSS-LANDSAT (canais 5, 6 e 7).

6.1. RADIOMETRIA DE CAMPO

Com um radiômetro portátil marca KIMOTO PM 12A tomaram-se medidas nas faixas centradas em 675 nm (V), 750 nm (IVP6) e 850 nm (IVP7), com um ângulo de visada de 10°, a 2,5 metros do chão, procurando sempre a perpendicularidade e expondo o alvo cerca de 30 segundos para cada medida. Para cada área mínima calculou-se a porcentagem de reflectância do complexo solo-vegetação segundo a fórmula fornecida pelo fabricante:

$$R(\%) = 10^{-(Rpp - Rsv)} \times 100,$$

onde

Rpp = média de duas medidas de uma placa de sulfato de bário utilizada para calibração das condições de iluminação e,
Rsv = média de três medidas do complexo solo-vegetação.

Compilou-se assim um conjunto de medidas para cada área mínima de cada SÍTIO e tomou-se a média das três áreas mínimas como medida da porcentagem de reflectância do SÍTIO.

As medidas foram tomadas entre 8:30 e 10:30 horas, conforme a distância entre cada SÍTIO e o centro de apoio de campo.

As datas das tomadas de dados foram:

22/06/1983 SÍTIO I,
de 26/06 a 01/07/1983 SÍTIOS II - VI,
de 02/05 a 15/05/1984 SÍTIOS VII - XVI.

Obteve-se então um conjunto de dados radiométricos de 15 dos 16 SÍTIOS amostrados. A ocorrência de nuvens durante a coleta de dados impossibilitou a tomada de medidas radiométricas em um dos SÍTIOS (V).

6.2. DADOS ESPECTRAIS OBTIDOS POR SATÉLITE

Os dados espectrais de cada SÍTIO foram extraídos das seguintes passagens:

17/06/1983 MSS-LANDSAT-4 221/71SÍTIO I,
26/06/1983 MSS-LANDSAT-4 220/69SÍTIOS II-VI,
10/05/1984 MSS-LANDSAT-5 221/71SÍTIOS VII-XVI.

Na imagem de satélite, as informações sobre os alvos contidos em cada elemento de resolução ou "pixel" são representados por níveis de cinza. No caso deste trabalho esses níveis variaram de 0-255. Como a resolução espacial dos MSS-LANDSAT-4 e 5 corresponde a 82,7 x 57,0 metros no terreno, resolveu-se extrair os níveis de cinza médios das manchas com padrão homogêneo definido pela classificação das imagens. Partiu-se da premissa que se as manchas têm padrão homogêneo para o classificador estatístico há uma grande chance de também o ser no terreno.

Todavia, esses níveis de cinza trazem consigo distorções radiométricas ocasionadas principalmente pelas condições atmosféricas que variam primariamente com a época do ano.

Como as medidas foram tomadas em datas distintas, portanto com ângulos de elevação solar diferentes, procedeu-se à correção para compensar este fato, multiplicando o nível de cinza original por um fator F, dado por:

$$F = \cos\phi / \cos\theta,$$

sendo:

ϕ = ângulo zenital escolhido arbitrariamente,
 θ = ângulo zenital da data de tomada dos dados.

Este conjunto de dados referentes aos 16 SÍTIOS compensados para o ângulo de elevação ($\theta=90^\circ$ -elevação solar) solar foi denominado "Dados do MSS-LANDSAT originais".

No que se refere às distorções devidas às condições atmosféricas, sabe-se que somente o espalhamento pode ser parcialmente eliminado. Segundo Taranik (1978) o espalhamento adiciona uma quantidade extra de brilho à resposta espectral dos alvos contidos em cada "pixel", acentuadamente nas regiões do espectro de menores comprimentos de onda. Assim, subtrair este brilho poderia atenuar este efeito, mesmo com um certo comprometimento. Deste modo, procedeu-se à tal subtração, baseando na hipótese de que certos alvos, tais como sombra de relevo e água límpida, deveriam apresentar reflectância muito baixa ou até mesmo nula na região do infravermelho próximo e que os valores porventura registrados seriam devidos ao espalhamento. Como as passagens estudadas apresentaram pelo menos um destes dois alvos, subtraiu-se da cena toda o valor registrado para tais alvos em cada uma das quatro faixas. Obteve-se, assim, um conjunto de dados para os 16 SÍTIOS, que foi denominado "Dados MSS-LANDSAT corrigidos", no qual se procurou compensar os efeitos atmosféricos.

7. RESULTADOS

O intervalo de fitomassa foliar fresca observado foi de 297,9 a 808,0 gramas por metro quadrado. Os SÍTIOS II-VI apresentaram os mais baixos valores e correspondem aos Campos Cerrados com porcentagem de cobertura do estrato herbáceo mais baixa e com a quase ausência de estrato arbustivo. Os SÍTIOS I e VII-XVI apresentaram os mais altos valores de fitomassa. Estes exemplares de Campos Cerrados mostraram-se mais ricos em estrato arbustivo e uma cobertura de solo bastante alta.

No que tange às espécies predominantes em cada SÍTIO, a distribuição foi a seguinte:

SÍTIOS	Famílias predominantes
I e VII-XVI	Rubiaceae, Euphorbiaceae, Compositae, Cyperaceae, Myrtaceae e Palmae.
II a VI	Gramineae, Myrtaceae e Euphorbiaceae.

O primeiro conjunto de SÍTIOS apresenta famílias cujas espécies possuem folhas largas, succulentas e carnosas. O segundo conjunto apresenta dominância de gramíneas que, além de contribuir pouco em termos de fitomassa foliar, ainda acumulam partes mortas que reduzem o teor de umidade da vegetação.

Como o objetivo deste trabalho é estudar a relação entre duas variáveis, de um lado os dados de fitomassa foliar e do outro os dados espectrais transformados em índices vegetativos, fez-se uma análise de correlação. O exame gráfico da relação entre estas variáveis indicou que a correlação linear simples seria o modelo mais apropriado para este estudo.

Foram elaborados três conjuntos de dados espectrais por SÍTIO com os respectivos valores de fitomassa foliar (fresca total em g/m²) e teor de umidade da vegetação (em %). A Tabela 1 apresenta os dados radiométricos de campo, obtidos com o KIMOTO PM 12 A, expressos em porcentagem de reflectância (R%), e os índices vegetativos razão simples (R) e razão transformada (TVI), calculados para cada SÍTIO. Abaixo de cada coluna encontram-se os coeficientes de correlação linear obtidos entre os parâmetros analisados. A Tabela 2 refere-se aos dados espectrais originais, obtidos por satélite, os quais sofreram correção apenas para compensar a tomada de dados em diferentes ângulos de elevação solar. A Tabela 3 refere-se aos dados da Tabela 2 corrigidos para compensar o espalhamento atmosférico.

Nos três conjuntos de dados nota-se que o teor de umidade da vegetação correlacionou-se com os IVs melhor do que com a fitomassa foliar fresca. Este fato também foi observado por Tucker (1977).

Os Índices Vegetativos que se correlacionaram de forma mais consistente e significativa com o teor de umidade da vegetação foram os TVI6 e TVI7. A Figura 1 apresenta os gráficos das correlações mais significativas encontradas entre os dados de teor de umidade da vegetação e os TVIs calculados com dados espectrais obtidos de três modos: a) radiometria de campo; b) MSS-LANDSAT original; e c) MSS-LANDSAT corrigido para o espalhamento atmosférico.

A Tabela 4 mostra os coeficientes de correlação entre os TVIs calculados com dados radiométricos de campo versus os TVIs calculados com dados orbitais originais e corrigidos para espalhamento. Nota-se nesta tabela uma relação muito estreita entre os TVIs de campo e os TVIs de satélite. A Figura 2 mostra graficamente a relação observada entre o TVI6 de campo (K) e o TVI7 MSS-LANDSAT original (O).

8. CONCLUSÕES

Embora o número de SÍTIOS amostrados seja pequeno para uma análise conclusiva, os resultados alcançados denotam as seguintes tendências:

- a) o teor de umidade da vegetação mostrou melhor correlação com os IVs do que a fitomassa foliar fresca total;
- b) os índices vegetativos obtidos tanto no campo como pelo sistema MSS-LANDSAT mostraram-se bastante semelhantes e com alta correlação entre si;
- c) a correção para compensar a tomada de dados de satélite em datas diferentes mostrou-se eficiente aproximando numericamente os TVIs obtidos por satélite aos obtidos por radiometria de campo;
- d) a correção para atenuar o espalhamento atmosférico não apresentou nenhuma melhoria significativa.

9. SUGESTÃO

Aumentar, de modo cumulativo, o número de SÍTIOS estudados para confirmar as tendências observadas neste trabalho, a fim de que se possa formular um modelo baseado em dados orbitais para estimar fitomassa de Campo Cerrado.

10. BIBLIOGRAFIA

- AOKI, H.; SANTOS, J.R. dos Estudos da vegetação de Cerrado na área do Distrito Federal, a partir de dados orbitais. São José dos Campos, INPE, maio 1980. 144 p. (INPE-1730-TDL/026).

- COUTINHO, L.M. Contribuição ao conhecimento do papel ecológico das queimadas na floração de espécies do Cerrado. Tese de Livre Docência - Instituto de Biociências USP - São Paulo, 1976.
- GAUSMAN, H.W.; RODRIGUES, R.R.; RICHARDSON, A.J. Infinite reflectance of dead compared with live vegetation. AGRONOMY JOURNAL, 68(2):295-296, 1976.
- GENU, P.J.C.; MATTOS, J.K.A.; DURIGAN, J.C. A citricultura do DF. Relatório Técnico da EMBRAPA-CPAC, dezembro 1978.
- GOUNOT, M. Methodes d'étude quantitative de la vegetation. Masson et Cie., Editeurs, 120 Boulevard Saint-Germain. Paris 1969.
- MacDANIEL, M.C.; HAAS, R.H. Assessing mesquita grass vegetation conditions from LANDSAT. PHOTOGRAMMETRIC ENGINEERING AND REMOTE SENSING, 48(3):441-450, March 1982.
- MILLER, G.E. A look at the commonly used LANDSAT vegetation indices. AgRISTARS U.S.Dept. of Agriculture EW-L1-04134. JSC-17413, Oct. 1981. (NASA OR 167474).
- MULLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. Aims and methods of vegetation ecology. John Willey & Sons USA, 1974.
- RICHARDSON, A.J.; EVERITT, J.H.; WIEGAND, C.L. Estimating total standing herbaceous biomass production with LANDSAT MSS digital data. Welasco, TX USDA/ARS Soil and Water Conservation Research. 1982. (NASA CR 169606-EW-V2-04320 JSC 18255).
- TARANIK, J.V. Principles of computer processing of LANDSAT data for geologic applications. U.S. Geological Survey Open-file Report 78-117, Sioux Falls, SD, Mar. 15, 1978.
- TUCKER, C.J. Spectral estimation of grass canopy variables. REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 6(sf): 11-26, 1977.

SÍTIOS	MSS5	MSS6	MSS7	R6,5	R7,5	TVI6	TVI7	Teor de umidade da vegetação (%)	Fitomassa foliar fresca total (g/m ²)
I	17,8	34,3	35,5	1,93	2,00	0,90	0,91	65,9	554,0
II	25,4	38,1	46,2	1,50	1,82	0,84	0,89	26,2	396,0
III	24,6	37,9	45,7	1,54	1,85	0,84	0,89	25,0	472,0
IV	21,1	32,6	41,9	1,54	1,98	0,84	0,91	25,0	344,0
V	19,8	31,6	38,8	1,59	1,96	0,85	0,91	23,4	298,0
VI	22,2	35,5	44,6	1,60	2,00	0,85	0,91	25,2	362,0
VII	19,6	43,2	51,8	2,20	2,64	0,94	0,97	50,0	774,0
VIII	25,7	48,4	58,7	1,88	2,28	0,90	0,94	56,0	808,0
IX	25,9	46,7	58,6	1,80	2,26	0,89	0,94	60,3	565,0
X	17,6	50,7	59,2	2,88	3,37	0,99	1,02	53,3	655,0
XI	17,2	43,2	54,3	2,51	3,16	0,96	1,01	51,1	614,0
XII	15,5	38,3	50,9	2,46	3,28	0,96	1,02	58,8	745,0
XIII	19,6	45,8	55,3	2,33	2,82	0,95	0,99	46,4	428,0
XIV	19,8	44,3	54,4	2,23	2,74	0,94	0,98	62,2	587,0
XV	13,1	40,3	50,2	3,08	3,84	1,00	1,04	50,0	520,0
XVI	17,0	44,5	52,3	2,61	3,07	0,97	1,00	61,1	509,0
r _{teor}	0,14	0,59*	0,51**	0,62*	0,56**	0,72*	0,61*	* α = 0,01	
r _{total}	0,37	0,62*	0,55**	0,46	0,45	0,56**	0,50**	** α = 0,05	

TABELA 3. DADOS MSS-LANDSAT CORRIGIDOS (NÍVEIS DE CINZA MÉDIOS DE 0-255), ÍNDICES VEGETATIVOS (R E TVI), TEOR DE UMIDADE DA VEGETAÇÃO E FITOMASSA FOLIAR TOTAL FRESCA, REFERENTES AOS SÍTIOS AMOSTRADOS E RESPECTIVOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (r_{teor} E r_{total}).

SÍTIOS	MSS5	MSS6	MSS7	R6,5	R7,5	TVI6	TVI7	Teor de umidade da vegetação. (%)	Fitomassa foliar fresca total (g/m ²)
I	41,8	50,1	47,9	1,20	1,15	0,77	0,75	65,9	554,0
II	64,3	76,1	60,2	1,18	0,94	0,76	0,68	26,2	396,0
III	63,5	75,9	59,7	1,19	0,94	0,77	0,68	25,0	472,0
IV	59,9	70,6	55,9	1,18	0,93	0,76	0,68	25,0	344,0
V	59,4	69,9	52,5	1,18	0,88	-0,76	0,66	23,4	298,0
VI	61,1	73,6	58,7	1,20	0,96	0,77	0,69	25,2	362,0
VII	33,7	53,1	57,5	1,58	1,71	0,85	0,87	50,0	774,0
VIII	40,0	55,8	62,2	1,39	1,55	0,82	0,85	56,0	808,0
IX	39,3	55,1	62,7	1,40	1,59	0,82	0,85	60,3	565,0
X	29,6	58,7	64,9	1,98	2,19	0,91	0,93	53,3	655,0
XI	32,0	51,6	59,1	1,61	1,85	0,86	0,89	51,1	614,0
XII	30,5	46,3	55,1	1,52	1,81	0,84	0,89	58,8	745,0
XIII	31,2	52,7	59,2	1,69	1,90	0,87	0,90	46,4	428,0
XIV	31,9	49,8	56,4	1,56	1,77	0,85	0,88	62,2	587,0
XV	27,5	48,0	54,2	1,75	1,97	0,88	0,91	50,0	520,0
XVI	31,7	52,5	56,0	1,65	1,76	0,86	0,88	61,1	509,0
r_{teor}	0,88*	0,92*	0,20	0,57**	0,73*	0,63*	0,79*	* $\alpha = 0,01$	
r_{total}	0,66*	0,61*	0,17	0,42	0,63*	0,55**	0,69*	** $\alpha = 0,05$	

TABELA 2. DADOS MSS-LANDSAT ORIGINAIS (NÍVEIS DE CINZA MÉDIOS) DE 0-255), ÍNDICES VEGETATIVOS (R E TVI), TEOR DE UMIDADE DA VEGETAÇÃO E FITOMASSA FOLIAR TOTAL FRESCA, REFERENTES AOS DEZESSEIS SÍTIOS AMOSTRADOS E RESPECTIVOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (r_{teor} E r_{total}).

SÍTIOS	R (%)			R6,5	R7,5	TVI6	TVI7	teor de umidade da vegetação (%)	Fitomassa teor total (g/m ²)
	V	IVP6	IVP7						
I	13,6	25,9	25,3	1,90	1,86	0,90	0,89	65,9	554,0
II	17,2	22,5	25,7	1,31	1,38	0,80	0,84	26,2	396,0
III	17,1	21,7	22,8	1,26	1,32	0,78	0,80	25,0	472,0
IV	22,5	29,6	35,6	1,32	1,58	0,80	0,85	25,0	344,0
V	-	-	-	-	-	-	-	23,4	298,0
VI	22,0	30,4	32,9	1,38	1,50	0,81	0,84	25,2	362,0
VII	9,5	24,6	29,7	2,59	3,12	0,97	1,01	50,0	774,0
VIII	9,7	18,3	21,3	1,89	2,20	0,90	0,93	56,0	808,0
IX	10,0	20,5	22,2	2,05	2,20	0,92	0,94	60,3	565,0
X	9,6	25,2	26,6	2,60	2,78	0,97	0,98	53,3	655,0
XI	10,9	29,6	27,1	2,70	2,47	0,98	0,96	51,1	614,0
XII	8,1	19,3	20,7	2,37	2,54	0,95	0,97	58,8	745,0
XIII	9,4	21,2	25,5	2,26	2,72	0,94	0,98	46,4	428,0
XIV	9,9	21,9	24,4	2,20	2,46	0,94	0,96	62,2	587,0
XV	9,9	28,0	30,5	2,80	3,07	0,99	1,00	50,0	520,0
XVI	8,9	21,6	31,6	2,40	3,56	0,96	1,03	61,1	509,0
r _{teor}	0,84*	0,39	0,40	0,71*	0,66*	0,69*	0,74*	* α = 0,01	
r _{total}	0,59**	0,44	0,53	0,58**	0,58**	0,61**	0,55**	** α = 0,05	

TABELA 1. DADOS DE REFLECTÂNCIA (R%) OBTIDOS NO CAMPO, ÍNDICES VEGETATIVOS (R E TVI), TEOR DE UMIDADE DA VEGETAÇÃO E FITOMASSA FOLIAR TOTAL FRESCA, REFERENTES AOS DEZESSEIS SÍTIOS AMOSTRADOS E RESPECTIVOS ÍNDICES DE CORRELAÇÃO (r_{teor} E r_{total}).

MSS- LANDSAT CAMPO	DADOS ORIGINAIS		DADOS CORRIGIDOS	
	TVI6	TVI7	TVI6	TVI7
TVI 6	r=0,90	0,89	0,95	0,92
TVI 7	r=0,96	0,94	0,90	0,88

todos significantes para $\alpha = 0,01$, $n = 15$.

TABELA 4. RELAÇÃO ENTRE TVIs DE DADOS DE CAMPO E TVIs DE DADOS DO MSS-LANDSAT.

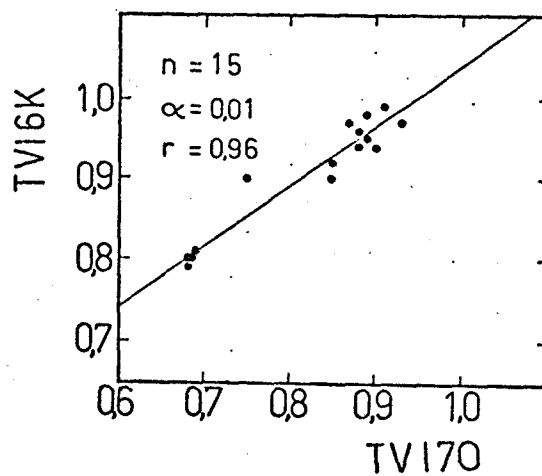


FIGURA 2. RELAÇÃO ENTRE O TVI6K (RADIOMETRIA DE CAMPO) E O TVI70 (MSS-LANDSAT ORIGINAIS).

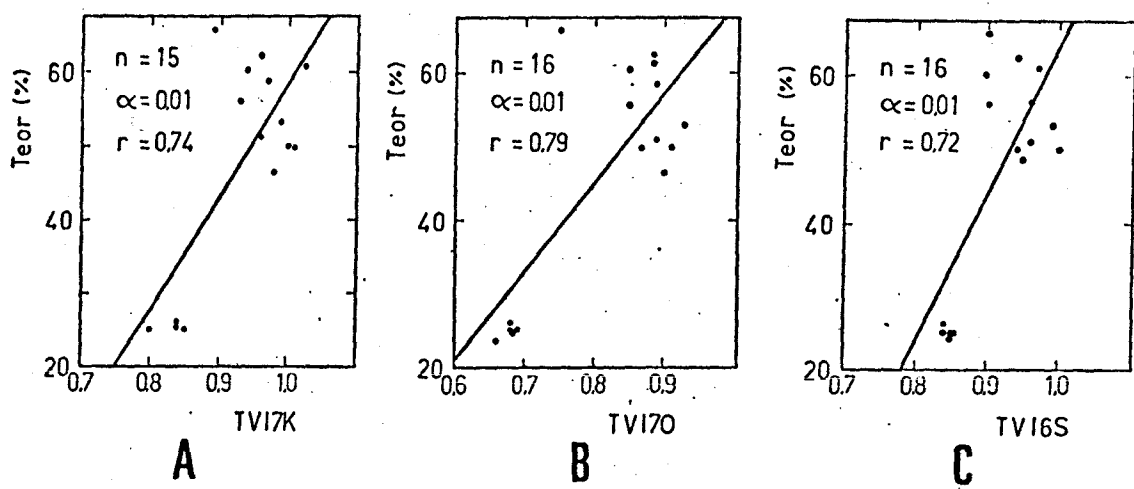


FIGURA 1. RELAÇÃO ENTRE O TEOR DE UMIDADE DA VEGETAÇÃO (%) E OS ÍNDICES VEGETATIVOS: A) TVI7K (CAMPO); B) TVI70 (MSS-LANDSAT ORIGINAL); C) TVI6S (MSS-LANDSAT CORRIGIDO).