

# USO DE PADRÕES RADIOMÉTRICOS PARA SEPARAÇÃO DE QUATRO ESPÉCIES DE GRAMÍNEAS EM CONDIÇÕES DE CERRADO<sup>1</sup>

EDUARDO D. ASSAD, JOSÉ DA SILVA MADEIRA NETO<sup>2</sup> e LUCIMAR MOREIRA<sup>3</sup>

**RESUMO** - Foram estudados os padrões radiométricos de quatro forrageiras: *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria ruziziensis* e *Andropogon gayanus*, de forma a verificar possíveis diferenças em termos de reflectância espectral e sua evolução temporal, e estudar as relações entre biomassa e valores de reflectância. Os resultados indicam boa separabilidade entre as espécies, formando dois grupos distintos: *A. gayanus* e *B. humidicola* no primeiro grupo e *B. ruziziensis* e *B. decumbens* no segundo grupo. Foi encontrada boa correlação entre reflectância e teor hídrico das espécies, mas baixa correlação entre biomassa e reflectância para as quatro gramíneas.

Termos para indexação: sensoriamento remoto, *Brachiaria*, *Andropogon*.

## RADIOMETRIC PATTERNS AS A TOOL FOR SEPARATION OF FOUR GRASS SPECIES UNDER "CERRADO" CONDITIONS

**ABSTRACT** - Research was conducted to establish the reflectance patterns of four pasture grasses: *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria ruziziensis* and *Andropogon gayanus*, in order to identify response for possible radiometric discrimination, their temporal evolution, and to study the relationship between biomass and reflectance. The results indicate a good separability of the grasses into two groups: *A. gayanus* and *B. humidicola* in the first group and *B. ruziziensis* and *B. decumbens* in the second one. A good correlation was found between reflectance and grass water content but no correlation was found between reflectance and biomass for the grasses studied.

Index terms: remote sensing, *Brachiaria*, *Andropogon*.

## INTRODUÇÃO

Em torno de 45% das atividades agrícolas na região dos Cerrados estão relacionados à pecuária de corte ou de leite. Dessa maneira, grandes extensões desta região possuem pastagens cultivadas ou nativas.

Para avaliação destas áreas de pastagens, tanto do ponto de vista de produção de matéria seca, qualidade, tipo de pastagens ou espécies cultivadas, quanto de sua extensão, o uso de técnicas de sensoriamento remoto constitui instrumento de múltiplas e amplas utilidades, permitindo estudos espaço-temporais eficientes e rápidos.

Antes, porém, de se utilizarem os produtos orbitais (imagens de satélites), estudos radiométricos de campo são necessários para identificar o comportamento espectral dos alvos estudados.

No caso de pastagens, o estudo da assinatura espectral pode permitir a diferenciação de espécies que apresentam arquiteturas e comportamentos fisiológicos diferentes. A reflectância das espécies, em fases fenológicas distintas, pode ser usada como referência para a classificação destas nos produtos orbitais.

Os dados da literatura especializada ilustram aplicações destes métodos com diferentes tipos de pastagens, principalmente naturais. Ihse & Rose (1985), utilizando radiômetros de campo, encontraram alta correlação ( $r^2 \approx 0,90$ ) entre reflectância e biomassa para comunidades vegetais, na Suécia dominadas pela espécie *Arrhenatherum pratense*. Entretanto, quando a dominância foi de *Testura*

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 23 de janeiro de 1991.

<sup>2</sup> Eng.-Agr., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), BR 020 Km 18, Caixa Postal 700.023, CEP 73300 Planaltina, DF.

<sup>3</sup> Geógrafa - EMBRAPA/CPAC.

*ovina*, a correlação foi baixa ( $r^2 \approx 0,56$ ).

Os autores concluíram que os principais fatores que influenciaram estas medidas foram a diversidade da comunidade vegetal, a fenologia, a cobertura vegetal e a cor das flores.

Pastagens em pradarias e várzeas foram estudadas por Pearson et al. (1976) no Colorado (EUA), e por Thalen et al. (1980) na Holanda. Girard (1982) estudou o comportamento espectral de alguns tipos de gramíneas em campos secos na França. As imagens do satélite Landsat foram usadas em Saskatchewan (Canadá) por Thomson et al. (1980) para estimativa de áreas de pastos nessa região.

Os métodos utilizados não são universais, e sua aplicabilidade, nas investigações feitas até então, é apresentada com as respectivas limitações.

O objetivo deste trabalho foi o de estudar o comportamento espectral das gramíneas *B. decumbens*, *B. humidicola*, *A. gayanus* e *B. ruziziensis*, em ambiente de cerrados, e verificar a possibilidade de diferenciá-las espectralmente, além de estudar as relações entre produção de biomassa e reflectância.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram implantadas sete parcelas experimentais de 100 m<sup>2</sup>, sendo duas para *B. decumbens* (B.d), *B. humidicola* (B.h) e *A. gayanus* (A.g), e uma para *B. ruziziensis* (B.r). Estas parcelas foram subdivididas em 25 subparcelas cada, de 4 m<sup>2</sup>, que foram casualizados para serem objeto das leituras radiométricas e da avaliação de biomassa.

Para efeito das leituras radiométricas e das avaliações de biomassa, foram utilizados apenas 0,25 m<sup>2</sup> no centro de cada subparcela.

As leituras radiométricas foram feitas com o uso de um espectrorradiômetro portátil KIMOTO, nos comprimentos de onda de 400, 500, 550, 575, 600, 650, 700, 750, 850, 950 e 1050 nm. Simultaneamente, foram tomadas medidas radiométricas de uma placa-padrão de sulfato de bário, o que permitiu o cálculo do índice de reflectância bidirecional. As medições foram realizadas nos dias 13 e 25 de junho de 1986, 25 de abril de 1988 e 12 de maio de 1988.

Logo após as medições radiométricas, os 0,25 m<sup>2</sup> centrais de cada parcela foram coletados e transportados

ao laboratório para a separação do material em folhas verdes, talos e inflorescência. Estas partes foram pesadas e colocadas na estufa, por 48 horas, para secagem, sendo obtidos, então, seus pesos secos. Posteriormente, estes dados foram comparados com índices de vegetação clássicos, visando obter a correlação destes índices com a biomassa verde e o teor hídrico das forrageiras, e a avaliação da separabilidade das espécies a partir das medidas radiométricas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Correlação entre reflectância e índices de vegetação

Observa-se que as curvas de reflectância, representadas pelos valores médios das parcelas, apresentam padrões bem definidos para cada uma das quatro espécies, no dia 13.06.86 (Fig. 1), principalmente nos comprimentos de onda relativos ao infravermelho próximo, onde se percebem valores decrescentes nos índices de reflectância para B.r., B.d. e A.g., respectivamente.

No dia 25.06.86, os valores de reflectância no infravermelho próximo foram marcadamente superiores para a B.r., enquanto para os demais estes valores foram próximos (Fig. 2).

No dia 27.04.88, período ainda relativamente úmido, os valores de reflectância foram marcadamente inferiores para a B.r., distinguindo-se das demais (Fig. 3).

Já na repetição feita no dia 12.05.88 (Fig. 4), o A.g., apresentou valores de reflectância inferiores, o que pode indicar maior sensibilidade desta espécie ao início da estação seca.

Examinando-se as quatro Figuras, nota-se que, para os comprimentos de onda compreendendo a faixa do espectro visível (400 a 700 nm), as quatro espécies formam dois grupos distintos: um, pelas espécies B.d. e B.r.; e outro, pela B.h. e A.g. Somente no dia 25 de junho a B.r. manteve valores mais elevados que os demais.

Os dados de biomassa indicam que os pesos totais das partes aéreas das gramíneas estudadas variaram de 8.357 a 1.3811 kg/ha no dia

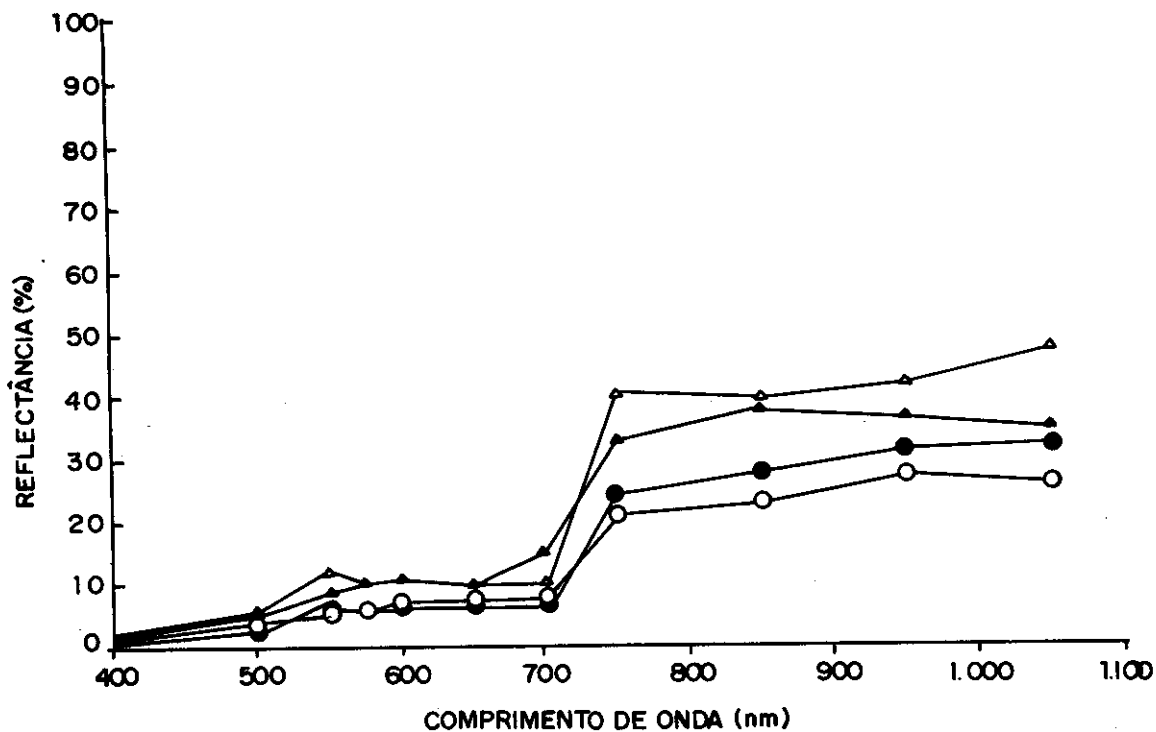


FIG. 1. Curvas de reflectância de quatro forrageiras (● B.h., ▲ B.d., △ B.r e ○ A.g), efetuadas no dia 13.06.86.

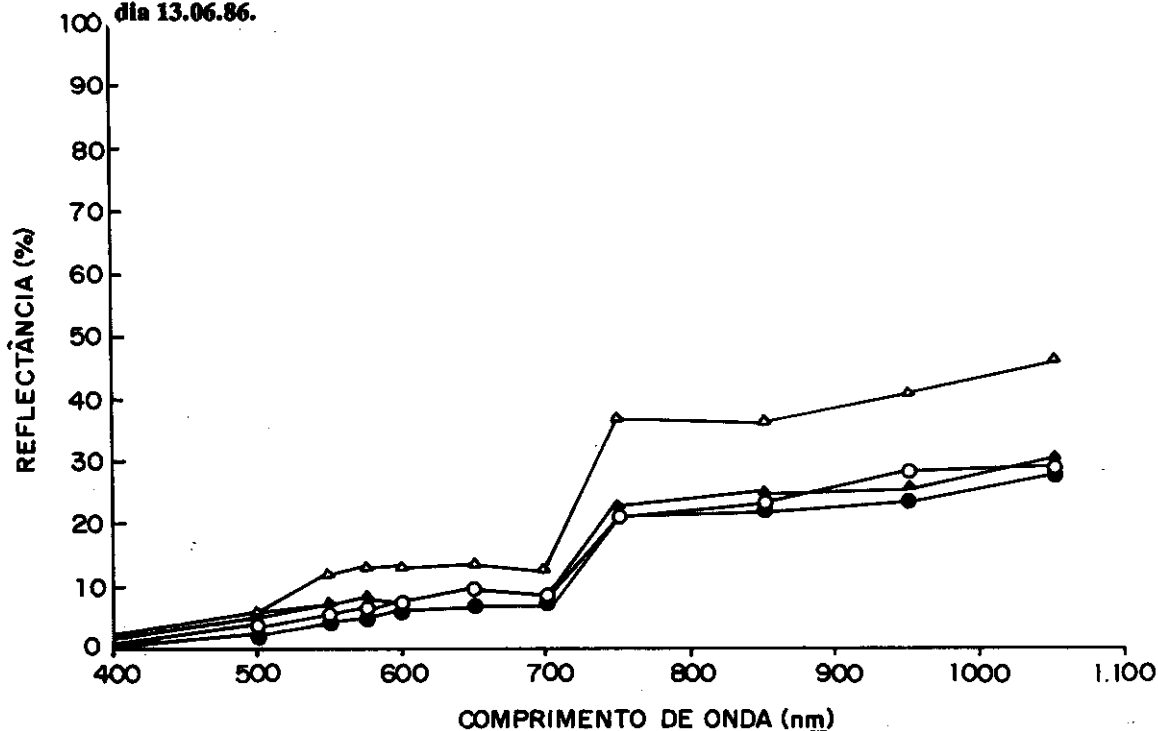


FIG. 2. Curvas de reflectância de quatro forrageiras (● B.h., ▲ B.d., △ B.r e ○ A.g), efetuadas no dia 25.06.86.

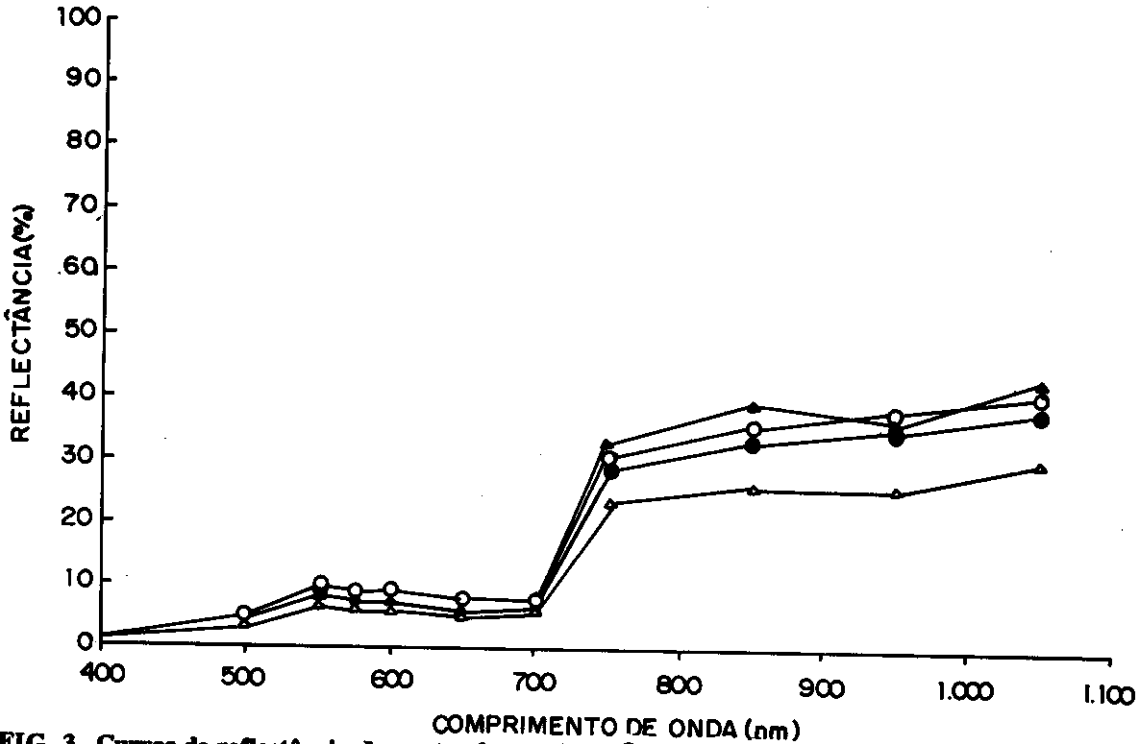


FIG. 3. Curvas de reflectância de quatro forrageiras (● B.h, ▲ B.d, △ B.r e ○ A.g), efetuadas no dia 27.04.88.

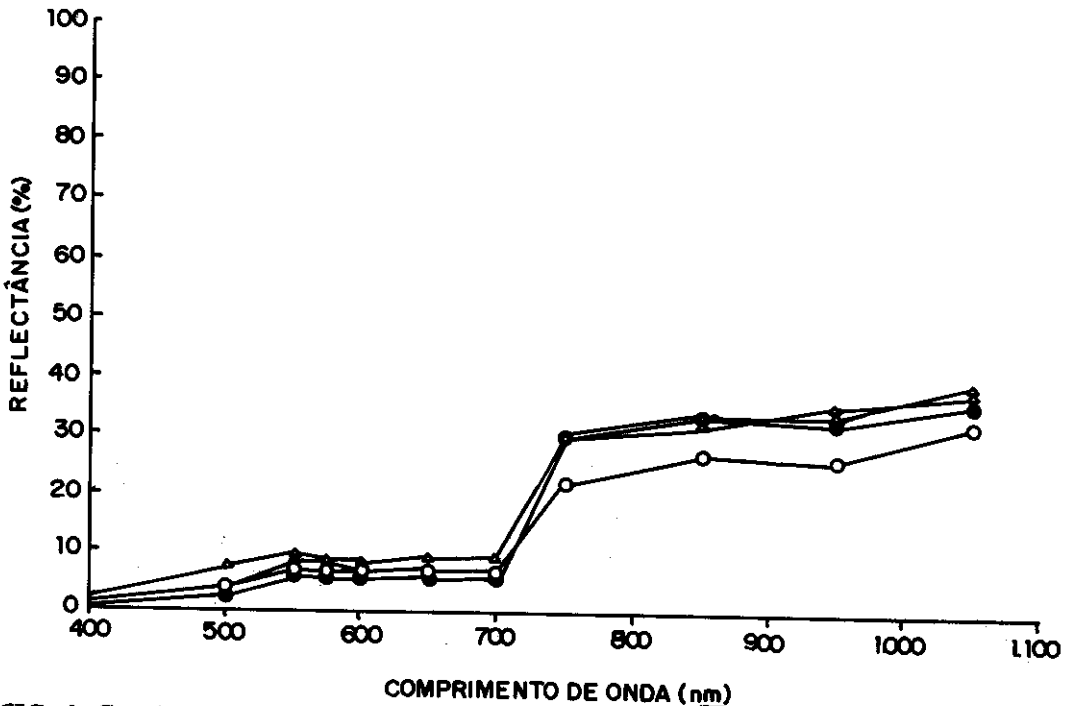


FIG. 4. Curvas de reflectância de quatro forrageiras (● B.h, ▲ B.d, △ B.r e ○ A.g), efetuadas no dia 12.05.88.

13.06 e de 9.361 a 17.893 kg/ha no dia 25.06, sendo os valores extremos para a B.d. e A.g., respectivamente. Os valores observados no segundo dia de leitura, no ano de 1986, foram superiores aos do primeiro dia, conforme mostra a Tabela 1. Para as medidas feitas em 27.04.88, os valores extremos foram de 8.010 a 16.210 kg/ha para B.d. e A.g. respectivamente. No dia 12.05.88, os valores foram de 9.280 a 17.860 kg/ha para A.g. e B.r., respectivamente. O baixo valor de biomassa verde observado para A.g. pode ser explicado pela sensibilidade desta espécie ao período seco.

Houve também uma tendência de aumento do ressecamento das plantas no dia 25.06.86 e 12.05.86 e, em particular, das partes verde (folhas e talos). Estas mudanças podem ser explicadas pelas condições climáticas características da estação seca. Das espécies estudadas, a Ag.g. parece demonstrar mais cedo os efeitos da estação seca.

As Fig. 1, 2, 3 e 4 mostram que a reflectância medida para os comprimentos de ondas no infravermelho próximo (acima de 750 nm), que é uma indicação da atividade biológica

**TABELA 1. Valores medidos de biomassa verde, biomassa seca, percentagem de matéria seca e teor hídrico das forrageiras.**

Obs.	B. verde kg/ha	B. seca kg/ha	%M.S	Teor hídrico %
1 B.H	12851.88	6004.38	46.7	
2 B.D	8537.50	4511.25	52.8	47.2
3 B.R.	9437.50	4618.75	48.9	51.0
4 A.G	13811.88	7486.25	54.2	45.7
1 B.H	13441.60	7917.70	58.9	41.1
2 B.D.	9361.40	6025.40	64.3	35.6
3 B.R.	14493.60	7711.80	53.2	46.7
4 A.G	17893.00	10998.00	61.1	38.5
1 B.H.	14115.50	5760.0	41.1	58.5
2 B.D.	8010.00	3440.0	43.0	57.0
3 B.R.	18015.00	10320.05	36.8	63.1
4 A.G.	16210.00	7480.0	46.7	53.2
1 B.H.	12060.00	3800.0	31.5	68.4
2 B.D.	11420.00	4200.0	36.7	63.2
3 B.R.	17860.00	6060.0	33.9	66.0
4 A.G.	9280.00	3320.0	35.7	64.2

das plantas, seguiu a tendência decrescente com a diminuição da porção verde das plantas. As quatro datas estudadas permitem supor que estas variáveis estejam correlacionadas. As possíveis correlações existentes, entre os parâmetros biológicos e de reflectância, foram calculadas com base em nove índices de vegetação clássicos utilizados em sensoriamento remoto. Posteriormente, os índices foram correlacionados com peso verde, peso seco e umidade das plantas. Os índices selecionados são baseados nas combinações das bandas espectrais dos satélites Landsat MSS e NOAA-AVHRR, como se segue:

- MSS5 = (R600 + R700 nm)/2
- MSS6 = (R700 + R800 nm)/2
- MSS7 = (R800 + R1100 nm)/2
- PIR = (infravermelho próximo) = (R700 + R1100 nm)/2
- R = (vermelho) = (R600 + 700 nm)/2
- NOAA1 = (R550 + R650 nm)/2
- NOAA2 = (R725 + R1100 nm)/2

Os canais foram reconstituídos segundo as janelas espectrais do radiômetro KIMOTO, passíveis de serem combinadas, portanto não são janelas exatamente iguais às dos satélites, mas bem próximas destas. Os índices são determinados segundo as relações:

- MSS5/MSS7
- MSS7/MSS5
- IVGN = (NOAA2 - NOAA1)/(NOAA1 + NOAA2)
- DIF1 = 2MSS5 - MSS7
- DIF2 = 2.4 MSS7 - MSS5
- IVGN4 =  $\sqrt{\frac{MSS7 - MSS5}{MSS7 + MSS5}} + 0.5$
- IVGN5 =  $\sqrt{\frac{MSS6 - MSS5}{MSS6 + MSS5}} + 0.5$
- PIR/R
- R/PIR

Conforme a matriz de correlações apresentada na Tabela 2, valores significativos do índice de correlação foram obtidos com os índices de vegetação MSS5/7, MSS7/5, IVGN4, IVGN5 e o teor hídrico das plantas.

A baixa correlação observada entre o peso seco e o peso verde e todos os índices calcula-

**TABELA 2.** Matriz de correlação obtida a partir dos índices de vegetação e parâmetros de (B. biológicos de 4 gramíneas em condições de cerrado (B.d., B.h., A.g., B.r.).

	PVERD	PSECO	UMID	MS5/7	MS7/5	IVGN	DIF1	DIF2	IVGN4	IVGN5	PIR/R	R/PIR
PVERD	1,000											
PSECO	0,866	1,000										
UMID	0,094	-0,383	1,000									
MS5/7	-0,049	0,350	-0,852	1,000								
MS7/5	0,026	-0,356	0,811	-0,961	1,000							
IVGN	0,152	0,114	0,145	-0,190	0,223	1,000						
DIF1	0,298	0,545	-0,611	0,648	-0,641	0,080	1,000					
DIF2	-0,298	-0,545	0,611	-0,648	0,641	-0,080	-1,000	1,000				
IVGN4	0,040	-0,351	0,851	-0,999	0,969	0,196	-0,649	0,649	1,000			
IVGN5	0,044	-0,341	0,807	0,962	0,938	0,027	-0,652	0,652	0,963	1,000		
PIR/R	0,152	0,116	0,140	-0,187	0,219	0,998	0,080	-0,080	0,193	0,032	1,000	
R/PIR	-0,154	-0,114	-0,147	0,192	-0,225	-0,099	-0,080	0,080	-0,197	-0,027	-0,995	1,000

dos não corresponde aos resultados de Tucker et al. (1981). É recomendável a repetição do experimento, utilizando-se um radiômetro mais sensível com bandas espectrais mais estreitas.

#### Estudo da separabilidade das espécies

Foram efetuados estudos visando à separabilidade das espécies a partir dos resultados espectrais. Os dados foram ordenados, sendo os indivíduos numerados de 1 a 16, segundo a distribuição abaixo:

- 1 a 4 = *Brachiaria humidicola*
- 5 a 8 = *Brachiaria decumbens*
- 9 a 12 = *Brachiaria ruziziensis*
- 13 a 16 = *Andropogon gayanus*

Com base em análises multivariáveis, foi feito inicialmente um estudo das componentes principais, estabelecendo-se a matriz de correlação entre todas as respostas espectrais originais, segundo as janelas do radiômetro KIMOTO e o peso verde coletado. Na Tabela 2, são apresentados os resultados da matriz. Novamente, foi observada baixa correlação entre a resposta espectral e o peso verde. Uma vez efetuada a diagonalização da matriz, foram determinados os valores próprios dos vetores, que indicam as variâncias sobre os eixos principais e a contribuição da variação total, que é o percentual explicado pelos eixos. Assim, somente com os eixos 1 e 2 são explica-

dos 85,8% da variância total dos resultados, como é apresentado na Tabela 3.

A representação gráfica dos eixos 1 e 2, conforme Fig. 5, mostra que os indivíduos 1 a 4 e 13 a 16 são opostos aos indivíduos 5 a 8 e 9 a 12. Dois grandes grupos são, então, identificados em função das respostas espectrais próximas, ou seja, B.h. e A.g. no grupo da esquerda do eixo 1, e B.r. e B.d. no grupo à direita do eixo 1.

Sendo uma análise tridimensional, foram projetados os eixos 1 e 3 das componentes principais. Verificou-se, conforme Fig. 6, a mesma disposição espacial, mantendo-se a separabilidade das espécies estudadas em dois grandes grupos. Já representados anteriormente. Finalmente, utilizando-se de métodos de classificação ascendente hierárquica, adotando-se como critério de agregação a média das distâncias euclidianas ponderadas, obteve-se a árvore hierárquica apresentada na Fig. 7, que reforça a possibilidade de separação das

**TABELA 3.** Valores próprios dos eixos e contribuição à variação total observada entre os valores de reflectância e forrageiras (B.h., B.d., B.r e A.g.).

Eixos	1	2	3
Valores próprios	5.8	1.8	0.68
Contribuição à variação total	72.6	13.2	8.5

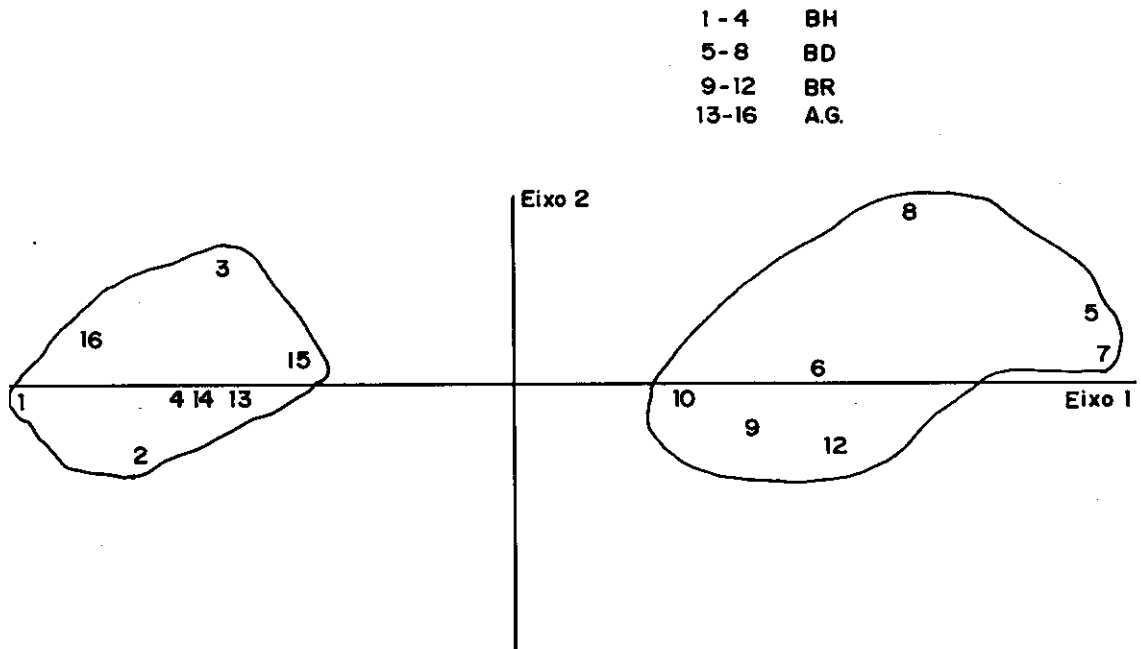


FIG. 5. Representação gráfica do eixo principal 1 com 2, mostrando a separação das quatro-forrageiras em dois grupos, representados por *B. humidicola* e *A. gayanus* e *B. ruzizensis* e *B. decumbens*.

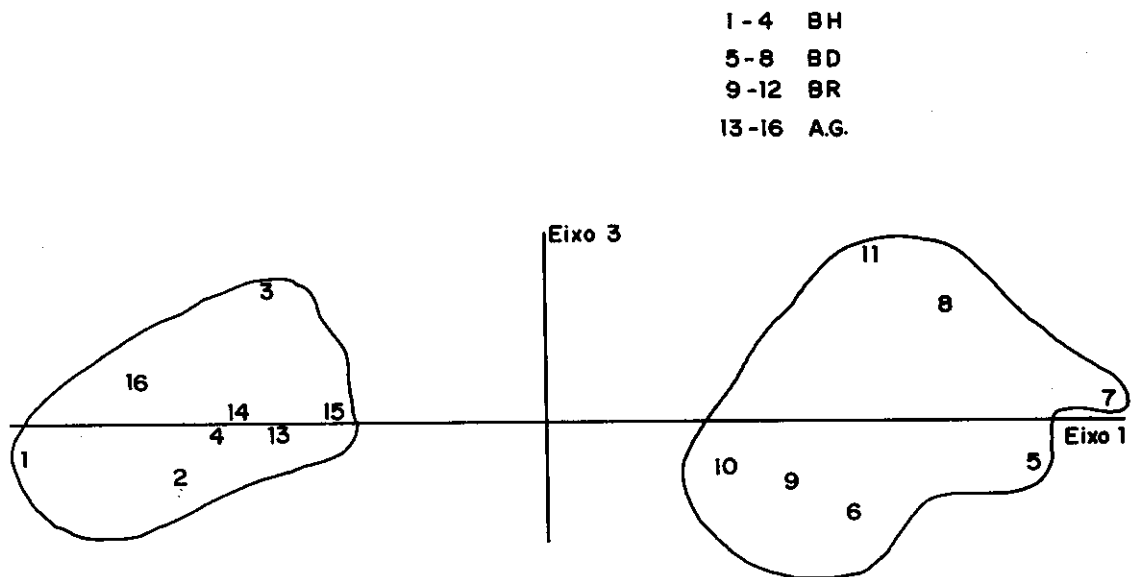


FIG. 6. Representação gráfica do eixo principal 1 com 3, mostrando a separação das forrageiras em dois grupos. O primeiro, composto pelas *B. humidicola* e *A. gayanus* e o segundo, pelas *B. ruzizensis* e *B. decumbens*.

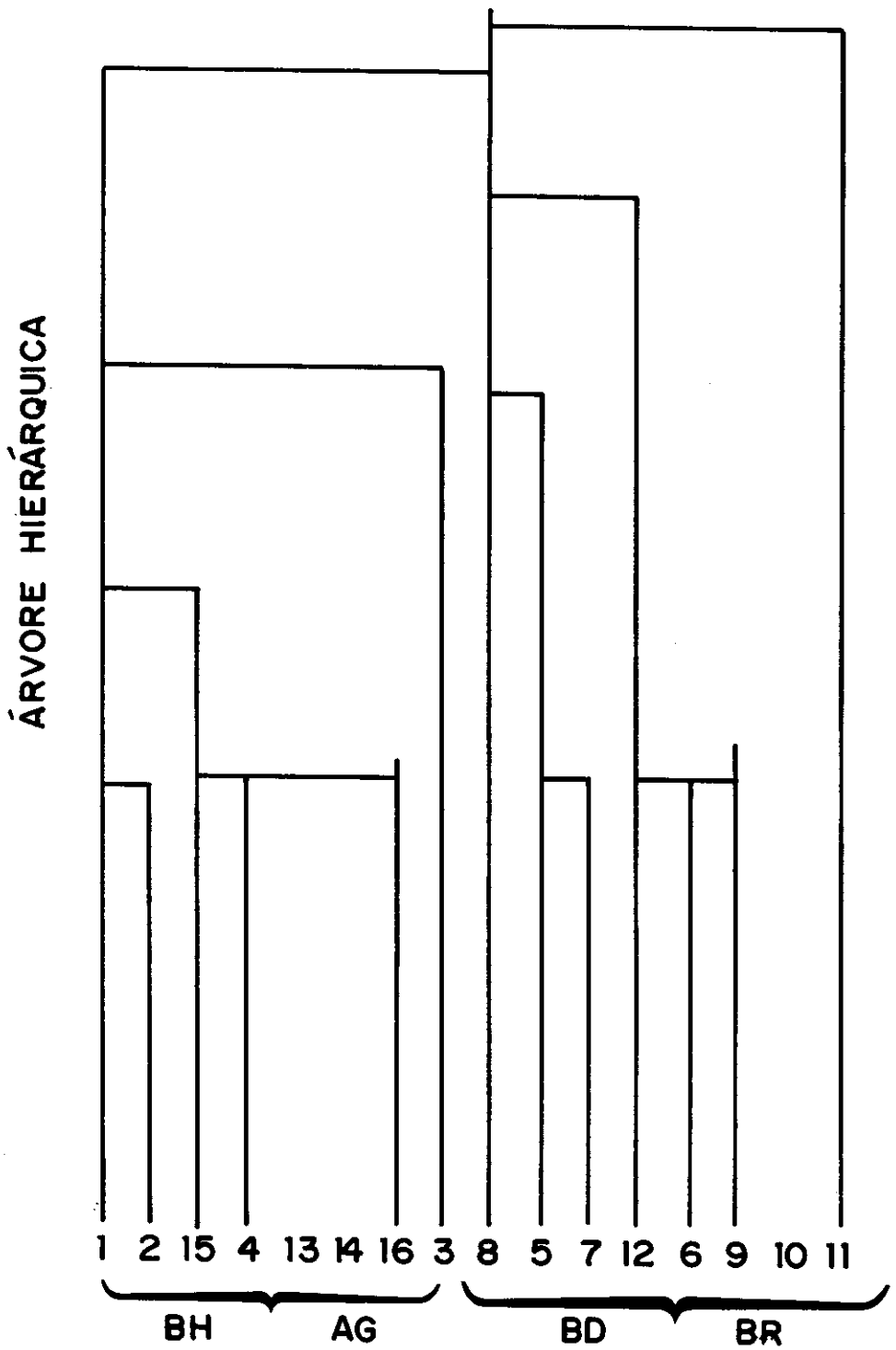


FIG. 7. Classificação ascendente hierárquica, mostrando a separação das espécies nos dois grupos já obtidos pela análise de componentes principais.



espécies nos dois grandes grupos já citados. Um detalhamento foi tentado, buscando identificar cada espécie, o que não foi possível com os dados disponíveis.

## CONCLUSÕES

1. A partir da análise da matriz de correlação dos índices de vegetação e dos parâmetros biológicos peso verde e peso seco, não existem evidências de que estes índices respondam suficientemente bem à produção de biomassa para pastagens cultivadas. Entretanto, foi observada uma boa correlação entre os índices de vegetação e o teor hídrico das plantas, o que abre boas perspectivas de utilização dos índices para estudos agroclimáticos, principalmente os relativos à suplementação hídrica. Os coeficientes de correlação da ordem de 0,8 são animadores e confirmam que o caminho está correto, sendo necessário, entretanto, aprimorar as medidas radiométricas, com janelas espectrais mais estreitas.

2. Após a análise de componentes principais e estudos de classificação hierárquica, dois grandes grupos se distinguiram a partir das medidas de reflectância: Grupo 1 - *Brachiaria humidicola* e *Andropogon gayanus*; Grupo 2 - *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria ruziziensis*. Tais resultados abrem grande perspectiva de diferenciação espacial de espécies forrageiras com o uso de sensores remotos. Segundo os resultados obtidos, as maiores diferenças espectrais ocorrem no período de fim de maio a fim de junho, sendo que a diferenciação tende a aumentar durante o período

do seco, em face da maior sensibilidade do *Andropogon gayanus* ao estresse hídrico.

## REFERÊNCIAS

- GIRARD, C.M. Estimation of phenological stages and physiological states of grassland from remote sensing data. *Vegetation*, v.48, p.219-226, 1982.
- IHSE, M.; ROSE, E. Spectral measurements for estimation of biomass on limestone grassland. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM OF SPECTRAL SIGNATURES OF OBJECTS IN REMOTE SENSING, 3., 1985, Les Arcs. *Spectral signatures of objects in remote sensing*. Paris: ESA, 1985. p.455-458 (ESA SP-247).
- PEARSON, R.; MILLER, L.D.; TUCKER, C.J. A handheld spectroradiometer to estimate graminaceous biomass. *Applied Optics*, v.15, p.416-418, 1976.
- THALEN, D.C.P.; LEEMBURG, J.A.; BECK, R. Estimating aerial biomass in seminatural vegetation from spectral reflectance measurements; preliminary experience. *Acta Botanica Neerlandica*, v.29, p.567-578, 1980.
- THOMSON, K.P.B.; AHERN, E.J.; BROWN, R.J.; STANZ, K.; McCARTNEY, D.H.; WADDINGTON, J. Spectral measurements of rangeland. In: CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 60., 1980, Halifax. *Proceedings*. . . Halifax: [s.n.], 1980. p.337-386.
- TUCKER, C.J.; HOLBEN, B.N.; ELAIN, J.H.; McMURTREY, J.E. Remote sensing of total dry-matter accumulation in Winter wheat. *Remote Sensing of Environment*, v.11, n.3, p.171-189, 1981.