

Relação entre as variáveis estruturais do habitat e o índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) em três tipos de habitat de cerrado na fazenda Diamante, Coxim, MS

Gisseli Ramalho Giraldelli
Antonio Conceição Paranhos Filho

Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação
Departamento de Biologia – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
Caixa Postal 79070-900 - Campo Grande, MS, Brasil.
gigiraldelli@yahoo.com.br

Departamento de Hidráulica e Transportes - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Caixa Postal 549 - 79070-900 - Campo Grande, MS, Brasil.
paranhos@nin.ufms.br ou toniparanhos@gmail.com

Resumo: Como as relações entre o índice de vegetação NDVI e os parâmetros estruturais da vegetação devem ser melhor exploradas, este estudo teve por objetivos: 1) verificar se os valores médios do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) diferenciam três tipos de fisionomias que constituem o Bioma Cerrado (campo sujo, cerrado *Sensu stricto* e mata ciliar); 2) verificar se os valores médios de NDVI estão relacionados a algumas variáveis que refletem a estrutura de habitats; e 3) verificar se o NDVI médio, associado às demais estruturas do habitat, permitem a separação entre mata ciliar, cerrado e campo sujo. A coleta de dados foi realizada em três tipos de habitat, mata ciliar, cerrado e campo sujo. A partir de imagem CBERS-2, Sensor CCD, foi gerado o NDVI da área de estudo. As variáveis do habitat consideradas neste estudo foram: cobertura de espécies lenhosas (árvores e arbustos), cobertura de herbáceas, cobertura de luz, cobertura de rochas e cobertura de serapilheira. O NDVI mostrou-se uma variável que separa bem um habitat do outro, apresentando relação significativa com todas as variáveis do habitat consideradas. O campo sujo apresentou valores de NDVI médio menores, a mata ciliar valores de NDVI médio maiores, enquanto que o Cerrado ocupou posição intermediária.

Palavras-chave: Índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI), estruturas do habitat, Cerrado.

Abstract: As the relations between the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the structural parameters of the vegetation they must better be explored, the objectives of this study are: 1) to verify if the average values of the NDVI differentiates three habitat types that constitute the Cerrado biome; 2) to verify if the average values of NDVI are related to some variable that reflect the habitat structure; e 3) to verify if the average NDVI, associate to the too much structures of the habitat, allows the separation enters the three habitat types. The collection of data was carried through in three types of habitat, rain forest, savanna and savanna area with a predominant grass layer with superficial root system (“campo sujo”). From image CBERS-2, Sensor CCD, the NDVI of the study area was generated. The considered variables of the habitat in this study had been: trees and shrubs covering, herbaceous covering, light covering, rocks covering and burlap covering. The NDVI separated a habitat of the other well, presenting significant relation with all the considered variables of the habitat. The “campo sujo” presented lesser values of NDVI, rain forest greater values NDVI, whereas the savanna occupied intermediate position.

Key words: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), habitat structure, Cerrado.

1. Introdução

A Bacia do Alto Rio Paraguai (BAP) abrange uma área de aproximadamente 600.000 Km² na América do Sul. O Pantanal brasileiro, totalmente inserido na BAP, responde por 147.629 Km² de sua área total, ou seja 41%, sendo que as nascentes dos rios da BAP localizadas nos planaltos do entorno do Pantanal ocupam uma área de 215.813 Km², representando 59% da área da Bacia. Ana *et al.* (2004) *apud* Harris *et al.* (2005). A fauna e flora do Pantanal brasileiro dependem das regiões adjacentes, principalmente do Cerrado, ocorrente nas bordas norte, leste e sul da planície pantaneira. Assim, o entorno da planície pantaneira, ao mesmo tempo em que contribui para o povoamento silvestre, também constitui refúgios para a fauna nos períodos desfavoráveis, abrigando espécies que se deslocam para evitar as enchentes e os extremos climáticos. Harris *et al.* (2005).

O Cerrado constitui a segunda maior região biogeográfica da América do Sul, ocupando uma área de mais de 200.000.000 há - Colli (2003), Klink *et al.* (2002)-, ou seja, cerca de 25% do território brasileiro. Pela sua vasta distribuição - Eiten (1972), Coutinho (1978), exibe enorme heterogeneidade espacial que se reflete numa biota muito diversificada. Klink *et al.* (2002). Entretanto, existe uma grande escassez de informações sobre a composição, estrutura e dinâmica, e o funcionamento dos ecossistemas do Cerrado, e a obtenção de informações relativas à sua biota é cada vez mais urgente - Klink *et al.* (2002) -, uma vez que o Cerrado é um dos biomas mais ameaçados pelas atividades humanas, sobretudo agropecuárias, com cerca de 80% de sua área modificada e elevados níveis de destruição de habitats. Colli (2003), Machado *et al.* (2004).

As técnicas de sensoriamento remoto mostram-se altamente efetivas na análise da cobertura vegetal. Segundo Matsumoto & Bittencourt (2001), algumas experiências do uso de sensoriamento remoto orbital para classificar manchas de cerrado têm sido relatadas na literatura.

A manipulação de valores de respostas espectral permite a obtenção de índices de vegetação que podem ser comparados com indicadores ecológicos da estrutura e funcionamento das florestas. Imagens resultantes do processamento digital, que levam em conta estes índices, facilitam a identificação das diferentes comunidades vegetais. Vicens *et al.* (1998).

Os índices de vegetação são modelos numéricos que apresentam uma relação direta com a fitomassa foliar verde. Gamon *et al.* (1995). As imagens de índices de vegetação são derivadas a partir das respostas espectrais oriundas da superfície terrestre, e a reflectância da cobertura vegetal depende das propriedades estruturais e ópticas da vegetação e do solo. Myneni *et al.* (1995) *apud* Matsumoto & Bittencourt (2001). A reflectância na faixa do vermelho (600-700 nm) reduz com o aumento do índice de área foliar, enquanto que na faixa do infravermelho próximo (700-1100 nm) é verificado que a reflectância é diretamente proporcional ao aumento do índice de área foliar. Gates *et al.* (1965) *apud* Matsumoto & Bittencourt (2001).

O Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) é o mais frequentemente utilizado dentre os índices de vegetação comumente citados na literatura, inclusive para atividades de monitoramento global. Sellers *et al.* (1994) *apud* Amaral *et al.* (1996). O NDVI reduz o efeito topográfico e apresenta uma escala de medida linear entre -1 e 1, sendo que o valor zero se refere aos pixels não vegetados. Matsumoto & Bittencourt (2001).

Segundo Amaral *et al.* (1996), as relações entre o índice de vegetação NDVI e os parâmetros estruturais da vegetação devem ser melhor exploradas.

2. Objetivos

Os objetivos deste estudo foram 1) verificar se os valores médios do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) diferenciam três tipos de fisionomias que constituem o Bioma Cerrado (campo sujo, cerrado *Sensu stricto* e mata ciliar); 2) verificar se os valores médios de NDVI estão relacionados a algumas variáveis que refletem a estrutura de habitats; e 3) verificar se o NDVI médio, associado às demais estruturas do habitat, permitem a separação entre mata ciliar, cerrado e campo sujo.

3. Material e Métodos

Área de estudo

Este estudo Foi realizado na Fazenda Diamante, localizada no Distrito de Jauru, município de Coxim, ao norte do Estado de Mato Grosso do Sul (coordenadas: 18° 41' 29,6" S; 54° 24' 39,6" W) (**Figura1**). Tal propriedade possui como recursos hídricos várias nascentes sem denominação, Córregos Café e Buritizal e os Rios Jauru e Caracol, pertencentes à bacia do Rio Paraguai, subbacia do Rio Taquari. Os solos predominantes na região são os Litólicos, sendo solos minerais rasos e pouco desenvolvidos, que apresentam propriedades bem relacionadas com a rocha matriz, sendo, portanto, bastante diversificados e apresentando teores elevados de materiais primários facilmente decomponíveis e blocos de rochas semi-intemperizadas de diversos tamanhos, ocorrendo sob vegetação de Cerrado. Esta região apresenta clima termoxeroquimênico atenuado, com temperaturas anuais médias variando de 25 a 30°C e pluviosidade variando de 1000 a 1500 mm anuais, com período seco de 3 a 5 meses, apresentando excedente hídrico anual de 400 a 800 mm durante 3 a 4 meses e deficiência hídrica de 500 a 650 mm durante 5 meses. Mato Grosso do Sul (1990).

Coleta de Dados

Obtenção do NDVI

A coleta de dados foi realizada em três tipos de habitat formando um gradiente de vegetação, mata ciliar, cerrado e campo sujo. Foram sorteadas quatro parcelas medindo 60x60 metros, em cada tipo de habitat, totalizando 12 parcelas (**Figura 1**). Para preservar a independência dos dados, foi respeitada uma distância mínima de 100 metros entre as parcelas. A partir de imagem CBERS-2, Sensor CCD, foi gerado o NDVI de cada parcela, utilizando-se o software ERDAS Imagine 8.4. ERDAS (1999).

Variáveis do Habitat

As variáveis do habitat consideradas neste estudo foram: cobertura de espécies lenhosas (árvores e arbustos), cobertura de herbáceas, cobertura de luz, cobertura de rochas e cobertura de serapilheira.

Dentro de cada uma das parcelas de 60x60 metros, foram sorteadas 10 pontos, onde foram tomados os dados de cobertura por espécies lenhosas, cobertura por herbáceas e cobertura por luz, estimados através de densímetro esférico ao nível do solo. Os dados com relação à cobertura por rochas e serapilheira foram tomados em 10 parcelas de 1x1 sorteadas dentro de cada uma das parcelas de 60x60 metros. A cobertura desses componentes do habitat foi estimada através de uma grade de 1x1, dividida em 100 quadrados de tamanhos iguais e equidistantes. Para cada quadrado preenchido pelo componente da variável, considerou-se 1% de cobertura.

Análise dos dados

Para saber se o NDVI reflete significativamente a diferença entre os três tipos de habitat, foi feita uma ANOVA de um fator (tipo de habitat). Foi calculado o índice de correlação entre cada variável do habitat e o NDVI. As relações entre o NDVI e cada uma das variáveis ambientais foram testadas por meio de Regressão Linear Simples, enquanto que a relação entre o NDVI e as variáveis reunidas foi testada através de Regressão Múltipla. Para verificar se todas as variáveis em conjunto com o NDVI separam os habitats foi usada análise de cluster, considerando a distância euclidiana. As análises estatísticas foram realizadas a partir do software SYSTAT 10.2 . SYSTAT (2002).

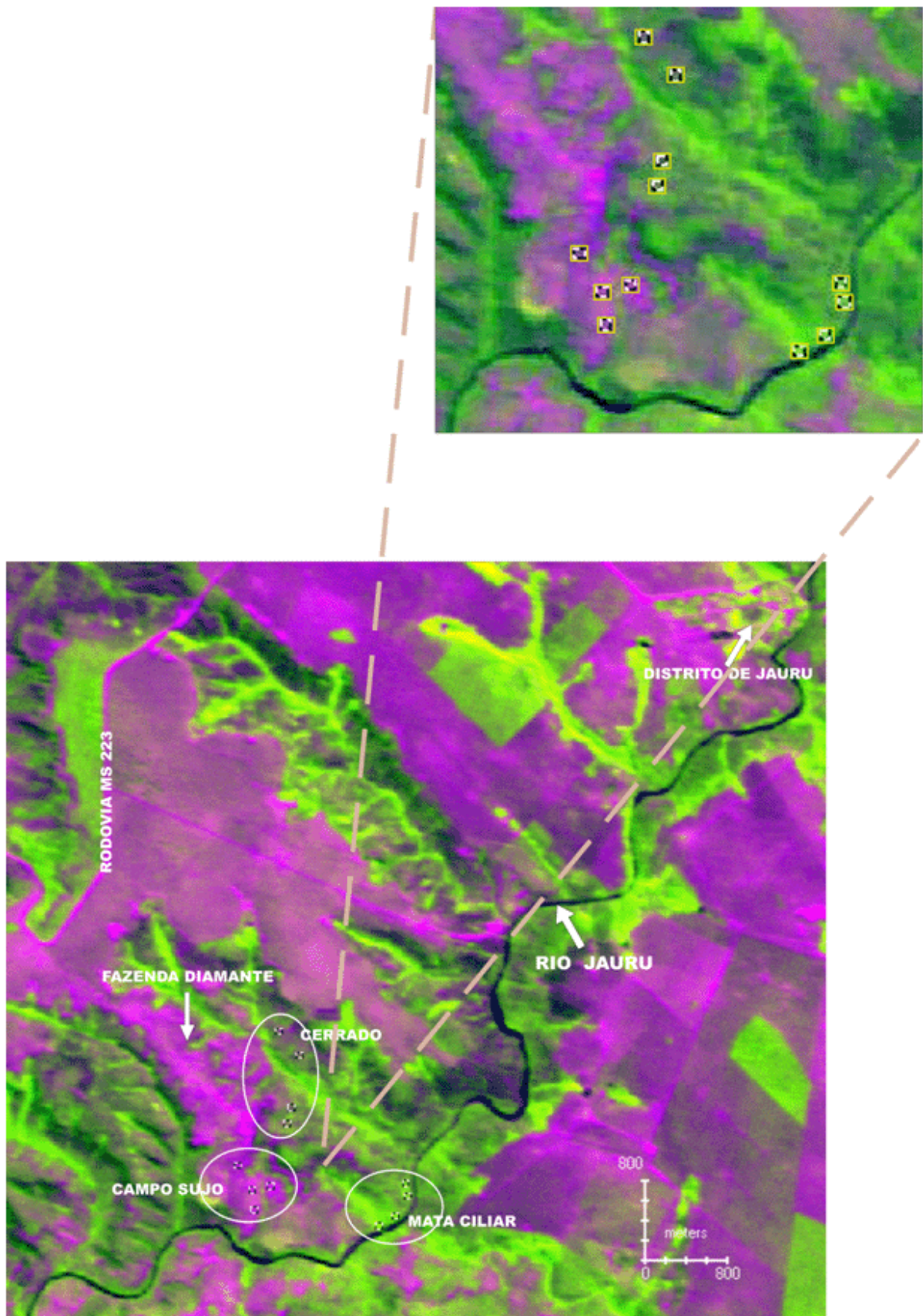


Figura 1. Imagem CBERS-2, Sensor CCD, RGB 4 NDVI 3, da área de estudo e localização das parcelas amostrais.

4. Resultados e Discussão

Os índices obtidos para cada parcela estão listados na **Tabela 1**. O índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) mostrou-se uma variável que separa bem um habitat do outro, uma vez que explicou 98,2% da variação dos dados ($F= 2,45.683$; $p < 0,001$). O campo sujo, habitat caracterizado no campo principalmente por baixa cobertura de lenhosas, alta cobertura por luz e alta cobertura por herbáceas apresentou valores de NDVI médio menores. A mata ciliar, caracterizada principalmente por alta cobertura por espécies lenhosas, baixa cobertura por luz e alta cobertura de serapilheira apresentou valores de NDVI médio maiores, enquanto que o Cerrado ocupou posição intermediária.

Tabela 1. Índice de vegetação de diferença normalizada para cada parcela em três tipos de habitat.

<i>Habitat</i>	<i>Parcela</i>	<i>NDVI</i> ¹
Campo sujo	1	0,240 (0 – 0,333)
Campo sujo	2	0,228 (0 – 0,311)
Campo sujo	3	0,235 (0 – 0,333)
Campo sujo	4	0,226 (0 – 0,311)
Cerrado	1	0,369 (0 - 0,4305)
Cerrado	2	0,373 (0,354 - 0,403)
Cerrado	3	0,372 (0,356 - 0,400)
Cerrado	4	0,367 (0 - 0,383)
Mata ciliar	1	0,433 (0,401 - 0,5167)
Mata ciliar	2	0,482 (0 - 0,500)
Mata ciliar	3	0,434 (0,391 - 0,463)
Mata ciliar	4	0,443 (0 - 0,4765)

¹ NDVI médio e suas amplitudes entre parênteses;

Houve relação significativamente positiva entre o NDVI médio e as seguintes variáveis de habitat: cobertura por espécies lenhosas ($r^2=0,942$; $p<0,001$) (**Figura 2a**) e cobertura por serapilheira ($r^2=0,977$; $p<0,001$) (**Figura 2b**).

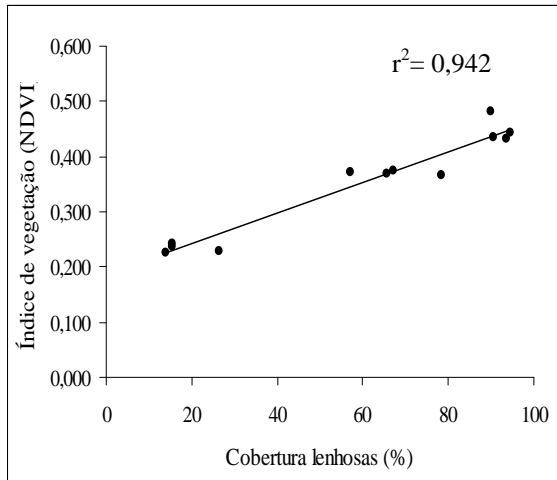


Figura 2a: Relação entre o NDVI e a cobertura por espécies lenhosas.

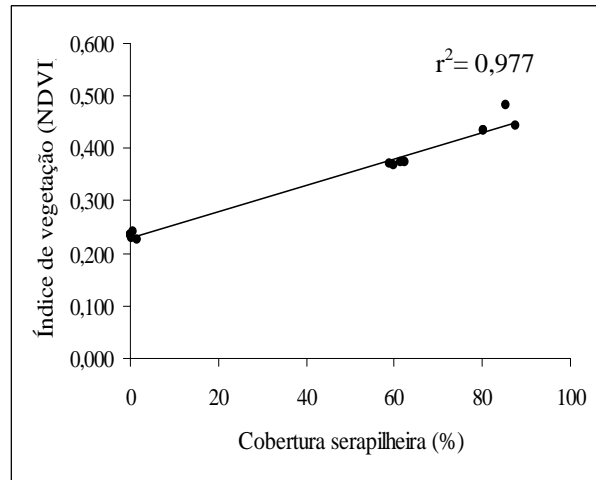


Figura 2b: Relação entre o NDVI e a cobertura por serapilheira

Houve relação significativamente negativa entre o NDVI e as variáveis: cobertura por luz ($r^2=0,942$; $p<0,001$) (**Figura 3a**), cobertura por rochas ($r^2=0,542$; $p=0,006$) (**Figura 3b**) e cobertura por herbáceas ($r^2=0,857$; $p<0,001$) (**Figura 3c**).

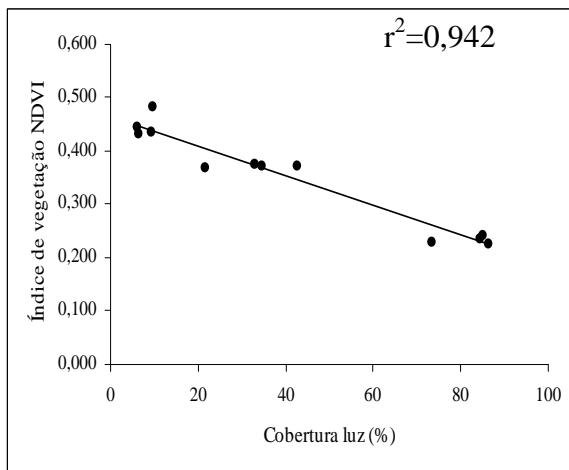


Figura 3a: Relação entre o NDVI e a cobertura por luz.

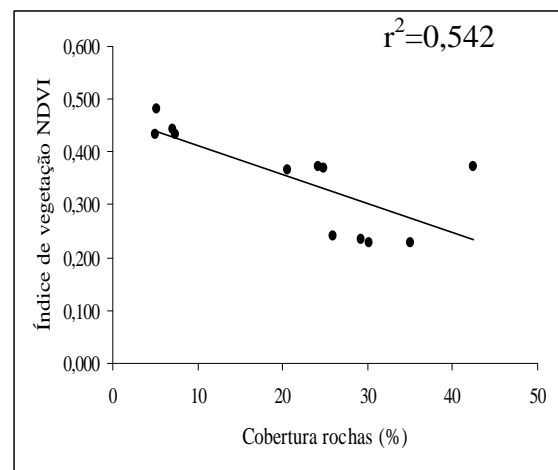


Figura 3b: Relação entre o NDVI e a cobertura por rochas.

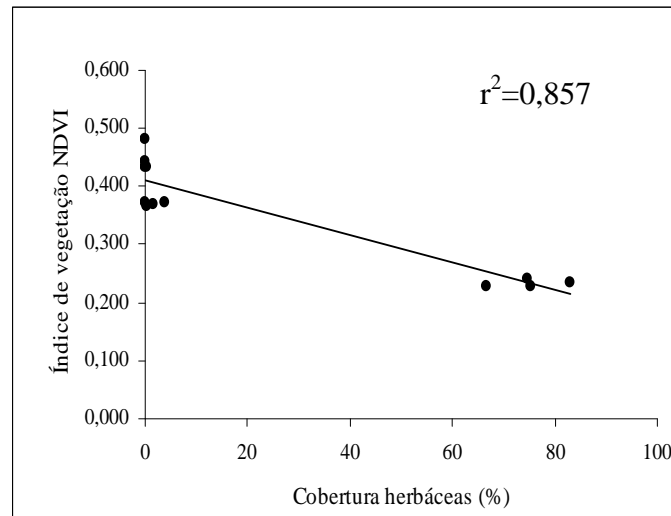


Figura 3c: Relação entre o NDVI e a cobertura por herbáceas.

Ao relacionar todas as variáveis medidas no campo ao NDVI, obteve-se uma relação significativa, uma vez que todas essas variáveis reunidas são responsáveis por 99,1% da variação total dos dados ($p < 0,001$). A análise de Cluster separou os habitats em grupos distintos, sendo que o cerrado se mostrou mais próximo à mata ciliar que campo sujo (**Figura 4**).

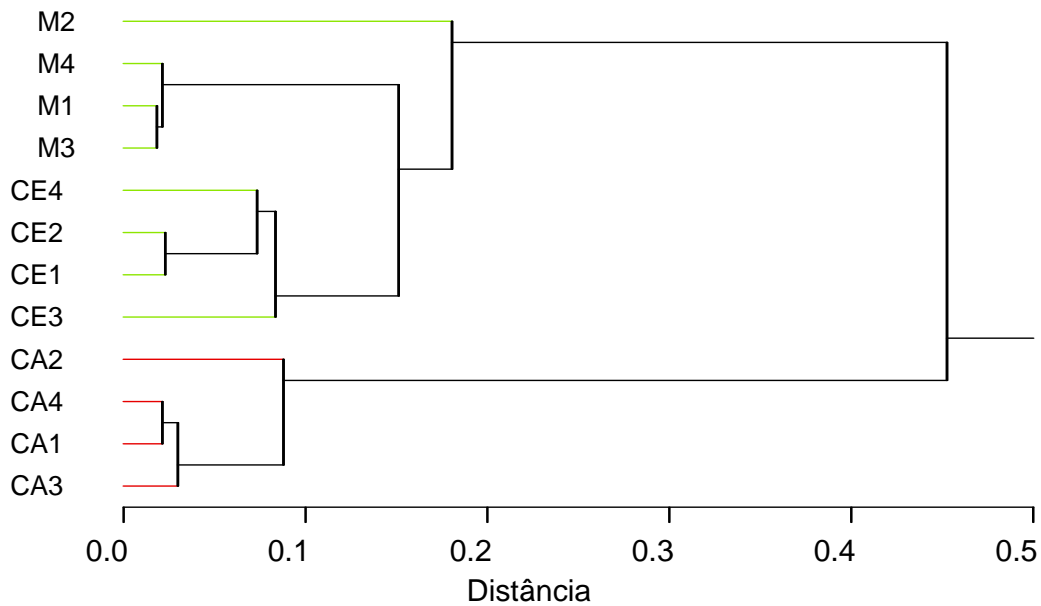


Figura 4: Similaridade entre as parcelas dos três tipos de habitats entre as parcelas amostradas.

Outros estudos também encontraram relações positivas entre o NDVI e variáveis estruturais do ambiente. Por exemplo, Agarez *et al.* (2001) encontraram uma relação entre o valor médio de NDVI e a heterogeneidade de fragmentos de Mata Atlântica, indicando a existência de áreas com menor densidade foliar, e mesmo clareiras, dentro dos fragmentos. Essa relação permitiu que tais autores conseguissem identificar três grupos de fragmentos de acordo com a diversidade.

Em outro estudo, Vicens *et al.* (1998), chegaram a uma diferenciação entre quatro formações vegetais através dos valores médios de NDVI, onde, maiores valores foram alcançados por florestas secundárias e os menores pelas formações herbáceas, enquanto que a Floresta Ciliar apresentou valores intermediários entre a Floresta Densa e o Campo Hidrófilo de Várzea.

Assim, a forte relação encontrada entre o NDVI médio e as variáveis dos habitats obtidas no campo neste estudo demonstra que o NDVI pode ser utilizado como uma ferramenta importante para a distinção entre diferentes habitats do Cerrado, o que já foi corroborado para outros tipos de biomas, como, por exemplo, a Mata Atlântica. Vicens *et al.* (1998), Agarez *et al.* (2001). Desta forma, ao **NDVI** mostrou-se bem efetivo na identificação das diferentes formações vegetais.

5. Conclusões

A determinação de padrões de NDVI para diferentes formações vegetacionais pode permitir a identificação de diferentes tipos de habitat dentro de uma região. Isso com a vantagem de que essa diferenciação pode ser encontrada mais rapidamente através dessa ferramenta, tendo em vista que não se faz necessária a ida ao campo, o que pode permitir um trabalho de menor custo.

6. Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. Dr. Marcel Okamoto Tanaka pelas sugestões com relação à escolha e coleta de dados das variáveis do habitat.

7. Referências Bibliográficas

- Agarez, F. V.; Vicens, R. S.; Cruz, C.M.; Nogueira, C. R. & Garay, I. 2001. Utilização de Índice de vegetação na classificação integrada de fragmentos florestais em Mata Atlântica de Tabuleiros no Município de Sooretama, ES. **Anais do X SBSR**. INPE. 2001.
- Amaral, S.; Soares, J. V.; Alves, D. S.; De Mello, E. M. K.; Almeida, S.A.S.; Silva, O.F. & Silveira, A. M. 1996. Relações entre Índice de Área Foliar (LAI), Área Basal e Índice de Vegetação (NDVI) em relação a diferentes estágios de crescimento secundário na Floresta Amazônica em Rondônia **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 485-489.
- CBERS-2 – Satélite sino-brasileiro de Recursos Terrestres – Sensor CCD. Bandas 1,2,3,4,5. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. **Imagem de Satélite**. Órbita 163 Ponto 121. Data de passagem: 15/09/2005.
- Colli, G. R. 2003. Estrutura de taxocenoses de lagartos em fragmentos naturais e antrópicos de Cerrado. In V. Claudino-Sales (Ed): **Ecossistemas Brasileiros: Manejo e Conservação**. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza. pp. 171-178.
- Coutinho, L. M.O conceito de Cerrado. **Revista brasileira de Botânica**. 1: 17-23. 1978.
- Eiten, G. The Cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, 38 (2): 201-341. 1972.
- ERDAS Inc. **Erdas Imagine Version 8.4**. Erdas Inc. Atlanta – Geórgia. 1999. 1 CDROM.

Gamin, J.A., Field, C.B., Goulden, M.L., Griffin, K.L., Hartley, A.E., Joel, G., Peñuelas, J. & Valentini, R. Relationships between NDVI, canopy structure, and photosynthesis in three Californian vegetation types. **Ecological Applications** 5(1):28-41.1995.

Harris, M.B., Arcangelo, C., Pinto, E.C.T., Camargo, G., Ramos Neto, M.B. & Silva, S. M. **Estimativas de perda da área natural da Bacia do Alto Paraguai e Pantanal Brasileiro**. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Campo Grande, MS. 2005

Klink, C. A., Miranda, H., Gonzales, I. e Vicentinni, K. O Bioma Cerrado - Site 3 In: **Os Sites e o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração**. 1ª ed. Porto Alegre: Fundação da Universidade do Rio Grande do Sul; Universidade Federal de Minas Gerais v.1, p. 51-68. 2002

Machado, R. B; Ramos-Neto M. B., Pereira, P. G. P., Caldas, E. F., Gonçalves, D. A., Santos, N. S., Tabor, K. e Steininger, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF. 2004.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas Multirreferencial**. Campo Grande, 1990.

Matsumoto, M. H. & Bittencourt, M. D. Correlação Entre Algumas Fisionomias de Cerrado, no Vale do Paraíba, e Classes de Índices de Vegetação Obtidos Espectralmente. **Anais do X SBSR**. INPE. 2001.

SYSTAT Inc. **SYSTAT 10.2**. SYSTAT Software Inc, 2002.

Vicens, R.S.; Cruz,C.B.M.; Rizzini, C .M. Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Análise da Cobertura Vegetal da Reserva Florestal de Linhares, ES, Brasil. In: **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. 1998.