

SAZONALIDADE DE ÍNDICE DE VEGETAÇÃO SOBRE O NORDESTE DO BRASIL

Célia Campos Braga
José Ivaldo Barbosa de Brito
Universidade Federal da Paraíba – UFPB
Av. Aprício Veloso, 882, Campina Grande –PB, 58109-970
e-mail:Celia@dca.ufpb

Clóvis Angeli Sansigolo
Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE
Av. dos Astronautas, 1758, S.J. dos Campos- SP, 12201-970
e-mail:Sansigol@met.inpe.br

RESUMO

Na presente pesquisa objetivou-se estudar a variabilidade sazonal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Região Nordeste do Brasil. Foram utilizadas séries temporais mensais do NDVI derivadas a partir dos sistemas de sensores de alta resolução (AVHRR) instalados a bordo de satélites meteorológicos da série NOAA. Empregou-se o método da análise fatorial em componentes principais para calcular os fatores comuns temporais dos índices de vegetação na região Nordeste. A distribuição dos três primeiros fatores comuns temporais, que explicam 96,9% da variância das médias mensais, mostram que a variabilidade sazonal do NDVI está diretamente associando com os principais sistemas meteorológicos que atuam no Nordeste do Brasil.

INTRODUÇÃO

A maior parte da Região Nordeste do Brasil é caracterizada como semi-árida, apresentando na parte central temperatura média elevada que varia de 24 a 28° C, com grande variabilidade espacial e temporal da precipitação e elevada taxa de evaporação. A região é freqüentemente submetido aos efeitos de secas severas, estando as áreas mais atingidas no chamado “Polígono das Secas”, cuja precipitação média anual é inferior a 800 mm, chegando a valores extremos inferiores a 400 mm, na parte central da Paraíba e Pernambuco, assim como próximo a Petrolina no vale do São Francisco. Por outro lado, observa-se em algumas regiões da faixa litorânea leste e oeste do Maranhão totais médios anuais que variam de 1200 a 1700mm, chegando a mais 2000 mm no sul da Bahia e norte do Maranhão (Strang 1972).

A cobertura vegetal da Região Nordeste do Brasil é caracterizada por diversos padrões morfológicos que dependem da localização geográfica e das condições climáticas. A porção mais semi-árida se destaca pela presença de caatinga arbustiva, densa ou aberta, que perde sua folhagem no período de estiagem, tornando a florescer no período chuvoso. Além dessa vegetação, destacam-se ainda a Mata Atlântica, a vegetação de praias, dunas e restingas, os cerrados, as matas ribeirinhas, vegetação de mangues, vegetação rupestre, etc. (IBGE, 1985).

Nos últimos anos, o avanço da tecnologia levou os pesquisadores de todo o mundo a desenvolver sensores de alta resolução capazes de fazer o monitoramento do comportamento espectral da vegetação que ocupa uma determinada área geográfica. O comportamento espectral dos sensores na banda do visível (VIS) e infravermelho próximo (IV) instalados a bordo dos satélites meteorológicos informa sobre a reflectância das superfícies vegetadas, o que possibilita delinear áreas de cobertura vegetada em todo o globo.

A combinação da radiação refletida no infravermelho próximo e no visível, assim como o contraste em relação a outros alvos de superfície é o centro da teoria que define o mapeamento da

vegetação, a partir de dados do sistema de sensores AVHRR (Advance Very High Resolution Radiometer) dos satélites da série NOAA (National Oceanic and Atmosphere Administration). Devido a sua pigmentação, a cor verde da vegetação sadia reflete mais no infravermelho próximo e menos no canal do visível, o que ocasiona altos valores para o NDVI (Índice de Vegetação por Diferenças Normalizada). Quando a folha começa a secar ela perde a sua pigmentação verde, aumentando um pouco a reflectância no visível e diminuindo no infravermelho próximo, produzindo valores menores de NDVI. Entretanto, esses valores ainda são maiores do que para os alvos da superfície, isto ajuda a distinguir a vegetação verde e seca e demais alvos da superfície (Parkinson, 1997).

Séries multitemporais de valores do NDVI do sistema de sensores AVHRR, tem sido utilizado por vários pesquisadores em todo o mundo para identificação e classificação de vegetação terrestre, estimativas da produção primária da vegetação, caracterização da dinâmica da vegetação, estimativa da precipitação, alerta de secas e modelos climáticos de previsão. Destacam-se os trabalhos de Nicholson & Farrar (1994) para regiões semi-árida da África, Huete et al. (1997), Gutman & Ignatov (1998) para diferentes tipos de vegetação do globo, Almeida (1997) para o cerrado brasileiro, Barbosa (1998) e Braga (2000) para a região Nordeste, os quais encontraram correlações entre o NDVI e a precipitação.

O objetivo deste trabalho visa definir padrões de variabilidades sazonal do NDVI na região Nordeste, utilizando técnicas de Análise Fatorial em Componentes Principais.

DADOS E METODOLOGIA

Os dados de NDVI utilizados neste estudo são composições temporais mensais selecionadas para áreas do Nordeste do Brasil para período de agosto de 1981 a junho de 1991, as quais foram extraídas das imagens do NDVI dos dados AVHRR/NOAA, com resolução espacial de $(7,6 \times 7,6)$ km² padrão Global Area Coverage (GAC) do arquivo GIMMS. Os dados GAC digitais são previamente examinados para verificação de ocorrências de nuvens usando técnicas limiar de temperaturas (canal 5). Os níveis de cinza dos canais 1 e 2 do sensor AVHRR são convertidos em unidades de reflectância, usando a calibração pre-vôo fornecida pela NOAA (Batista et al. 1993). Para minimizar os efeitos atmosféricos tais como: nuvens, vapor d'água, aerossóis que reduzem o contraste entre as reflectância visível e infravermelho próximo, são utilizadas as imagens mosaico, cujo o máximo valor do NDVI é observado para o período de mês (Gutman, 1991). Assim, o produto final contém o valor máximo mensal, obtido a partir dos dados diários do NDVI. Neste estudo os valores médios de NDVI foram analisados para uma resolução espacial de 100 km x 100 km, elaborados a partir das quadrículas de 7,6km x 7,6km, corrigidos devido a degradação do sensor sugerida por Kaufman e Holben (1993).

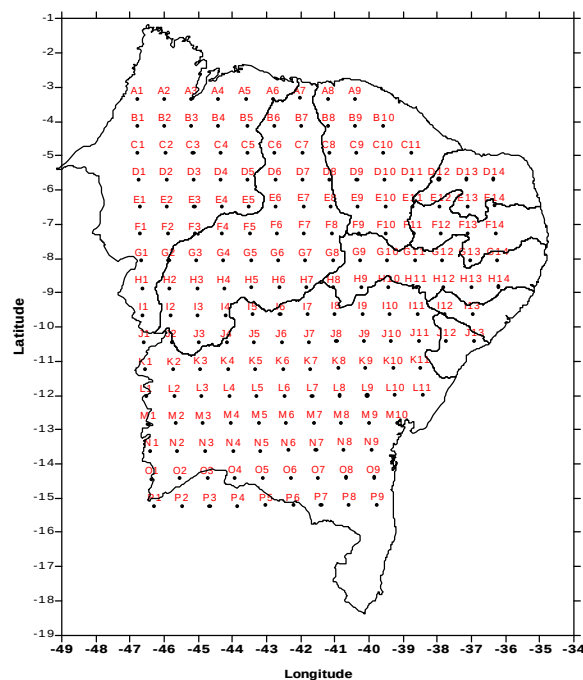


Figura 1– Distribuição espacial dos pontos de NDVI reduzidos de 100x100km² no Nordeste do Brasil.

A partir das médias mensais de 11anos de NDVI para o período de 1981-91 calculadas para 185 pontos de grade distribuído na região Nordeste do Brasil. Organizou-se um arquivo disposto sob forma de uma matriz M (185 x12). Em seguida foi empregada a técnica estatística da Análise Fatorial por Componentes Principais (CP) (Wilk, 1995; Richaman 1986) para a obtenção dos fatores comuns temporais do NDVI na região, objetivando definir os padrões de variabilidade espaço-temporal do NDVI associando-os com os regimes pluviométricos que atuam na região Nordeste (Strang, 1972; Kousky, 1979).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são mostrados os resultados concernentes aos padrões de variabilidade temporal e espacial de NDVI sobre a região Nordeste do Brasil.

Estudos preliminares indicam que os valores do NDVI para áreas vegetadas variam de 0,1 a 0,8, valores estes que dependem da arquitetura, densidade e umidade da vegetação. Rochas e solos sem vegetação apresentam valores próximos de zero e água valores negativos. Os maiores valores encontrados estão associados a cobertura muito densas. Segundo Parkinson (1997) valores típicos de NDVI para florestas úmidas tropicais são da ordem de 0,6, para o deserto 0,05 e para nuvens que não precipitam -0,3. Os valores de NDVI's encontrados para a região Nordeste no período de 1981-91 oscilaram entre 0,15 e 0,62.

O primeiro fator comum temporal rotacionado do NDVI, que explica 52,8% da variância total da série, apresenta correlações altamente significativa, superiores a 0,8 nos meses de junho a setembro, e ainda significativas, superiores a 0,6 nos meses de maio e outubro (Figura 2). A distribuição espacial correspondente a este fator tem cargas fatoriais (escores) positivas maiores que 1 no litoral leste, norte e noroeste do Maranhão. Na parte central, verifica-se um núcleo bem definido, onde as contribuições são inferiores a -1, ou seja, existe um contraste destes índices, nos meses de junho a setembro entre interior e costa leste e noroeste da região (Figura 3a).

O segundo fator explicando 28,4% da variância, tem correlações positivas superiores 0,8 nos meses de novembro, dezembro e janeiro, e superiores a 0,6 em fevereiro e outubro. A configuração espacial associada a este segundo fator, evidencia um importante contraste entre regiões. Na Bahia verificam-se contribuições maiores que 1, enquanto que, na porção mais semi-árida (central-nordeste) do Nordeste essas contribuições são inferiores a -1 (Figura 3b). Este padrão espacial de NDVI pode estar associado às precipitações provenientes de sistemas frontais que ocorrem de outubro a fevereiro no sul da Bahia (Kousky 1979).

Finalmente o terceiro fator é complexo, apresentando altas correlações superiores a 0,8 dominantes apenas nos meses de março e abril, porém com correlações significativas entre 0,6 e 0,8 em fevereiro e maio. A configuração espacial deste fator apresenta grande variabilidade espacial com contribuições menores que -1 no sudoeste da Bahia (além do S. Francisco), extremo norte do Maranhão e litoral leste do Rio Grande do Norte prolongando-se até as proximidades de Salvador. Na porção central do Maranhão, centro norte (cariris) do Nordeste e algumas regiões (paralelas a oeste) nas proximidades do S. Francisco, as contribuições são positivas e superiores a 1, (Figura 3 c). Este terceiro fator pode estar relacionado com as precipitações oriundas da ZCIT, nos meses de março, abril, maio na parte central da região.

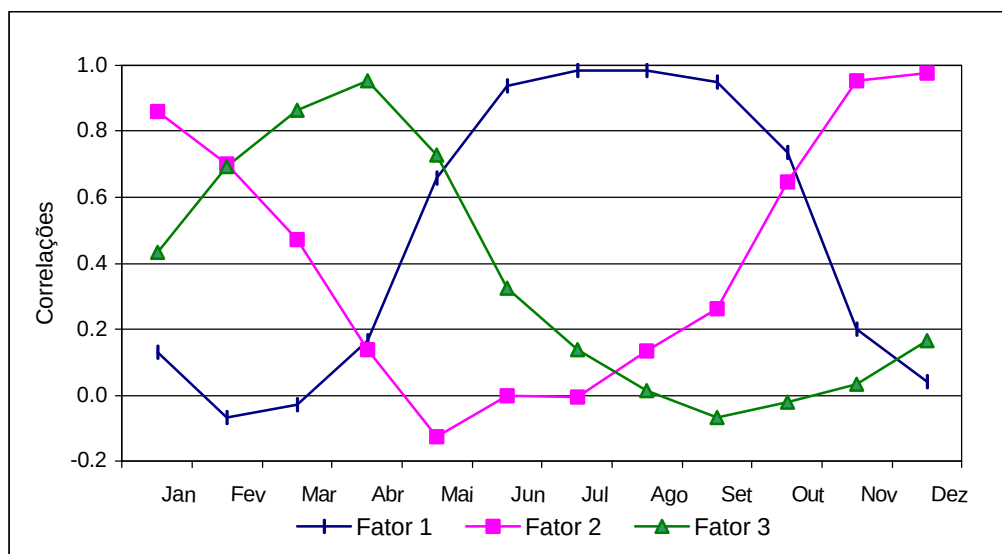


Figura 2. Cargas fatoriais (correlações) para os 3 primeiros fatores comuns temporais de NDVI que explicam 96,9 total (52,8% + 28,4%+15,6%) na região Nordeste do Brasil (1981-90).

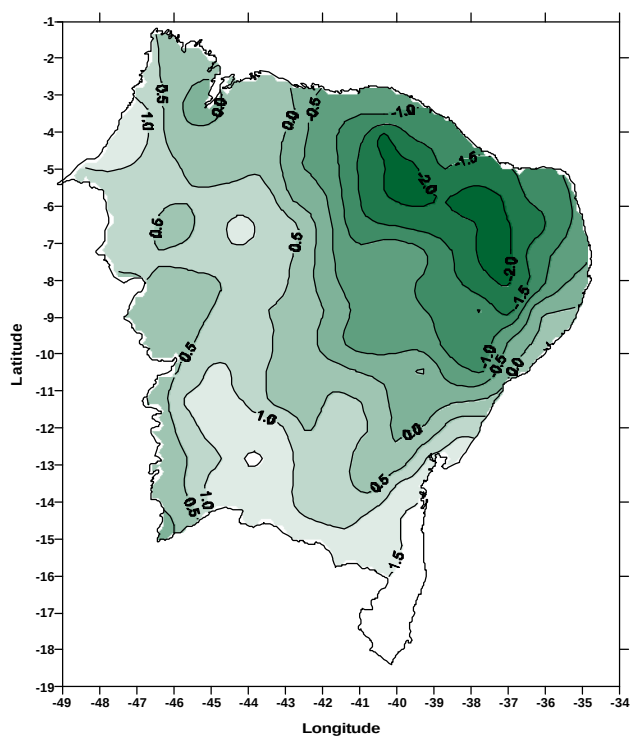
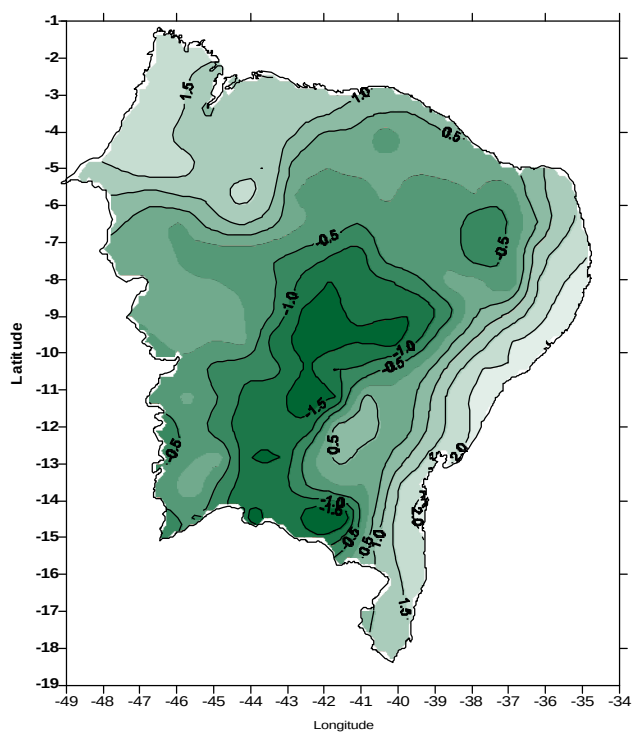


Figura 3a e 3b). Padrões espaciais dos dois primeiros fatores comuns temporais de NDVI na região Nordeste do Brasil (1981-91).

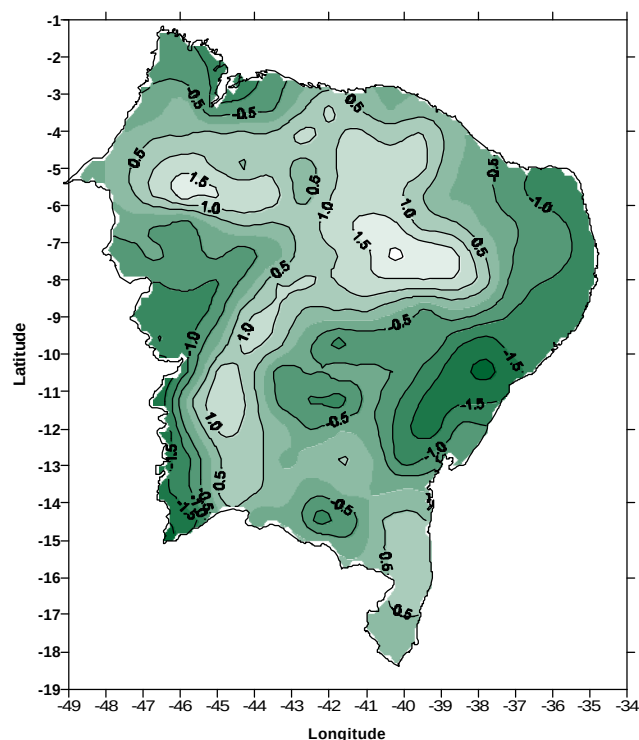


Figura 3c. Padrão espacial do terceiro fator comum temporal de NDVI na região Nordeste do Brasil (1981-91).

CONCLUSÕES

Os três principais fatores comuns temporais de NDVI explicam 96,9 % da variância das médias mensais de NDVI na região Nordeste do Brasil. O primeiro predomina nos meses de junho a setembro, nas regiões do litoral leste e está associado aos sistemas ondulatório de leste e frontais. O segundo é importante nos meses de outubro a dezembro no sudoeste da Bahia e está relacionado aos sistemas frontais que penetram na região nesta época. O terceiro é bem definido nos meses de março e abril no Maranhão e região central do Nordeste e está associado com a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 1985. **ATLAS NACIONAL DO BRASIL (REGIÃO NORDESTE)** Rio de Janeiro, 1985. (sem paginação)
- ALMEIDA, S. A. O. Determinação de redução de umidade superficial na região dos cerrados com imagens AVHRR/NOAA e precipitação pluviométrica. Brasília, 1997. 316p. Tese de Doutorado em Ecologia. Universidade de Brasília.
- BARBOSA, A.H. Análise espaço-temporal de índice de vegetação normalizado AVHRR / NOAA e precipitação na região nordeste de Brasil em 1982-1985. Dissertação de mestrado. INPE, 163. 1998.
- BATISTA, G.T; SHIMABUKURO, Y.E e LARENCE, W. T. Monitoramento da cobertura florestal através de índice de vegetação do NOAA-AVHRR. In. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7. Curitiba, maio 10-14, 1993. São José Campos INPE. Anais, 2: 30-37, 1993.

- BRAGA,C.C. Inter-Relações entre Padrões de Índice de Vegetação e de Pluviometria no Nordeste no Brasil. Campina Grande, 2000.124p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal da Paraíba.
- CEBALLOS, J.C. e BRAGA, C.C. Missing data assesement in a solarimetric network. *International Journal of Climatology*, 15: 325-340, 1995.
- GUTMAN,G. G. Vegetation Indices from AVHRR: Update and Future Prospects. *Remote Sens. Environ.* 35: 121-136,1991.
- GUTMAN, G. and IGNATOV, A. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models. *Int. J. Remote Sensing*, 19: No. 8, 1533-1543, 1998.
- HUETE,A.R.; LIU, H.Q.; BATCHILY, K. and van LEEUWEN. A comparison of vegetation indice over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote Sens.Environ.* 59:440-451, 1997.
- KAUFMAN, Y.J. and HOLBEN, N.B. Calibration of the AVHRR visible and near-IR by atmospheric KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brasil. **Monthly Weather Review**, v.107, n.9, p.1140-1153, 1979.
- scattering, ocean glint and desert reflection. *Int. J. Remote Sensing*, 14(1), 21-52, 1993.
- NICHOLSON, S.E and FARRAR, T.J. The Influence of Soil Type or the Relationships Between NDVII, Rainfall and Soil Moisture in Semiarid Bostswana. *Remote Sens. Environmet.* 50: 107-120.1994
- PARKINSON, C. L. “Earth from above”. University Sciences Books, Sansalito. Land vegetation, 107-111, 1997.
- RICHAMAN, M. B. Review article ratation of principal components. *Journal of climatology*. 6: 293-335. 1986
- STRANG, D.M.G. Análise climatológica pluviométrica do Nordeste brasileiro. Relatório IAE-M-02/72, Centro Técnico Aeroespacial. São José dos Campos, 29p. 1972.
- KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brasil. **Monthly Weather Review**, v.107, n.9, p.1140-1153, 1979.
- WILKS, S.D. Statistical methods in the atmospheric Sciences. London, Academic Press. 464p. 1995.