

Análise do comportamento das Regiões Fitoecológicas brasileiras através de série temporal de NDVI

Luciana Mara Temponi de Oliveira^{1,2}
Gutemberg Borges França²
Rosilene Mendonça Nicácio²
Thomaz Correa e Castro da Costa³
Mauro Antonio Homem Antunes⁴

¹ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Av. Chile, 500 - 20031-170 – Rio de Janeiro - RJ, Brasil
temponi@ibge.gov.br

² Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/IGEO
Caixa Postal 96 - 13416-000 – Rio de Janeiro - RJ, Brasil
gutem@acd.ufrj.br, rnicacio@coc.ufrj.br

³ EMBRAPA – Milho e Sorgo
Rodovia MG 424, km 45 – Sete Lagoas - MG, Brasil
thomaz@cpnms.embrapa.br

⁴ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ/IT
Br 465, km 7 – Seropédica - RJ, Brasil
mantunes@ufrj.br

Abstract. The objective of this study is to analyze the seasonal and interannual variations of the Phytoecological Regions through temporal series of the EFAI-NDVI (European Fourier-Adjusted and Interpolated NDVI), a processed dataset from NDVI of AVHRR, on which the processing steps led to the extraction of information of the vegetation indices through time. The analysis of time-series from this dataset reveals, for the years 1982–1999, seasonal and interannual variability on Brazilian land surface vegetation state. The values of greatest vegetative vigor go from January (in the South) to July (in the North) and this variation seems to occur repeatedly in those geographical regions and climatic factors. From the nine regions studied, Savanna and Estepic-Savanna, reached average critical levels of the vegetation indices for the country. It was also found that the stratospheric aerosols from the Mt. Pinatubo volcanic eruption caused a reduction in the values of EFAI-NDVI. These data show the potential to monitoring vegetative state of the various vegetation types and also as an indicator for monitoring the annual and interannual variations of vegetation state and functioning.

Palavras-chave: EFAI-NDVI, phytoecological regions, AVHRR, EFAI-NDVI, regiões fitoecológicas, AVHRR.

1. Introdução

Em nosso país a vegetação é classificada dentro de um sistema fitogeográfico, que leva em consideração a região geográfica, parâmetros climáticos e fisionômicos, em várias escalas. Na escala exploratória, representa uma comunidade de plantas com um determinado comportamento anual, o período destes eventos é dependente de fatores internos a fisiologia da planta e influências externas como doenças e principalmente do clima local. Revestem o território brasileiro Regiões Fitogeográficas (quatro campestres e cinco florestais), Áreas de Vegetação (duas das formações pioneiras e uma de tensão ecológica) e Refúgio Ecológico (IBGE 1993).

O mapeamento destas torna possível a localização espacial, mas as variações temporais, ou seja, as particularidades de cada tipo de vegetação durante o ano ou as variações que

ocorrem em diferentes anos não são possíveis. Para acompanhar estas mudanças um instrumento bastante interessante é o radiômetro AVHRR (“Advanced Very High Resolution Radiometer”), da série dos satélites NOAA (“National Oceanic and Atmospheric Administration”). Embora o AVHRR seja um sensor com baixa resolução espacial, sua alta resolução temporal e a existência de longa série temporal fazem destes dados um banco de informações da cobertura para grandes áreas inigualável (Huete *et al.* 1997). Poder acompanhar estas mudanças significa ter informações de fomento das atividades exploratórias, produtivas e de proteção do território.

Neste sentido, o objetivo deste estudo é o de analisar as variações sazonais e interanuais das Regiões Fitoecológicas (tipos de vegetação) brasileiras através de uma série temporal de dados provenientes do NDVI do AVHRR, ampliando as possibilidades do monitoramento da vegetação e inferências sobre mudanças regionais através de imagens não tradicionalmente utilizadas em nosso país, mas que possibilitam conhecimento geral das grandes regiões.

2. Materiais e Métodos

2.1 Materiais

Para a elaboração do estudo utilizou-se uma série temporal (1982 a 1999) de imagens EFAI-NDVI (“European Fourier-Adjusted and Interpolated NDVI”), este conjunto de dados é derivado do “Pathfinder” NDVI AVHRR/NOAA, com resolução espacial de 0,1°x0,1° e temporal de 10 dias, dados decenais permitem captar melhor as variações da cobertura vegetal, quando comparados a mensais e evitam tantas interferências quanto os diários e semanais (Stöckli e Vidale 2004).

Estes dados foram utilizados, pois o dado original é acometido por inconsistências (Gutman 1991, Goward *et al.* 1993) geradas por uma série de interferências causadas por absorção atmosférica, espalhamento por moléculas de gás e aerossóis, cobertura persistente e, ou efeitos de nuvens, efeitos de geometria de visada, condições de iluminação, erros de navegação, flutuações na órbita e degradação do sensor (Los *et al.* 1994; Kogan 1995 (a) (b) 1997; Sellers *et al.* 1996; Batista *et al.* 1997; Stöckli e Vidale 2004).

Previamente testou-se o conjunto de dados em relação ao dado original (“Pathfinder” NDVI AVHRR/NOAA), apresentando ótimos resultados no acompanhamento do índice, porém, sem o comportamento ruidoso do dado original (Oliveira *et al.* 2006).

Utilizaram-se mosaicos de imagens do satélite Landsat da década de 90, elaborados sob a coordenação da EMBRAPA Monitoramento por Satélite, projeto Brasil Visto do Espaço (Miranda e Coutinho, 2004). Disponível em: <http://www.cdbrasil.cnpem.embrapa.br>.

Utilizou-se material cartográfico e temático na escala 1:5.000.000 em meio digital do IBGE, sendo estes o Mapa de Vegetação do Brasil, Biomas, Áreas Especiais, Malha Municipal e Divisão Política.

2.2 Métodos

- Obtenção das imagens do EFAI-NDVI, visualização e investigação (devido a ruídos e a erros de obtenção pela inexistência de dados originais, o ano de 1994 foi retirado do conjunto);

- Corte das imagens para enquadramento Brasil, 6° de latitude norte a 34° de latitude sul e 34° 30' a 74° 30' de longitude oeste;

- Registro das imagens em Sistema de Coordenadas Geográficas: Latitude/ Longitude, datum WGS84;

- Cálculo do número de pontos sobre cada Região Fitoecológica. Para este passo foram somadas as áreas de cada região, atribuindo-se à menor área 3 pontos e estabelecendo-se os

demais proporcionalmente ao tamanho. O número de pontos a ser locado sobre cada uma das regiões fitoecológicas pode ser apreciado na **Tabela 1**. Ressalta-se que o ponto referido representa uma área no terreno de aproximadamente 11km x 11km.

Tabela 1. Regiões Fitoecológicas e número de pontos a ser locado sobre cada uma delas.

Região Fitoecológica	Número de pontos
Floresta Ombrófila Densa – D	41
Floresta Ombrófila Aberta – A	18
Floresta Ombrófila Mista – M	3
Campinarana – L	3
Floresta Estacional Semidecidual - F	10
Floresta Estacional Decidual - C	9
Savana - S	29
Savana-Estépica - T	10
Estepe - E	3
TOTAL	126

- Identificação das 126 áreas com cobertura vegetal mais homogênea possível nas diferentes regiões do país, auxiliado pelo material cartográfico do IBGE na escala 1:5.000.000 (bases e mapas temáticos) e dos mosaicos de imagens Landsat.

- Espacialização dos pontos através das coordenadas geográficas, **Figura 1**;

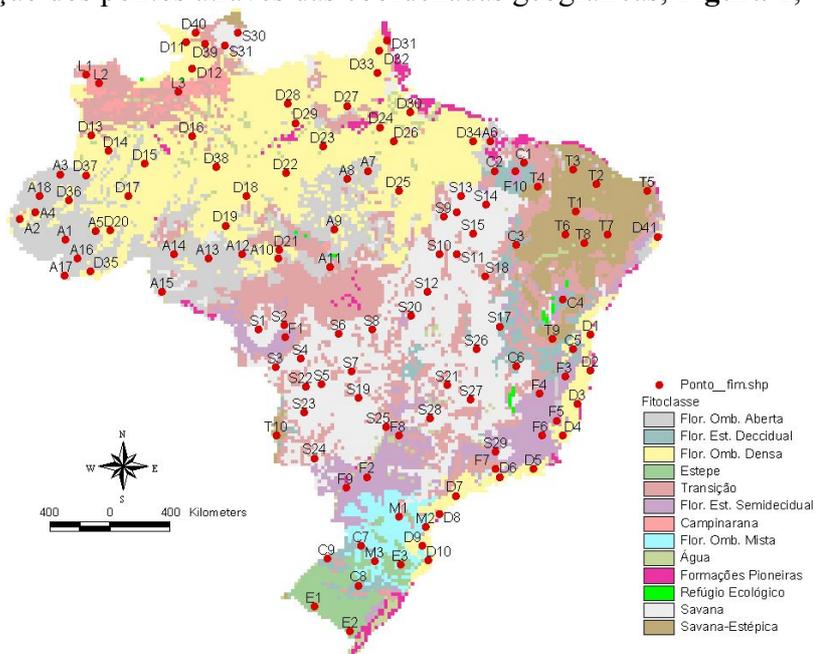


Figura 1. Espacialização dos pontos escolhidos sobre o país sobre as Regiões Fitoecológicas.

- Extração dos números digitais (8 bits) de EFAI-NDVI;

- Conversão dos números digitais (ND) para valores de índice (-1 a +1), **Equação 1**;

$$\text{EFAI-NDVI} = (\text{ND} - 128) / 127 \quad (1)$$

- Seleção dos pontos dentro de cada Região Fitoecológica que fossem positivamente correlacionados e significativos ao nível de 99% de confiança ($p < 0,01$) e

- Análises do comportamento sazonal e interanual da vegetação através de gráficos e estatísticas.

3. Resultados e discussão

A **Tabela 2** apresenta os valores de índice de vegetação médios, desvios padrão, máximos, mínimos e amplitude da variação obtidos no período de estudo para as Regiões Fitoecológicas. O período destes eventos é dependente de fatores internos a fisiologia da

planta e influências externas como doenças e principalmente do clima local. Na **Figura 2** estão representados os comportamentos médios do índice de vegetação durante um ano.

As variações sazonais e interanuais serão a seguir analisadas por região fitoecológica, ao longo do período e estas variações podem ser acompanhadas pela **Figura 3**.

Tabela 2. Valores de EFAI-NDVI médios, mínimos, máximos e amplitude para as regiões estudadas.

Região Fitoecológica	EFAI-NDVI Médio	Desvio	Mínimo	Máximo	Amplitude
Floresta Ombrófila Densa - D	0,62	0,035	0,51	0,70	0,19
Floresta Ombrófila Aberta - A	0,63	0,037	0,53	0,71	0,18
Floresta Ombrófila Mista - M	0,61	0,042	0,51	0,71	0,20
Campinarana - L	0,61	0,038	0,49	0,70	0,21
Floresta Estacional Decidual - C	0,54	0,079	0,32	0,68	0,36
Floresta Estacional Semidecidual - F	0,52	0,072	0,34	0,64	0,30
Savana - S	0,48	0,069	0,31	0,60	0,29
Savana-Estépica - T	0,39	0,135	0,15	0,66	0,51
Estepe - E	0,57	0,055	0,40	0,70	0,30

Pelos resultados da **Tabela 2**, os pontos para a região D apresentam pouca variação, mostrando altos valores de EFAI-NDVI, com média geral de 0,62. As variações sazonais são pequenas, a amplitude entre os valores máximo e mínimo além de pequena representa valores de verdor. Isto era esperado uma vez que a característica ombrotérmica está vinculada aos fatores climáticos tropicais, de elevadas temperaturas e alta precipitação, bem distribuídos durante o ano, o que determina uma situação ecológica sem déficit hídrico (IBGE 1992, 1993). O período mais chuvoso desta região vai de dezembro a maio (Nimer 1989), observando a **Figura 3 (a)**, vemos que neste período a resposta do índice é menor que o período subsequente, junho e julho, os quais apresentam os maiores valores do índice, ou seja, logo após o período chuvoso há um maior vigor da vegetação. Ocorre uma pequena queda nos meses de agosto a novembro, sendo outubro o mês com os menores valores.

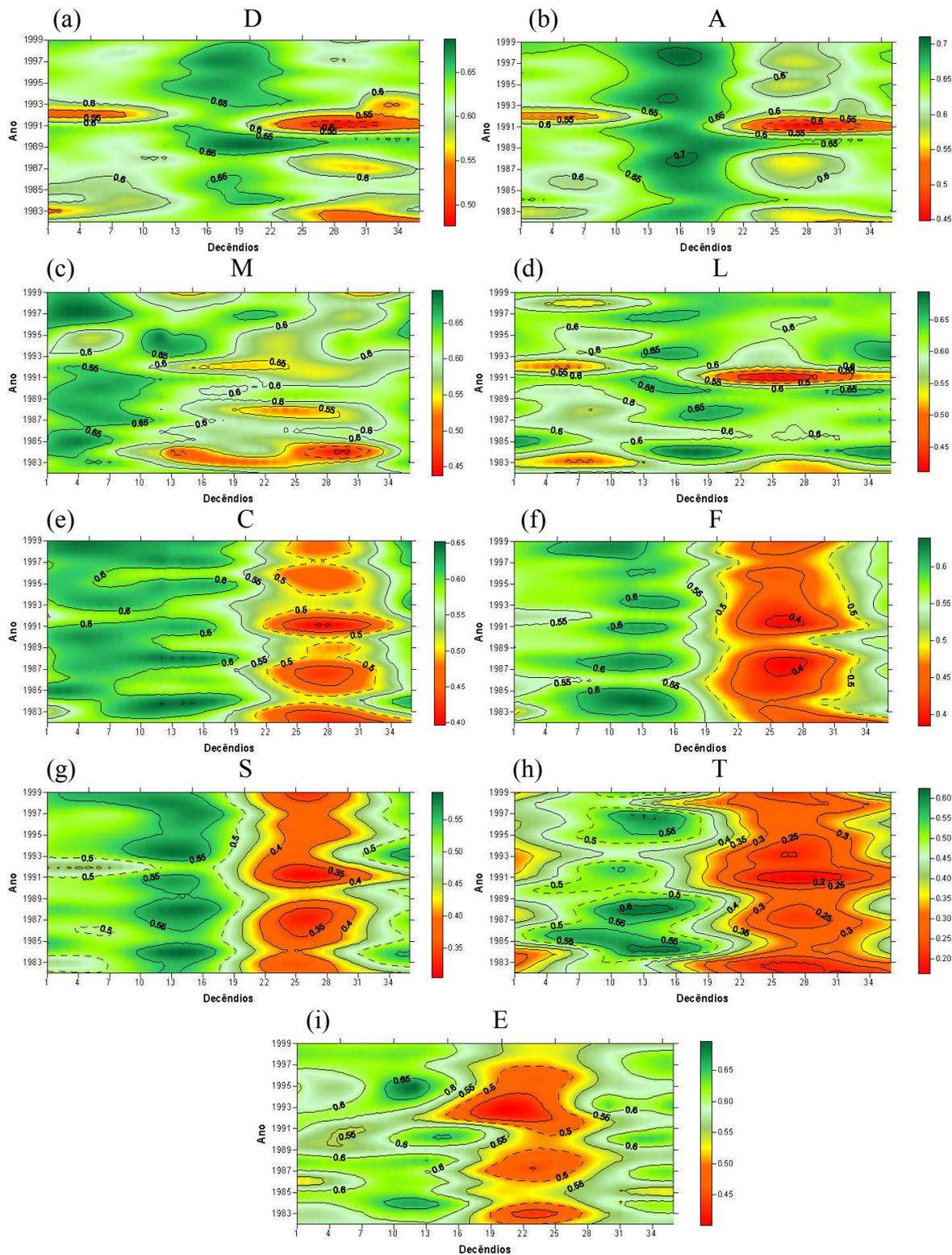


Figura 3. Comportamento sazonal e interanual dos pontos para (a) Floresta Ombrófila Densa, (b) Floresta Ombrófila Aberta, (c) Floresta Ombrófila Mista, (d) Campinarana, (e) Floresta Estacional Decidual, (f) Floresta Estacional Semidecidual, (g) Savana, (h) Savana-Estépica e (i) Estepe.

Ainda na **Figura 3 (a)**, percebe-se que do final de 1982 ao início de 1983 houve uma queda no vigor da vegetação, este período coincide com um forte evento do fenômeno acoplado oceano-atmosfera, conhecido como EL Niño-Oscilação Sul (ENOS). Esse fenômeno

ocorre no Oceano Pacífico, mas influência várias partes do globo (Philander 1980). Observa-se ainda um aumento de vigor nos anos de 1989 e 1999 e de queda no ano de 1987, esses períodos acompanham a atuação do ENOS.

Um período que chamou bastante atenção, pela queda brusca no valor do NDVI, foi de julho de 1991 a abril de 1992. Estudos mostram de esta queda relaciona-se na verdade à influência da atmosfera, pois neste período houve um aumento significativo dos aerossóis estratosféricos, aumentando a profundidade e espessura óticas, tendo sido causado pela erupção do Monte Pinatubo (junho de 1991), nas Filipinas, aumentando o espalhamento atmosférico da radiação solar (Fiocco *et al.* 1996; Gutman *et al.* 1996; Molineaux e Ineichen 1996; Lin e Saxena 1997; Niranjana *et al.* 1999; Sahia *et al.* 1997; Jinhuan e Liquean 2000; Los *et al.* 2000; Kogan e Zhu 2001).

A região A tem comportamento sazonal médio muito semelhante ao da região D, **Tabela 2 e Figura 3 (b)**, fato esperado uma vez que, a diferença encontra-se na fisionomia florestal, com árvores mais espaçadas e os pontos das regiões encontram-se em latitudes próximas.

Pela **Figura 3 (b)**, observa-se o período de maior verdor em junho, isto é, um pouco antes do da região D, em consonância com o período de maior umidade, que é de janeiro a abril (NIMER, 1989). Ocorre queda nos meses de agosto a novembro. Esta região apresenta um período de seca um pouco maior que a anterior (mais de 60 dias), o que causa valores um pouco mais baixos, mas em contrapartida, as características latitudinais fazem com que esta região sofra menos influência de alguns fenômenos atmosféricos, que garante um aspecto mais bem delimitado da sazonalidade da vegetação, quando comparado a D. No final de 1982 ao início de 1983, houve uma queda no vigor, sendo que para este tipo de vegetação também ocorreu a queda no vigor de junho de 1991 a maio de 1992. Apesar deste tipo de vegetação apresentar altos valores de índice de vigor da vegetação houve uma tendência de maiores valores nos anos de 1984, 1988, 1993 e 1999, já em 1982, 1983, 1986, 1987, 1995 e 1998, tendência à redução, o que sugere influência do ENOS, tanto em sua fase fria (La Niña) quanto quente (El Niño), respectivamente.

Os pontos da região M encontram-se no sul do país e esta região é privilegiada em termos dos totais anuais de precipitação e regime de distribuição ao longo do ano, os desvios em termos de variabilidade e regularidade são dos menores no país (Nimer 1989). Esse tipo de vegetação também apresentar altos valores de EFAI-NDVI, sendo formado basicamente por indivíduos perenifólios (sempre verde) de folhas coriáceas e as variações observadas no índice de 0,71 a 0,51 (**Tabela 2**) são provavelmente devido à queda de temperatura (junho a agosto).

Pela **Figura 3 (c)** nota-se os menores valores em meados de 1983 e na segunda metade de 1984, acredita-se que o primeiro seja devido ao inverno rigoroso e o segundo à redução da chuva ocasionada pelo evento de La Niña no sul do país. Maior verdor para os períodos de abril de 1995 e julho/agosto de 97. A influência da erupção do Monte Pinatubo foi insipiente.

A região L (**Tabela 2 e Figura 3 (d)**) apresenta um valor médio de EFAI-NDVI de 0,60, a área de ocupação dos pontos tem como característica 0 a 2 meses secos e os meses mais chuvosos vão de abril a junho (Nimer 1989). Os maiores valores ocorrem em junho mesmo e acredita-se que este tipo de vegetação, pelas características do solo sobre o qual está estabelecida, pobre em nutrientes e sem estrutura, seja afetada mais rapidamente por variações climáticas que outros tipos da mesma área. Apesar de possuir fisionomia bastante diferente o comportamento foi semelhante ao da região D: queda no vigor do final de 1982 a maio de 1983, maiores valores em 1984, interferência de 1991 a 1992, tendência a acompanhar o ENOS.

As Regiões C e F apresentaram comportamento semelhante entre si, com valores médios de 0,54 e 0,52, respectivamente (**Tabela 2**), sendo a amplitude de variação maior em relação

as regiões com característica ombrotérmica (D, A,M e L). Parte dos indivíduos dessas formações perdem as folhas no período mais seco, ou frio. O próprio nome indica, pois estacional refere-se a presença de um período mais seco (de 4 a 6 meses) ou mais frio (3 meses abaixo de 15°C) (IBGE 1992).

Na **Figura 3 (e)**, encontra-se um comportamento bem marcante com uma queda no vigor da 21° ao 33° decêndio do ano, nos anos de 1982, 1983, 1986, 1991 e 1992 essa queda foi bem marcante (anos de El Niño), os anos de maior verdor foram 1984, 1988 e 1999, que coincidem com anos de La Niña, alguns trabalhos indicam a influência deste fenômeno no nordeste brasileiro (localização dos pontos) (Cavalcanti 1996; Batista *et al.* 1997; Barbosa 1999; Gurgel e Ferreira 2003; Dessay *et al.* 2004), onde ocorre uma variação grande na chuva.

Pela **Figura 3 (f)**, observa-se um maior verdor bi-anualmente do 9° ao 14° decêndio dos anos. Menores valores do índice no final de 1982 a início de 1983, em meados de 1986 e do início a meados de 1992. Maior verdor do início a meados de 1984, 1987 e 1999. Os anos de 1984, 1989 e 1998, foram marcados por menor queda no índice quando comparados ao período todo e são notadamente anos de La Niña, já a fase quente não parece afetar muito esta região (maioria dos pontos no sudeste).

A provável interferência 1991/1992 é menos sentida nas regiões onde baixos valores são atingidos, isso pôde ser observado para as regiões C, F, S e T.

A região S, com árvores baixas e tortuosas, isoladas ou agrupadas sobre gramíneas, são mais adaptadas ao clima estacional (em torno de 6 meses secos), sendo esta a região com menor valor máximo de verdor, **Tabela 2**. Pode-se observar na **Figura 3 (g)** queda nos valores do índice nos decêndios que vão do 22° ao 28° (agosto a outubro) para este tipo de vegetação, sendo que os menores valores ocorreram em dezembro de 1982 a fevereiro de 1983, agosto a outubro de 1987, agosto de 1991 a junho de 1992 (Pinatubo) e agosto/setembro de 1999. O maior vigor é observado nos períodos de abril a junho de 1984, 1988, 1993, 1998 e 1999, tendo ocorrido um retardo no período de verdor em 1997. Os anos de 1984 e 1989 foram anos de menor queda no vigor quando comparados ao período todo. Ressalta-se que os pontos utilizados encontram-se mais ao norte desta região fitoecológica, tendo sido difícil encontrar áreas com vegetação natural homogênea dado a exploração agrícola desta região.

Observou-se, **Tabela 2**, que a maior amplitude de variação ocorre para a região T, também conhecida como Caatinga, este tipo de vegetação responde claramente às variações climáticas ao longo do ano (encontra-se em uma área com mais de seis meses secos durante o ano) (IBGE, 1992), sendo do decêndio 19 ao 35 (julho a dezembro) o período de menor valor médio do índice (0,12 em setembro/outubro) e do decêndio 10 ao 16 (abril a junho) os maiores valores (0,66, em abril/maio). Confirmando o comportamento deste tipo de vegetação, nos meses mais secos do ano, a maioria dos indivíduos apresenta uma resposta fenológica muito clara, mudando a cor ou perdendo totalmente as folhas.

Os períodos de menor vigor foram novembro de 1982 a janeiro de 1983, junho a agosto de 1983, janeiro a março de 1984, agosto a dezembro de 1991, março/abril de 1993, abril a junho de 1998 e os de maior, junho de 1984, fevereiro a setembro de 1985, janeiro a março de 1986, março/abril de 1988, novembro de 1996 e novembro e dezembro de 1999. Esta região apresenta os menores valores de índice encontrado e com maior perduração.

A região E tem um comportamento estacional, porém as diferenças estão mais ligadas a diferença de temperatura no inverno, assim o menor verdor é em agosto, 0,40 e maior em abril, 0,70, **Tabela 2 e Figura 3 (i)**. Apresentar normalmente valores menores do decêndio 17 ao 29 e nos anos de 1983, 1986, 1989, 1991, 1992 e 1993 essa queda foi maior. O ano de 1995 apresentou o maior valor de verdor, os anos de 1984, 1998 e 1999 foram anos de

comportamento bastante estável, ou seja, a amplitude da queda no verdor foi baixa. Os valores mais baixos são em anos de El Niño, mas estes eventos, em geral, trazem maior precipitação para esta parte do país, esta queda pode assim ser ocasionada por excesso de umidade.

3. Conclusões e considerações finais

Os dados de série temporal do EFAI-NDVI permitiram analisar as variações sazonais e interanuais dos tipos de vegetação, possibilitando o monitoramento das variações da vegetação e inferências sobre mudanças e interferências climáticas.

Os dados utilizados nesse estudo relacionam-se às propriedades reflectivas da copa da vegetação em uma resolução de 0,1°x0,1°, apresentou-se como ferramenta de grande potencial para medir o estado geral da mesma e desta forma pode ser usado como um indicador das variações anuais e interanuais.

Excetuando as regiões Centro-Oeste e Nordeste, predominantemente áreas de Savana e Savana-Estépica, a vegetação não atinge patamares críticos de índice de vegetação no país.

Os valores de maior vigor vão de janeiro (sul) a julho (norte) e essa variação parece ocorrer paulatinamente com a região geográfica e fatores climáticos.

As regiões C, F, S e T possuem comportamento sazonal muito bem definido com grandes amplitudes de variação. Nas regiões com características ombrotérmicas essa amplitude é pequena apresentando e os valores de índice são altos, o que facilita a percepção da influência de efeitos atmosféricos (que em geral diminuem o valor do NDVI).

Os aerossóis estratosféricos da erupção do Monte Pinatubo causaram uma redução no valor de EFAI-NDVI de meados de 1991 a meados de 1992.

Referências

- Barbosa, H. A. Análise espaço-temporal do índice de vegetação AVHRR/NOAA e precipitação na região Nordeste do Brasil em 1982-85. 1999. 177p. Dissertação (mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – São José dos Campos - SP.
- Batista, G. T., Shimabukuro, Y. E., Lawrence, W. T., 1997, “The long-term monitoring of vegetation cover in the Amazonian region of northern Brazil using NOAA-AVHRR data”, **International Journal of Remote Sensing**, v. 18, n. 15, pp. 3195–3210.
- Cavalcanti, I. F. A., 1996, “Episódios El Niño/Oscilação Sul durante a década de 1986 a 1996 e suas influências sobre o Brasil”, Boletim de Monitoramento e Análise Climática - **Climanálise**. Edição especial comemorativa de 10 anos.
- Dessay, N., Laurent, H., Machado, L. A. T., Shimabukuro, Y. E., Batista, G. T., Diedhiou, A., Ronchail, J., 2004, “Comparative study of 1982-1983 and 1997-1998 El Niño events over different types of vegetation in South America”. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, pp. 4063-4077.
- Fiocco G., Fua D., Visconti G., 1996, **The Mount Pinatubo Eruptions, Effects of the Atmosphere and Climate**, 310pp., NATO ASI Series, Series I: Global Environmental Change, Vol. 42, Springer-Verlag, Berlin, DM 180.00 hb, ISBN 3-540-61281-5.
- Goward, S. N., Dye, D. G., Turner, S., Yang, J., 1993, “Objective assessment of the NOAA global vegetation index data product”, **International Journal of Remote Sensing**, v. 14, n. 18, pp.3365–3394.
- Gurgel, H. C., Ferreira, N. J., 2003, “Annual and interannual variability of NDVI in Brazil and its connections with climate”, **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 18, pp. 3595–3609.
- Gutman, G. G., 1991, “Vegetation indices from AVHRR: an update and future prospects”, **Remote Sensing of Environment**, v. 35, pp. 121–136.
- Gutman, G., Ignatov, A., Olson, S., 1996, “Global land monitoring using AVHRR time series”, **Advance Space Research**, v. 17, n. 1, pp. 51-54.
- Huete, A. R., Liu, H. Q., Batchily, K., Van Leeuwen, W., 1997, “A Comparison of Vegetation Indices over a Global Set of TM Images for EOS-MODIS”, **Remote Sensing Environment**, v. 59, pp. 440-451.

- IBGE, 1992, **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**, Rio de Janeiro, IBGE, Série Manuais Técnicos em Geociências, número 1, 92 p.
- IBGE, 1993, **Recursos naturais e meio ambiente. Uma visão do Brasil**, Rio de Janeiro, IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 154p.
- Jinhuan, Q., Liqun, Y., 2000, "Variation characteristics of atmospheric aerosol optical depths and visibility in North China during 1980-1994", *Atmospheric Environment*, v. 34, pp. 603-609.
- Kogan, F.N., 1995a, "Applications of vegetation index and brightness temperature for drought detection", *Advance Space Research*, v. 15, n. 11, pp. 91-100.
- Kogan, F.N., 1995b, "Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar orbiting satellite data". *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 76, pp. 655-668.
- Kogan, F.N., 1997, "Global drought watch from space". *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 78, pp. 621-636.
- Kogan, F.N., Zhu, X., 2001, "Evolution of long-term errors in NDVI time series: 1985-1999", *Advance Space Research*, v. 28, n. 1, pp. 149-153.
- Lin, N. -H., Saxena, V. K., 1997, "Changes in stratospheric aerosol parameters over 105-135° longitude due to eruption of Mount Pinatubo", *Journal of Aerosol Science*, v. 28, n. 4, pp. 697-712.
- Los, S. O., Justice, C. O., Tucker, C. J., 1994, "A global 1° by 1° NDVI data set for climate studies derived from the GIMMS continental NDVI data", *International Journal of Remote Sensing*, v. 15, n. 17, pp. 3493-3518.
- Los, S. O., Collatz, G. J., Sellers, P. J., Malmstrom, C. M., Pollack, N. H., Defries, R. S., Bounoua, L., Parris, M. T., Tucker, C. J., Dazlich, D. A., 2000, "A global 9-year biophysical land surface dataset from NOAA AVHRR data". *Journal of Hydrometeorology*, v. 1, pp.183-199.
- Miranda, E. E. de; Coutinho, A. C. (Coord.). **Brasil visto do espaço**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpem.embrapa.br>>. Acesso em julho/2005.
- Molineaux, B., Ineichen, P., 1996, "Impact of Pinatubo aerosols on the seasonal trends of global, direct and diffuse irradiance in two northern mid-latitude sites", *Solar Energy*, v. 58, n. 1-3, pp. 91-101.
- Nimer, E., 1989, **Climatologia do Brasil**, 2ed, Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos ambientais, 1989, 422p.
- Niranjan, K., Thulasiraman, S., Ramprasad, T. R., 1999, "Pinatubo volcanic aerosol characteristics as observed from a low latitude location in India using a ground-based multiwavelength solar radiometer", *J. Aerosol Sci.*, v. 30, n. 9, pp. 1181-1189.
- Oliveira, L. M. T., Costa T. C. C., Nicácio, R.M., Antunes, M. A. H., França, G. B. , 2006, Análise das interferências no NDVI do AVHRR e conjunto de dados alternativo, **In: 3° Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto - GeoNordeste 2006**.
- Philander, S., 1990, **El Niño, La Niña and the Southern Oscillation**, ed. San Diego, Academic Press.
- Sahai, Y., Kirchhoff, V. W. J. H., Alvalá, P. C., 1997, "Rapid Communication: Pinatubo eruptions: effects on stratospheric O₃ and SO, over Brasil", *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, v. 59, n. 3, pp. 265-269.
- Sellers, P. J., Los, S. O., Tucker, C. J., Justice, C. O., Dazlich, D. A., Collatz, G. J., Randall, D. A., 1996, "A revised land surface Parameterization (SiB2) for atmospheric GCMs. Part 2: the generation of global fields of terrestrial biophysical parameters from satellite data", *Journal of Climate*, v. 9, pp. 706-737.
- Stöckli, R., Vidale, P. L., 2004, "European plant phenology and climate as seen in a 20-year AVHRR land-surface parameter dataset", *International Journal of Remote Sensing*, v. 25, n. 17, pp. 3303-3330.