

**UMA ANÁLISE DAS DIFERENÇAS DE COMPORTAMENTOS DA VEGETAÇÃO NA AMÉRICA DO SUL DURANTE OS DOIS
EVENTOS EL NIÑO DE 1982-1983 E 1997-1998**

Nadine Dessay^{1,2}, Henri Laurent^{1,2}, Luiz A. T. Machado¹,
Yosio E. Shimabukuro³, Arona Diedhiou², Josyane Ronchail⁴

¹ACA/IAE/CTA Divisão de Ciências Atmosféricas/Instituto de Aeronáutica e Espaço/Centro Técnico Aeroespacial, CEP 12228-904, São José dos Campos, SP, Brasil. (e-mail: ndessay@iae.cta.br, hlaurent@iae.cta.br, machado@iae.cta.br)

²IRD/LTHE Institut de Recherche pour le développement/Laboratoire d'Etude des Transferts en Hydrologie et Environnement, Domaine Universitaire, BP 53, 38041Grenoble Cedex 9, France. (e-mail: diedhiou@hmg.inpg.fr)

³INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, C.P. 515, CEP 12201-970, São José dos Campos, SP, Brasil. (e-mail: yosio@ltd.inpe.br)

⁴ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica, SGAN 603, Ed. DNC, 70830-030 Brasília (DF), Brasil, and IRD Institut de Recherche pour le Développement, CP 7091, Lago Sul, 71619-970, Brasília (DF), Brasil. (e-mail: josyane@aneel.gov.br).

Keyword : NOAA AVHRR GAC, NDVI, vegetação, América do Sul, Brasil, El Niño, TSM, cobertura de nuvens altas

Resumo

Este trabalho estuda o comportamento das anomalias do Índice de Vegetação de Diferença Normalizado (NDVI) durante os dois mais forte eventos El Niño do último século (1982-1983 e 1997-1998) sobre a América do Sul, com ênfase especial à análise da resposta dos principais tipos de vegetação do Brasil. Nós achamos uma anomalia de NDVI negativa para a maioria das regiões durante o evento de 1982-1983, considerando que para o evento de 1997-1998 anomalias de NDVI positivas e negativas foram observadas dependendo das regiões. Só a região do Nordeste mostrou uma resposta de vegetação semelhante durante ambos os eventos. A diferença de sinal não pode ser entendida unicamente por um problema de intercalibração dos sensores. A resposta da vegetação pode depender das condições do clima antes do período El Niño. Um outro fator é a diferença do início e da duração da fase madura dos dois eventos El Niño, associados as temperaturas de superfície diferentes no Atlântico que podem ter consequências na precipitação e no comportamento da resposta da vegetação.

Abstract

This paper gives some clues to understand the behavior of the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) anomalies during the two strongest El Niño events of the last century (1982-1983 and 1997-1998) over the South America continent. Special emphasis has been given to the analysis of the response of the major Brazilian vegetation types. We find a negative NDVI anomaly for most of the regions during the 1982-1983 event, whereas for the 1997-1998 event positive and negative NDVI anomaly were observed depending on the regions. Only the Nordeste region showed a similar vegetation response during both events.

1. Introdução

O fenômeno El Niño cujo mecanismo físico foi descrito por Bjerknes (1969), é caracterizado por um aquecimento das águas superficiais do Pacífico equatorial Oriental. A duração do episódio é geralmente de 12 a 18 meses, começando no início do ano para alcançar um máximo de intensidade ao final do primeiro ano e em seguida desaparecer depois da metade do segundo ano. Ocorreram vários eventos do El Niño, porém, só alguns destes eventos são considerados fortes devido à intensidade deles. Os dois principais eventos El Niño do último século aconteceram em 1982-1983 e 1997-1998. A duração do evento foi maior em 1982-1983 que em 1997-1998 (veja figura 1). O primeiro evento terminou em junho de 1983, já o segundo em maio de 1998. O pico ocorreu em janeiro de 1983 para o primeiro evento, e em dezembro de 1997 para o segundo. Depois do pico de máximo houve, para os dois eventos, uma redução da anomalia positiva da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) que desapareceu totalmente em outubro de 1983 e em junho de 1998.

Para a América do Sul e mais especificamente para o Brasil, Hastenrath (1977, 1978), Kousky et al. (1984), Aceituno (1988), Marengo (1992), Moron et al. (1995), Diniz (1998), Uvo et al. (1998), Grimm et al. (1998, 2000) e Pezzi e Cavalcanti (2001) mostraram a diversidade e a complexidade do impacto do fenômeno El Niño nos campos de precipitações e de temperatura. Geralmente durante um evento El Niño, as precipitações diminuem no norte e no nordeste da Amazônia e na região Nordeste do Brasil, e aumentam no extremo sul do Brasil. Estas

mudanças nos regimes de precipitação afetam a cobertura vegetal e então podem ser avaliadas pelo Índice de Vegetação de Diferença Normalizado (NDVI) como demonstraram Batista et al. (1997) para o evento de 1982-1983.

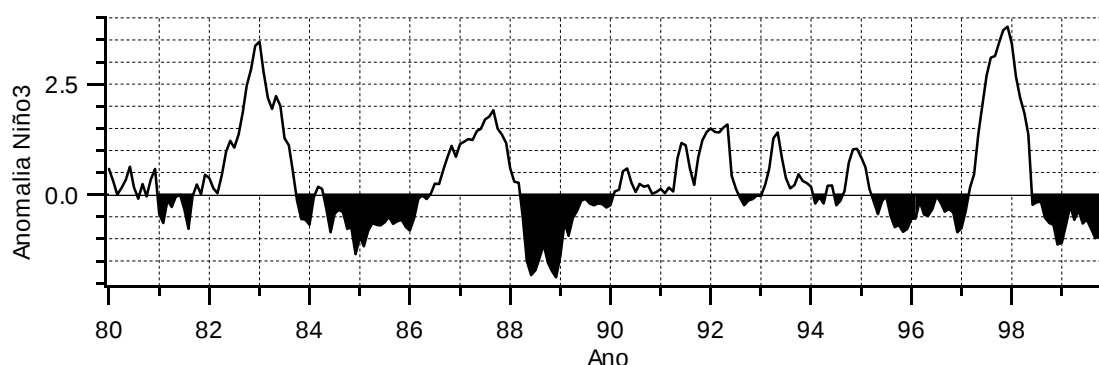


Figure 1: Anomalias de TSM (K) para a área El Niño3 (5N-5S; 90W-150W) de 1981 a 2000.

(Fonte: NCEP).

O objetivo deste estudo é entender se a reposta da vegetação é semelhante durante os dois eventos El Niño mais fortes, com ênfase especial em cinco tipos de vegetação localizados nas regiões Amazônica, Nordeste e Sul do Brasil.

2. Dados e metodologia

Os dados de NDVI usados aqui são parte dos dados quinzenais do NDVI NOAA GAC cobrindo o período de julho de 1981 até dezembro de 1999. Esses dados fornecidos pelo grupo Global Inventory Monitoring and Modelling Studies (GIMMS) da National Aeronautics and Space Administration/Goddard Space Flight Center (NASA/GSFC) foram coletados diariamente pelos sensores AVHRR dos satélites NOAA-7, 9, 11 e 14. A resolução espacial é de 8 km por 8 km. Esta série de dados NDVI GIMMS leva em conta a melhoria, da navegação (Rosborough et al. 1994), da calibração dos canais visível e infra vermelho próximo (Vermote e Kaufman 1995), melhorado pelo método de correção de degradação do sensor (Los 1998). Este de dados não leva em conta os efeitos do vapor de água, mas é corrigido para os efeitos do aerossol estratosféricos devido às erupções vulcânicas de 1981 (El Chichón) e 1991 (Mt. Pinatubo) pelo método desenvolvido por Vermote e El Saleous (1994).

Para o oceano Pacífico equatorial as anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) usadas neste estudo são delimitadas pelas latitudes 5°N-5°S e longitudes 90°W-150°W (NINO3 área). Estes dados são fornecidos pelo National Center for Environmental Prediction (NCEP) (Kalnay et al. 1996). Para o oceano Atlântico a TSM observadas nas bacias norte (28N-5N; 60W-Africa) e sul (5N-20S; América-África) foram fornecidas por Servain (1991).

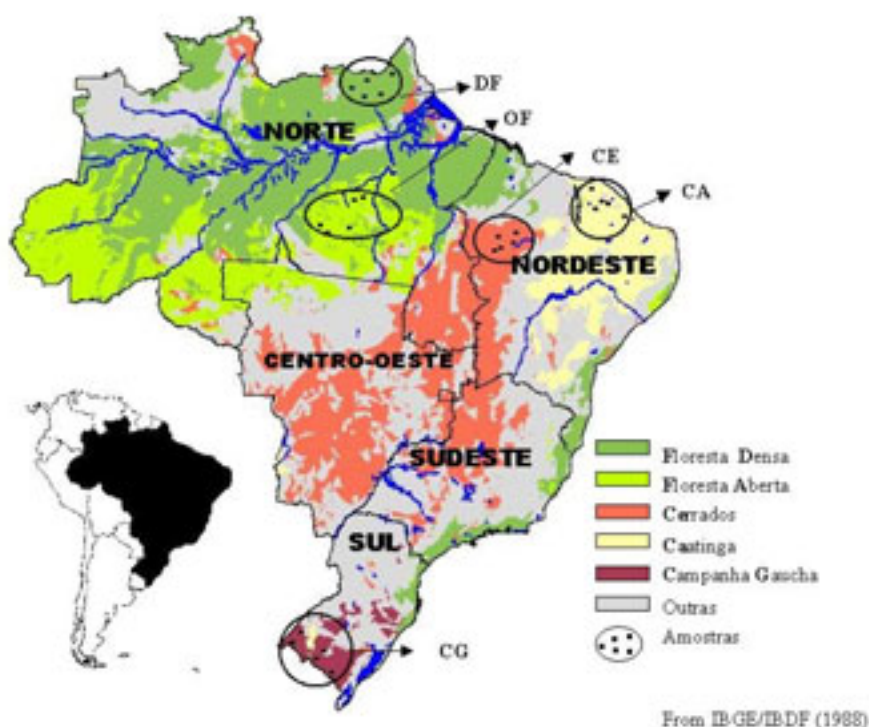


Figure 2: Vegetação brasileira dominante e localização das amostras usadas para a análise. Também são delineadas as regiões do Brasil.

O mapa de vegetação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBGE/IBDF, 1988) na escala de 1:5.000.000 foi usado como referência para escolher classes de vegetação. Dentre as principais classes deste mapa cinco classes principais de vegetação foram escolhidas: a floresta ombrófila densa (FD), a floresta ombrófila aberta (FA), o Cerrado (CE), a savana estépica Caatinga (CA) e a Campanha gaúcha (CG), veja figura 2 para a localização. Para cada tipo de vegetação, vários grupos de amostra de 3 x 3 pixels NDVI (i.e., 24 km x 24 km) foram escolhidos levando-se em conta a homogeneidade em termos de cobertura de vegetação e climatologia.

Foram selecionadas as estações chuvosas nas seis áreas definidas acima. Dados de chuva mensais foram providos principalmente pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados de chuva passaram por um controle de qualidade e foram homogeneizados.

Os dados de cobertura de nuvens foram fornecidos pela NASA/GSFC no âmbito do International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) (Shiffer e Rossow, 1985; Brest et al., 1997), para o período de janeiro de 1984 até dezembro de 1999. Os dados utilizados foram o ISCCP D2 que fornece, numa grade de 2,5 x 2,5 graus, um conjunto de 130 variáveis que descrevem os tipos de nuvens e diversas outras estatísticas da superfície e da

atmosfera, observados durante o mês. Foram extraídos unicamente os valores da cobertura de nuvens altas para esse estudo. Na classificação ISCCP a cobertura de nuvens altas corresponde as nuvens cuja a pressão é inferior a 444 Hpa. Nas regiões tropicais a maior parte da cobertura de nuvens altas é devida as nuvens convectivas que traz a chuva.

Todos os dados nesse estudo foram normalizados da seguinte forma:

$$X'_{ij} = (X_{ij} - \bar{X}_j) / \sigma_j$$

onde X_{ij} é o valor para o mês j do ano i , $\bar{X}_j$ e σ_j são a média e o desvio padrão para o mês j calculados sobre o período do estudo.

3. Resultados

O fenômeno El Niño muda a distribuição espacial das precipitações. Assim espera-se detectar um sinal na distribuição das nuvens que trazem a chuva, isto é as nuvens convectivas com topo alto. Além disso espera-se detectar as consequências na vegetação a partir dos dados do NDVI. De uma forma geral, uma anomalia negativa do NDVI é associada a um deficit de precipitações.

3.1 Precipitações e cobertura de nuvens altas.

A figura 3 apresenta as anomalias normalizadas de chuva para os períodos 1981-1983 e 1996-1998 assim como as anomalias normalizadas da cobertura de nuvens altas para 1996-1998 (em vermelha). Isso para cinco tipos diferentes de vegetação : a floresta tropical densa (FD), a floresta tropical aberta (FA), os Cerrados (CE), a Caatinga (CA) e a Campanha Gaúcha (CG). Isso é coerente com o efeito conhecido do El Niño sobre a variabilidade espacial das precipitações no Brasil. Os valores apresentados correspondem à média dos valores das cinco amostras de cada área (veja localização na figura 2). A linha vertical indica o início do evento El Niño.

As anomalias de chuva são semelhantes para os dois eventos El Niño, isto é, observa-se um déficit de chuva já no início do evento (abril de 1982 ou abril de 1997) para as áreas do norte e nordeste do Brasil (FD, FA, CE e CA), e um excesso de chuva na área localizada no sul de Brasil (CG). A diferença principal é que o déficit de chuva sobre a floresta densa (FD) foi mais pronunciado em 1983 que em 1998. As anomalias de chuva observadas logo antes dos eventos (julho 1981-março 1982 e julho 1996-março 1997) não mostraram diferenças claras. Só no caso da Caatinga (CA) nota-se anomalias principalmente negativas antes do primeiro evento, e anomalias principalmente positivas antes do segundo. Observa-se que as anomalias da cobertura de nuvens altas estão em fase com aquelas de chuva. Nota-se que essas duas fontes de observações são totalmente independentes, validando assim os resultados obtidos para as diferentes áreas alvos escolhidas. Os resultados mostram que na escala de médias mensais as anomalias de precipitações podem ser avaliadas à partir dos dados de cobertura de nuvens altas.

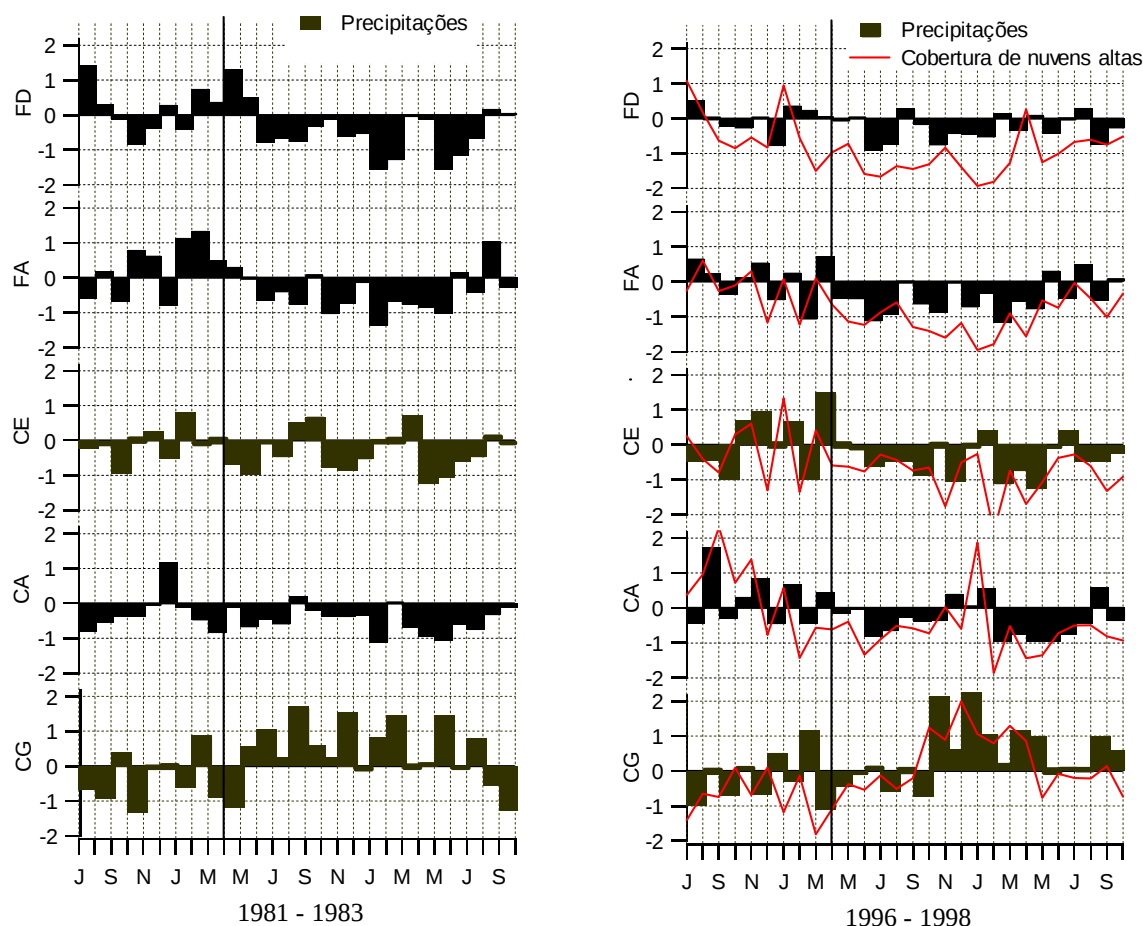


Figure 3: Em preto as anomalias normalizadas de chuva para 1981-1983 (coluna esquerda) e 1996-1998 (coluna direita); Em vermelho as anomalias normalizadas da cobertura de nuvens altas disponíveis somente para os anos 1996-1998. Para cinco tipos de vegetação: a) floresta tropical densa (FD); b) floresta tropical aberta (FA); c) Cerrados (CE); d) Caatinga (CA); e) Campanha Gaúcha (CG). A linha vertical indica o início do evento El Niño.

3.2 Resposta dos diferentes tipos de vegetação

a) Mudança de satélites

Durante o período de janeiro de 1994 até novembro 1994 foram observados diversos problemas na série de dados NDVI diminuindo a qualidade das informações. Nota-se, neste período, que os mosaicos das imagens apresentavam diversas imagens com falta de dados e imagens incompletas podendo, desta forma, comprometer as médias mensais. Logo, decidiu-se eliminar este período da análise. Este período corresponde ao final da vida do satélite NOAA-11 que foi substituído pelo NOAA-9, que ainda se mantinha em órbita. Outro problema observado no conjunto dos valores do NDVI ocorreu a partir de 1994, neste período não se observa o mesmo comportamento entre o NDVI e a precipitação observado no período anterior. O NDVI sistematicamente apresenta uma anomalia positiva quando normalizado pela média de toda a série. Este fato se deve à mudança do satélite NOAA-9 para o NOAA-12, que apresentava um horário de passagem diferente dos satélites anteriores. Este fato será discutido em detalhes nos próximos capítulos. Para contornar este efeito de mudança de sensor e horário de passagem decidiu-se

dividir a série em dois períodos de dados, um entre 1981 a 1993 e outro entre 1995 a 1999, não levando em conta o ano de 1994. Desta forma, as anomalias de NDVI foram normalizadas independentemente para estes dois períodos.

b) Variações do NDVI no Brasil

Um valor do NDVI normalizado próximo a 0 significa que o NDVI observado está próximo da climatologia local. Neste trabalho consideramos anomalias positivas ou negativas como sendo os valores do NDVI normalizado superior a +1 ou inferior a -1 respectivamente, i.e., os desvios maiores que um desvio padrão. A anomalia negativa é associada a um stress de vegetação e a anomalia positiva corresponde a fase ativa da vegetação (atividade de clorofila).

A figura 4 mostra o NDVI e o NDVI normalizado para os diferentes tipos de vegetação. Cada valor corresponde a média dos valores das cinco amostras de cada área (veja localização na figura 2). O NDVI mostra essencialmente o ciclo sazonal para os diferentes tipos de vegetação. O mais característico é o ciclo sazonal da Caatinga (CA) com um aumento dos valores de NDVI durante a estação chuvosa (fevereiro-maio) e pequenos valores de NDVI ao término da estação seca em novembro. O começo do aumento de NDVI varia de acordo com as primeiras chuvas, entre novembro e janeiro. O ciclo sazonal é bastante diferente para a Campanha Gaúcha (CG) localizada no sul de Brasil. A estação seca é curta (junho-agosto) e de fraca intensidade. Para o Cerrado (CE) o ciclo sazonal é marcado por um stress da vegetação em setembro e novembro. Para a floresta densa (FD) e a floresta aberta (FA) o NDVI mostra uma fraca sazonalidade. As variações de NDVI são geralmente semelhantes para os dois eventos El Niño, mas os valores são menores em 1982-1983, com a exceção da Campanha Gaúcha no sul de Brasil.

A diferença com relação ao valor médio entre 1981-1983 e 1996-1998 é destacada com o NDVI normalizado (figura 3, coluna direita). Exceto para a FD e CG nós observamos uma tendência semelhante para os dois eventos, i.e., uma diminuição do NDVI normalizado (aumento do stress) durante o evento El Niño, no qual é particularmente visível nas regiões Nordeste (CA e CE). No Sul de Brasil, para CG, as anomalias de NDVI são também semelhantes entre os dois eventos embora com uma tendência inversa dos outros sítios, i.e., uma tendência positiva leve durante o evento El Niño. Para a Floresta Densa (FD) durante o primeiro evento El Niño observa-se uma anomalia negativa à partir do mês de julho 1982 apesar que durante o segundo evento as anomalias são geralmente positivas. O valor negativo forte observado em março de 1998 é provavelmente devido a contaminação de nuvem.

c) Variações do NDVI na América do Sul

A figura 5 mostra o NDVI normalizado médio no trimestre para os eventos El Niño de 1982-1983 e 1997-1998 na América do Sul. No princípio do evento de 1982-1983 (no trimestre JAS) nota-se anomalias negativas no países do noroeste da América do Sul e no norte das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Em OND 1982 as anomalias negativas se estendem sobre todas as regiões descritas anteriormente, e também sobre o norte da região Sudeste. Em contraste durante o início do evento 1997-1998 as anomalias são principalmente positivas sobre a América do Sul, particularmente sobre o norte da região Norte como também no leste do Brasil. Em OND 1997 as anomalias de NDVI, em geral, diminuem. Durante o primeiro evento, as anomalias negativas se mantêm até JFM de 1983 sobre

Figure 4: NDVI (coluna esquerda) e NDVI normalizado (coluna direita) para 1981-1983 e 1996-1998 para cinco tipos diferentes de vegetação: a) floresta tropical densa (FD); b) floresta tropical aberta (FA); c) Cerrados (CE); d) Caatinga (CA); e) Campanha Gaúcha (CG).

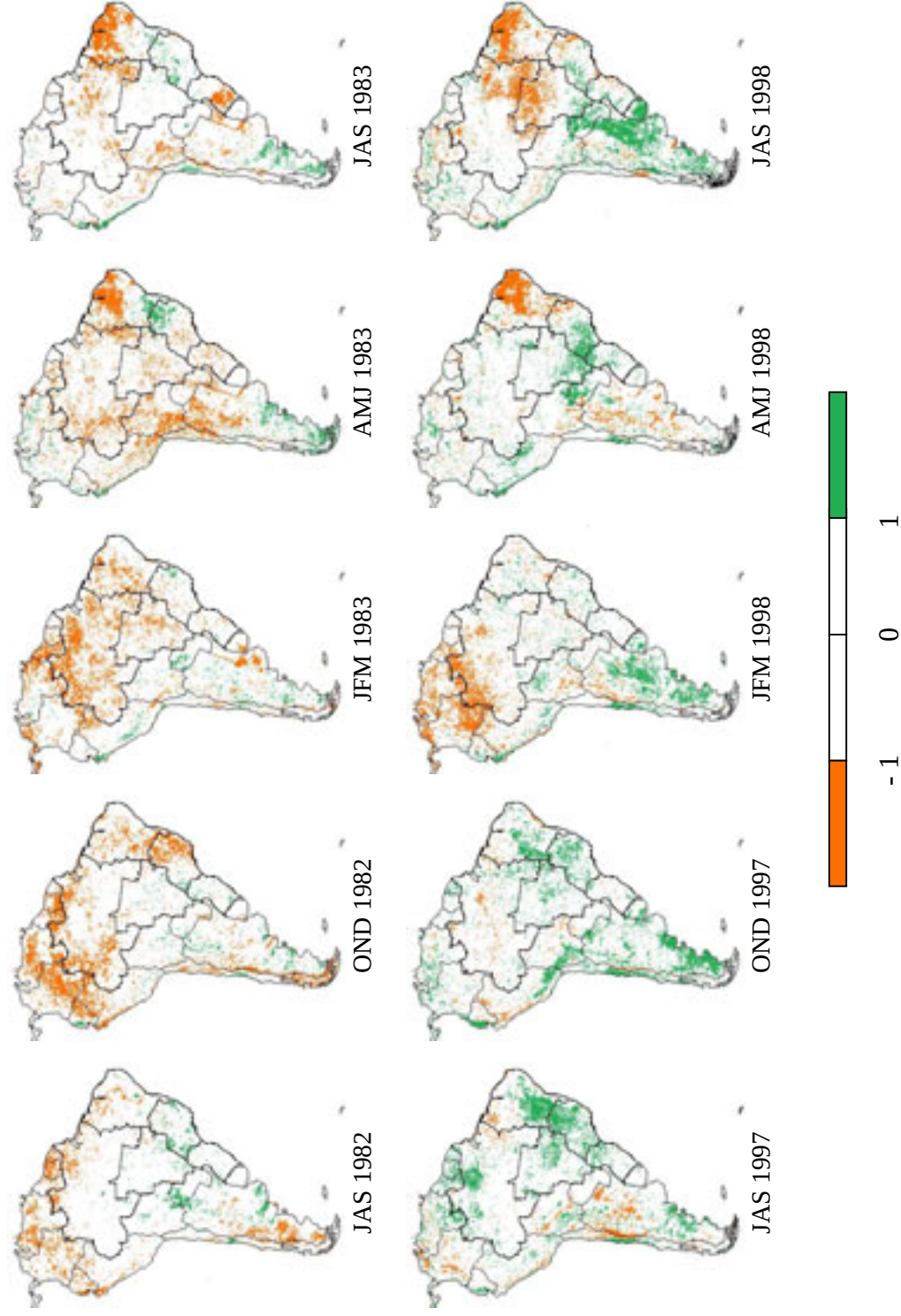


Figure 5: NDVI normalizado para períodos trimestres (JAS, OND, JFM, e AMJ) para 1982-1983 e 1997-1998 na América do Sul.

o Brasil. Em AMJ 1983 as anomalias negativas começam a desaparecer, exceto sobre a região Nordeste do Brasil, onde elas ainda são importantes. Durante o meio do segundo evento, as anomalias positivas persistem geralmente no sul da América do Sul. No norte da América do Sul observa-se anomalias negativas em JFM 1998 que não são mantidas nos próximos meses.

Ao término do evento, em JAS 1983 observa-se anomalias negativas sobre a região Nordeste e do leste da região Norte, assim que no sul da região de Sul. Em JAS 1998 há também anomalias negativas na região Nordeste do Brasil até a região Centro-Oeste. São observadas anomalias principalmente positivas no sul da América do Sul.

Como mostrado pelo NDVI normalizado, a resposta da vegetação foi diferente durante os dois eventos El Niño. Em 1982-1983 a resposta foi geralmente a de um stress em toda a América do Sul, exceto no sul da América do Sul. Já no evento 1997-1998 as anomalias positivas eram predominantes durante o início do evento e se observaram anomalias negativas somente no nordeste e na região Norte. A região Nordeste teve uma resposta semelhante mostrando uma anomalia negativa clara durante o fim dos dois eventos.

3.3 Papel do oceano Atlântico

Como mostrado em vários estudos (e.g., Hastenrath, 1977, Nobre and Shukla, 1996, Uvo et al., 1998, de Souza et al., 2000, Pezzi and Cavalcanti, 2001), as anomalias de chuva no Nordeste e na região da Amazona podem ser relacionados com os padrões de TSM dos Atlânticos

As diferenças de comportamento observadas durante os dois períodos El Niño podem ser explicadas pelas características diferentes da TSM no oceano Atlântico. A Figura 6 mostra as anomalias normalizadas de TSM de 1981 a 1999 para as bacias Atlânticas norte e sul, e os valores do dipolo do Atlântico. O dipolo corresponde a diferença entre as bacias do Atlântico Norte e do Atlântico Sul (NB: 28N-5N/60W-Africa; SB: 5N-20S/America-Africa). Observa-se para ambos eventos El Niño que o dipolo é bastante semelhante, ou seja, positivo no início e no fim do período, com uma anomalia negativa no meio do evento. Contudo, se observamos o comportamento de cada bacia em ambos eventos nota-se que em 1982-1983 as anomalias da TSM das duas bacias Atlânticas eram negativas no princípio do período ficando positivas somente durante alguns meses no final do período. Já para o evento 1998-1999 observa-se que o padrão de dipolo observado é relativo a um forte aquecimento em ambas as bacias. Na verdade a diferença mais notável entre os dois períodos El Niño é a anomalia positiva forte juntamente nas duas bacias Atlântica norte e sul, observada só em 1997-1998. Esse fato, anomalias predominantemente negativas no primeiro evento e anomalias predominantemente positivas no segundo evento, parece ser o fator determinante na diferença do stress da vegetação entre os dois eventos de El Niño. Águas quentes na costa da América do Sul favorece um padrão de precipitação acima da média nas regiões do nordeste e norte do Brasil. Contudo, as anomalias de precipitação e cobertura de nuvens não mostram uma alteração significativa entre os dois eventos.

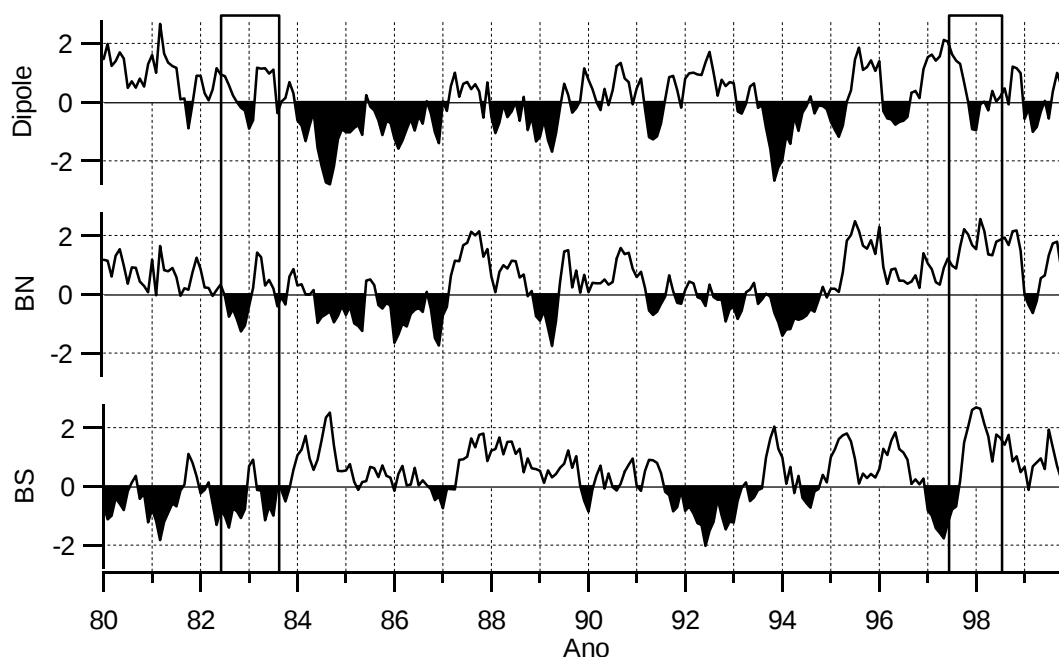


Figura 6: Anomalias da TSM normalizadas de 1981 até 1999 para as bacias do Atlântico Norte e Sul (NB: 28N-5N/60W-Africa; SB: 5N-20S/America-Africa). O dipolo corresponde a diferença de BN - BS (Source: J. Servain, IRD-Centre de Bretagne). Os dois períodos de El Niño são indicados.

4. Discussão

Como mostrado nas figuras 4 e 5, as respostas do NDVI para os eventos El Niño de 1982-1983 e 1997-1998 são diferentes e mostram anomalias geralmente negativas durante o primeiro evento e anomalias positivas e negativas durante o segundo evento. Levando em conta que o segundo evento é considerado como o mais forte do século passado, busca-se entender quais seriam as razões que poderiam explicar estas diferenças.

Uma primeira observação é quanto as anomalias da cobertura de nuvens altas que mostram estar em fase com as da precipitação. Essas anomalias geralmente negativas (exceto para as amostras do sul do Brasil) são semelhantes para os dois eventos El Niño. O fato que estas observações convergem apesar de que elas vêm de fontes completamente diferentes contribui a confiar nelas. Por isso tentou-se entender por que o sinal do NDVI deu uma informação oposta, em algumas regiões, para o segundo evento. Notou-se então que poderia ser o resultado de um problema na calibração dos sensores do satélite, devido as mudanças de satélites. Uma intercalibração dos diferentes sensores foi feita durante o processamento dos dados pelo GIMMS, porém é possível que alguns artefatos não foram completamente corrigidos. Foi assim que nos decidimos de separar a série de dados em dois conjuntos de dados : de 1981 a 1993 de um lado e 1995 a 1999 de outro lado (ver capítulo 3.2.a).

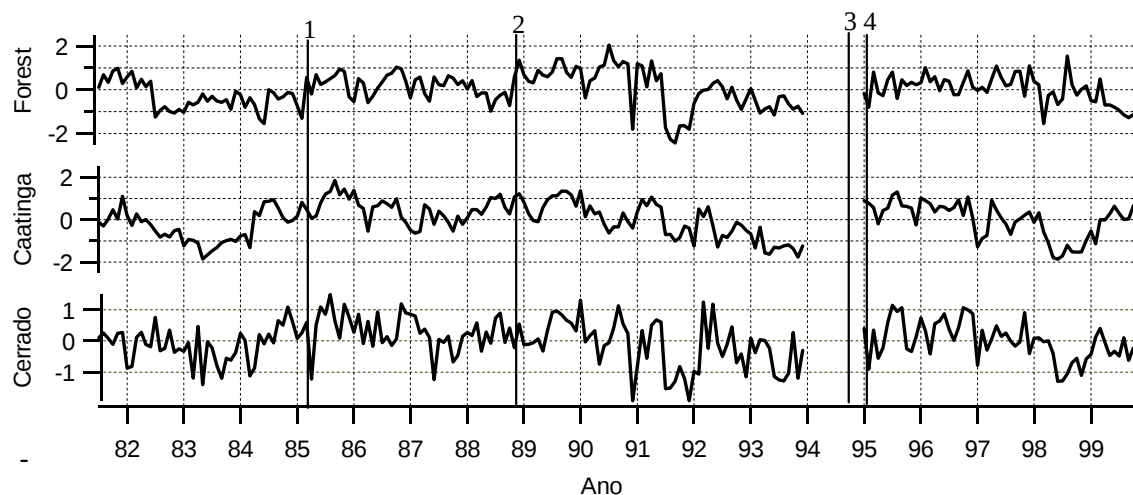


Figure 7: NDVI normalizado para amostras de floresta densa, Cerrados e Caatinga (24 km x 24 km áreas) de 1981 até 1999. As linhas verticais indicam as mudanças de satélite nominal: de NOAA-7 a NOAA-9 em março de 1985 (1), de NOAA-9 a NOAA-11 em novembro de 1988 (2), de NOAA-11 a NOAA-9 em setembro de 1994 (3), e de NOAA-9 a NOAA-14 em janeiro de 1995 (4).

Nota-se na floresta densa e na floresta aberta um aumento do NDVI normalizado durante o decorrer do segundo evento. A variação da hora de passagem do satélite e a por consequência a mudança do ângulo zenital solar pode ser uma explicação para estas diferenças. A figura 7 mostra as mudanças de satélite sobrepostas às séries do NDVI normalizado para três diferentes tipos de vegetação. Para a floresta densa o NDVI normalizado mostra uma tendência decrescente durante a vida do satélite NOAA-11 e um aumento acentuado depois da troca para NOAA-9. Isto é coerente com a mudança no ângulo zenital solar (ASZ) devido à mudança da hora de passagem do satélite : a hora de passagem no equador variou de 13:40 hora local (LST) a 17:00 LST ao longo da vida do NOAA-11 (Waliser and Zhou, 1997). Durante o período de 1982-1983 a hora de passagem do NOAA-7 variou de 14:30 LST a 15:20 LST, considerando que em 1997-1998 para a NOAA-14 essa hora variou de 14:10 LST a 15:20 LST. Consequentemente há uma diferença de tempo no horário da passagem do satélite no equador entre os dois períodos de El Niño, resultando em uma diferença de AZS de cerca de 5 graus em cima da região Amazônica. A atual correção de AZS do GIMMS (Sellers et al., 1994) não é provavelmente adequada para a zona tropical (J. Pinzon, comunicação pessoal), então uma correção insuficiente dos efeitos de mudança da AZS pode explicar em parte a diferença do NDVI observado entre os dois períodos de El Niño para a floresta.

Outro fato que deve ser levado em consideração, é quanto a resposta da vegetação em função das condições de clima antes do evento de El Niño. De acordo com a classificação de Trenberth (1997), o primeiro evento foi precedido por um curto episódio El Niño (outubro 1979-abril 1980) seguido por um período normal. O segundo episódio foi precedido por um episódio La Niña, fenômeno inverso do El Niño (setembro 1995-março 1996) seguido por um período normal. O NDVI normalizado observado na América do Sul inteira durante os anos anteriores aos dois eventos (figura não mostrada) confirma uma leve anomalia de NDVI negativa em 1981-1982

coerente com o déficit de chuva ligado ao El Niño ao norte e uma anomalia positiva em 1996-1997 coerente com um excesso de chuva no norte durante La Niña.

Outro ponto que deve ser levado em consideração, é as diferenças no princípio e na duração da fase madura dos dois eventos El Niño, como também nas TSM no Atlântico. Existe uma diferença de fase entre os dois El Niño : em 1982-1983 a fase madura aparece no inverno boreal ; em 1997-1998 observa-se distintamente uma fase madura mais precoce e esta fase se mantém em vários meses. Também existe uma diferença grande das anomalias de TSM do Atlântico. Então, a combinação Pacífico-Atlântico era completamente diferente para os dois eventos.

Os resultados indicam que os eventos El Niño afetam de um modo semelhante Cerrados, Caatinga, e Floresta Aberta, não obstante um contraste entre os dois eventos claramente visível para a Floresta Densa.. Além disso esse trabalho mostra que de acordo com o NDVI normalizado as consequências do fenômeno El Niño são diferentes para a floresta densa. Esta diferença pode possivelmente estar devido às diferenças no horário das passagens do satélite, contudo não foi possível concluir devido as contradições observadas.

5. Agradecimentos

Esse trabalho faz parte de uma cooperação entre o IRD (Institut de Recherche pour le Développement, France) e o CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) suporte número 910153/98-1. Esse trabalho foi também parcialmente financiado pela FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) suporte número 99/06045-7.

Referências Bibliográficas

- ACEITUNO, P., On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: Surface climate. **Montly Weather Review**, 116, p.505-524,1988.
- BATISTA, G.T., SHIMABUKURO, Y.E., LAWRENCE, W.T., The long-term monitoring of vegetation cover in the Amazonian region of northern Brazil using NOAA-AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, 18, p.3195-3210, 1997.
- BJERKNES, J., 1969, Atmospheric teleconnections from the equatoria Pacific. **Montly Weather Review**, 97, 163-172.
- BREST, C. L., ROSSOW, W. B., ROITER, M. D., Update of radiance calibrations for ISCCP. **American Meteorology Society**, 14, p.1091-1105, 1997.
- DINIZ, F.DA., El Niño e sua influência no período de inverno de 1997 em algumas regiões do Brasil. **Bull .Inst. fr. études andines**, 27, p.771-778, 1998.
- GRIMM, A., BARROS, V.R., DOYLE, M.E., Climate variability in Southern South American associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, 13, p.35-58, 2000.
- GRIMM, A., FERRAZ, S.E.T., GOMES J., Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, 11, p.2863-2880, 1998.
- HASTENRATH, S., On modes of tropical circulation and climate anomalies. **Journal Atmos. Sci.**, 35, p.2222-2231, 1978.
- HASTENRATH, S., Dynamics of climatics hazards in notheast Brazil. **Quartely Journal of the Royal Meteorology society**, 103, p. 77-92, 1977.
- IBGE-IBDF (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal), – “Mapa de vegetação do Brasil”. Escala 1:5.000.000, 1988.
- KALNAY, E., KANAMITSU, M., KISTLER, R., COLLINS, W. DEAVEN, D., GANDIN, L., IREDELL, M., SAHA, S., WHITE, G., WOOLEN, J., ZHU, Y., CHELLIAH, M., EBISUZAKI, W; HIGGINS, W; JANOWIAK, J., MO, K.C., ROPELEWSKI, C., WANG, J., LEETMA, A., REYNOLDS, R., JENNE, R., JOSEPH, D., The NCEP/NCAR 40-years reanalysis project. **Bull. Amer. Meteorolo. Soc.**, 77, p.437-471, 1996.
- KOUSKY, V.E., KAGANO, M.T., CAVALCANTI, I.F.A., A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. **Tellus**, 36A, p.490-502, 1984.
- LOS, S.O., Estimation of the ratio of sensor degradation between NOAA AVHRR channels 1 and 2 from monthly NDVI composites. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 36, p.202-213, 1998.

- MARENGO, J.A, Interannual variability of surface climate in the Amazon basin. *Int. J. Climatology*, **12**, p.853-863, 1992.
- MORON V., BIGOT S. AND ROUCOU P., Rainfall variability in subequatorial America and Africa and relationships with the main sea-surface temperature modes (1951-1990). *Int. J. Climatology*, **15**, p.1297-1322, 1995.
- NOBRE, P., SHUKLA, J., Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America, *Journal of Climate*, **9**, p.2464-2479, 1996.
- PEZZI L.P. AND CAVALCANTI I.F.A., The relative importance of ENSO and the tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitations over South America: a numerical study. *Climate Dynamics*, **17**, p.205-212, 2001.
- ROSBOROUGH, G.W., BALDWIN, D.G., EMERY, W.J., Precise AVHRR image navigation, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **32**, p.644-657, 1994.
- SCHIFFER, R. A. AND ROSSOW, W. B., ISCCP, Global radiance data set: A new resource for climate research. *Bull.Amer.Meteor.Soc.*, **66**, 1498-1505, 1985.
- SELLERS, P.J., TUCKER, C.J., COLLATZ, G.J., LOS, S.O., JUSTICE, C.O. DAZLICH, D.A., RANDALL, D.A, A global 1° x 1° NDVI data set for climate studies. Part 2: The generation of global fields of terrestrial biophysical parameters from the NDVI, *International Journal of Remote Sensing*, **15**, p.3519-3545, 1994.
- SERVAIN, J., Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications. *J. Geophys. Res.*, **96**, p.15137-15146, 1991.
- SOUZA, E.B., KAYANO, M.T., TOTA, J., PEZZI, L., FISCH, G., NOBRE C.. On the influence of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. *Acta Amazonia*, **30**, p.305-319, 2000.
- TRENBERTH, K.E., The definition of El Niño, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, p.78, 2771-2777, 1997.
- UVO, C.B., REPELLI C.A., ZEBIAK S.E., KUSHNIR Y.: The relationships between tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil monthly precipitation. *Journal of Climate*, **11**, p.551-562, 1998.
- VERMOTE, E. F., KAUFMAN, Y.J., Absolute calibration of AVHRR visible and near-infrared channels using ocean and cloud views, *International Journal of Remote Sensing*, **16**, p.2317-2340, 1995.
- VERMOTE, E.E., EL SALEOUS, N.Z., Stratospheric aerosol perturbing effect on remote sensing of vegetation: Operational method for the correction of AVHRR composite NDVI, *SPIE Atmospheric Sens. and Modeling*, **23**, p.19-29, 1994.
- WALISER, D;E., ZHOU, W., Removing satellite equatorial crossing time biases from the OLR and HRS datasets. *Journal of Climate*, **10**, p.2125-2146, 1997.