

A utilização da base de dados GIMSS de NDVI no âmbito da DSA

Juliana Soares Binder^{1,2}
Leonardo de Faria Peres¹
Renata Libonati do Santos^{1,3}

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal , 12630-000 Cachoeira Paulista – SP, Brasil
julianabinder@yahoo.de
{leonardo.peres, renata.libonati}@cptec.inpe.br

² Universidade Federal de Itajubá, Unifei
Caixa Postal 50 – 37500-903 Itajubá – MG, Brasil

³ Instituto Dom Luiz, IDL/CGUL
Campo Grande, Ed. C8, 1749-016, Lisboa, Portugal

Abstract. The Satellite and Environmental Systems Division (DSA) of National Space Research Institute (INPE) offers different Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) products based on the Global Inventory Modeling and Mapping Systems (GIMMS) data sets providing 25-year satellite record of information on terrestrial vegetation. The developed products in the framework of DSA include 15 day and monthly NDVI composites based on the maximum value composition method from July 1981 to December 2006. In addition, a NDVI mean, maximum and minimum climatology for South America were also developed together with NDVI anomalies for the whole period. The above mentioned NDVI products are currently available, including binary files and figures, through the DSA website: <http://satelite.cptec.inpe.br>. In order to show some of the applications and also the consistency of the products presented in the present work, the NDVI anomaly dataset were used as an indicator of non-seasonal climatic events. Accordingly, the anomalies were correlated with the effects of El Niño Southern Oscillation events occurred in 1982/83, 1990/93 and 1997/98 over the South America. The obtained results confirm the data consistency and show the potential of the developed NDVI anomaly as an indicator of interannual weather and climate variability.

Palavras-chave: NDVI, GIMMS, DSA, Climatologia, Anomalia, El Niño.

1. Introdução

A Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) tem como missão realizar pesquisas científicas na área de meteorologia por satélite, desenvolvendo métodos de estimativa de parâmetros atmosféricos e de superfície que permitam gerar informações de utilidade pública com caráter operacional para serem utilizadas especialmente no monitoramento de tempo e do clima e assimiladas em modelos de previsão numérica de tempo. As atividades da DSA englobam ainda práticas operacionais de recepção, processamento, disseminação e arquivamento de imagens e produtos derivados, além de variáveis ambientais coletados por plataformas automáticas de coleta de dados.

Dentre os diferentes produtos atualmente gerados e disseminados de forma operacional pela DSA, relacionados com tempo, radiação na atmosfera, atmosfera e superfície continental, e oceano (<http://satelite.cptec.inpe.br>), destaca-se o Índice por Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) devido ao seu papel importante no estudo e entendimento da distribuição dos tipos de vegetação ao redor do globo, assim como de suas propriedades biofísicas e estruturais, e variações temporais e espaciais. Dados de NDVI possibilitam monitorar, quantificar e investigar mudanças de grande escala na vegetação em resposta a fenômenos climáticos naturais (*e.g.*, El Niño) e às ações antrópicas. Adicionalmente, diferentes estudos (Rebello, 1997, Liu et al., 1994, NASA, 2008, GLCF,

2007) mostraram que o NDVI é capaz de identificar variações na vegetação decorrentes das diferentes estações do ano, de fenômenos meteorológicos (*e.g.*, geada) e ações antrópicas (*e.g.*, agricultura), e representar a duração do ciclo de crescimento da vegetação, e os períodos de máximo desenvolvimento vegetativo, senescência e ressecamento de folhas. Como resultado, informações de NDVI têm sido largamente utilizadas em diferentes estudos: 1) modelagens biogeoquímicas, climáticas e hidrológicas; 2) taxa de produtividade primária e balanço de carbono; 3) detecção de alterações climáticas; 4) atividades agrícolas; 5) estudos de secas; 6) uso do solo e resultados da mudança no uso do solo; 7) problemas de saúde pública.

Atualmente, a DSA gera dois produtos de NDVI de maneira operacional, que correspondem a composições quinzenais e mensais, o primeiro com base nos dados do radiômetro Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager (SEVIRI) a bordo do satélite geoestacionário Meteosat de Segunda Geração (MSG) operado pela European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT) e o segundo com base nos dados colhidos pelo radiômetro Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) a bordo do satélite polar NOAA-18 da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). No caso do MSG/SEVIRI utilizam-se os canais VIS0.6 e VIS0.8 numa grade regular de latitude e longitude de $0,04^\circ$. Entretanto, devido a posição orbital do MSG em 0° , este produto não cobre toda a América do Sul. Por outro lado, o produto NDVI calculado com os canais 1 e 2 do AVHRR a bordo do satélite NOAA-18, possuem resolução espacial de $0,01 \times 0,01^\circ$ e tem a vantagem de cobrir toda a América do Sul. Entretanto, ambos os produtos possuem uma curta série histórica; o produto com base nos dados do MSG teve início somente em 2008 e do NOAA-18 em 2007, impossibilitando estudos climatológicos.

Visando fornecer aos usuários uma série de dados útil para estudos climáticos, a DSA disponibilizou de forma operacional a base de dados Global Inventory Modeling and Mapping Systems (GIMMS) de NDVI, que engloba informações sobre a vegetação para um período de 25 anos. Os dados originais fornecidos pelo Global Land Cover Facility (GLCF) consistem em composições quinzenais de NDVI para a América do Sul, de julho de 1981 a dezembro de 2006 (Pinzon et al., 2005; Tucker et al., 2005). Adicionalmente, a DSA desenvolveu novos produtos a partir dos dados GIMMS, como composições mensais para o período de 25 anos de dados, o que permitiu posteriormente a criação de uma climatologia de NDVI médio, máximo e mínimo para a América do Sul e o cálculo de anomalias de NDVI para todo o período de dados. É importante ressaltar que a criação de uma climatologia de NDVI para a América do Sul possibilitará computar de forma operacional anomalias mensais de NDVI para os dados do MSG e NOAA-18.

O objetivo principal do trabalho é descrever os novos produtos de NDVI desenvolvidos no âmbito da DSA gerados com base nos dados GIMMS. Com o intuito de demonstrar a aplicação do produto NDVI/GIMMS da DSA, as anomalias deste índice para América do Sul foram relacionadas aos eventos El Niño de 1982/83, 1990/1993 e 1997/98. Todos os eventos escolhidos foram bem caracterizados e classificados como fortes, e o primeiro em particular ocasionou uma intensa seca no norte da região nordeste e enchentes na região sul do Brasil (Rebello, 1997).

2. Metodologia de Trabalho

O conjunto original de dados consiste em composições quinzenais de NDVI processadas pelo Projeto GIMMS e fornecidas pelo GLFC e são referentes ao período de julho de 1981 a dezembro de 2006. O produto disponibilizado pela DSA refere-se à América do Sul com uma resolução espacial de 8 km na Projeção Cônica Albers de Igual Área. As composições foram obtidas a partir da reflectância medida pelos canais 1 ($0,6 \mu\text{m}$) e 2 ($0,8 \mu\text{m}$) do radiômetro

AVHRR a bordo dos satélites polares da NOAA da série 7, 9, 11, 14, 16 e 17. O período de dados referente a cada um dos satélites NOAA é apresentado na Tabela 1

Tabela 1: Período de coleta de dados de cada satélite da série NOAA.

Satélite	Período
NOAA-7	07/1981 a 02/1985
NOAA-9	02/1985 a 11/1988 e 07/1994 a 01/1995
NOAA-11	11/1988 a 09/1994
NOAA-14	02/1995 a 10/2000
NOAA-16	11/2000 a 06/2003
NOAA-17	07/2003 a 12/2006

Fonte: GLCF, 2007

Vale ressaltar que as seguintes correções foram aplicadas com o objetivo de garantir a qualidade dos dados: 1) degradação residual do sensor e diferença entre calibração dos sensores; 2) cobertura de nuvens; 3) efeitos de ângulo solar zenital e ângulo de visão do satélite; 4) aerossóis vulcânicos e 5) influências no sinal devido a pixels parcialmente contaminados com nuvens e vapor d'água. Os dados originais estão no formato binário em inteiros de 16 bits e com valores que indicam corpos de água, dado faltoso e contaminação por nuvem (GLCF, 2007). As composições quinzenais descritas acima são utilizados como dado de entrada para o desenvolvimento dos demais produtos descritos na secção 2.1.

2.1 Composições mensais, climatologia e anomalia de NDVI

Métodos de composição de imagens são geralmente utilizados em índices de vegetação com o intuito de minimizar os efeitos de contaminação atmosférica, de nuvens, aerossóis e da geometria de visão comuns em uma única imagem. Desta forma diversas imagens de uma mesma região num dado período são combinadas numa única a fim de que variações no valor do índice resultem realmente de mudanças sofridas pela vegetação (Holben, 1986).

O procedimento utilizado para gerar as composições mensais de NDVI a partir das composições de primeira e segunda quinzena de cada mês foi o método de composição de máximo valor (CMV). Vale ressaltar que o método escolhido é o mesmo utilizado pelo Projeto GIMMS para o cálculo das composições quinzenais e, portanto a consistência nos dados é mantida. O método CMV é aplicado pixel por pixel, onde cada valor de NDVI em uma imagem é examinando e o pixel com maior valor de NDVI ao longo da série temporal é selecionado para a composição final (Goward et al., 1994). No caso das composições mensais realizadas no âmbito da DSA, têm-se como dados de entrada as composições da primeira e segunda quinzena de NDVI de cada mês para a América do Sul. Destes dois arquivos, seleciona-se, pixel por pixel, aquele com o valor mais alto de NDVI e o pixel selecionado irá compor o arquivo de saída, isto é, a composição mensal. O emprego deste método é importante para eliminar pixels contaminados com nuvem, mesmo após a aplicação do procedimento de mascaramento de nuvens e também para mitigar os efeitos atmosféricos nos dados. De fato, como os valores de NDVI tendem a ser baixos para pixels contaminados com nuvem e pela atmosfera, a técnica CMV acaba por selecionar o pixel com menor contaminação. Além disto, como a influência atmosférica e a cobertura residual de nuvens aumentam com o comprimento do caminho óptico, o critério do máximo valor de NDVI tende a selecionar pixels correspondentes a um ângulo de visão próximo ao nadir e ao menor ângulo zenital solar. Desta maneira, padroniza, dentro de certos limites, o grau de variação da geometria sol-superfície-sensor dentro de um ciclo de composição (Holben 1986).

A partir das composições mensais descritas acima, uma climatologia de NDVI médio, máximo e mínimo foi gerada para o continente Sul Americano. O desenvolvimento da climatologia de NDVI permite estabelecer a condição normal ou típica da vegetação e a sua variabilidade numa dada região e época do ano, o que possibilita posteriormente verificar eventuais variações sazonais e interanuais.

A climatologia de NDVI médio em conjunto com as composições mensais permite o cálculo de anomalias ou variações interanuais de NDVI. No presente trabalho, as anomalias foram calculadas a partir da diferença entre os valores de NDVI da composição mensal de um dado mês num dado ano e os valores da climatologia de NDVI médio para este mesmo mês.

3. Resultados e discussão

Mapas de composição mensal de NDVI para a América do Sul foram gerados para cada mês desde julho de 1981 a dezembro de 2006, totalizando 306 arquivos binários e 306 imagens correspondentes no formato jpeg, ambos disponibilizados no sítio da DSA.

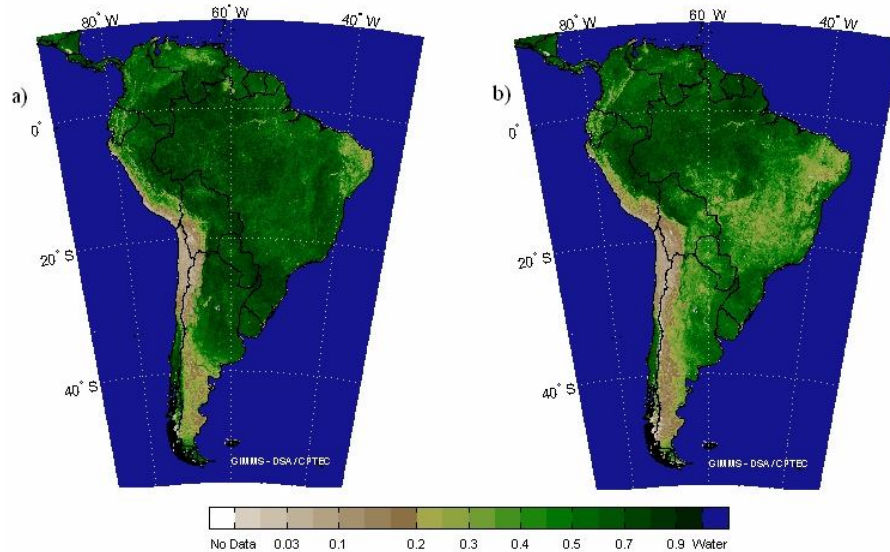


Figura 1: Composição mensal de NDVI para a América do Sul para janeiro (a) e setembro (b) de 2003.

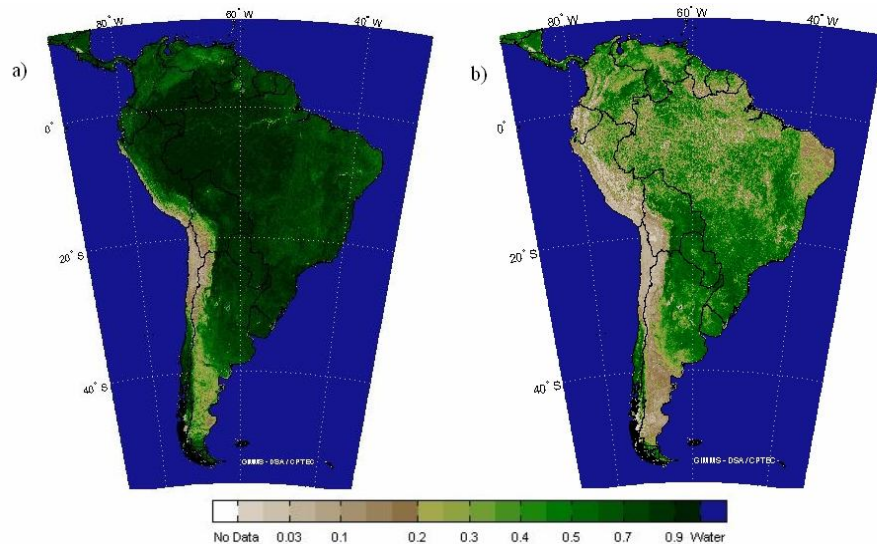


Figura 2: Climatologia de NDVI máximo (a) e mínimo (b) para janeiro.

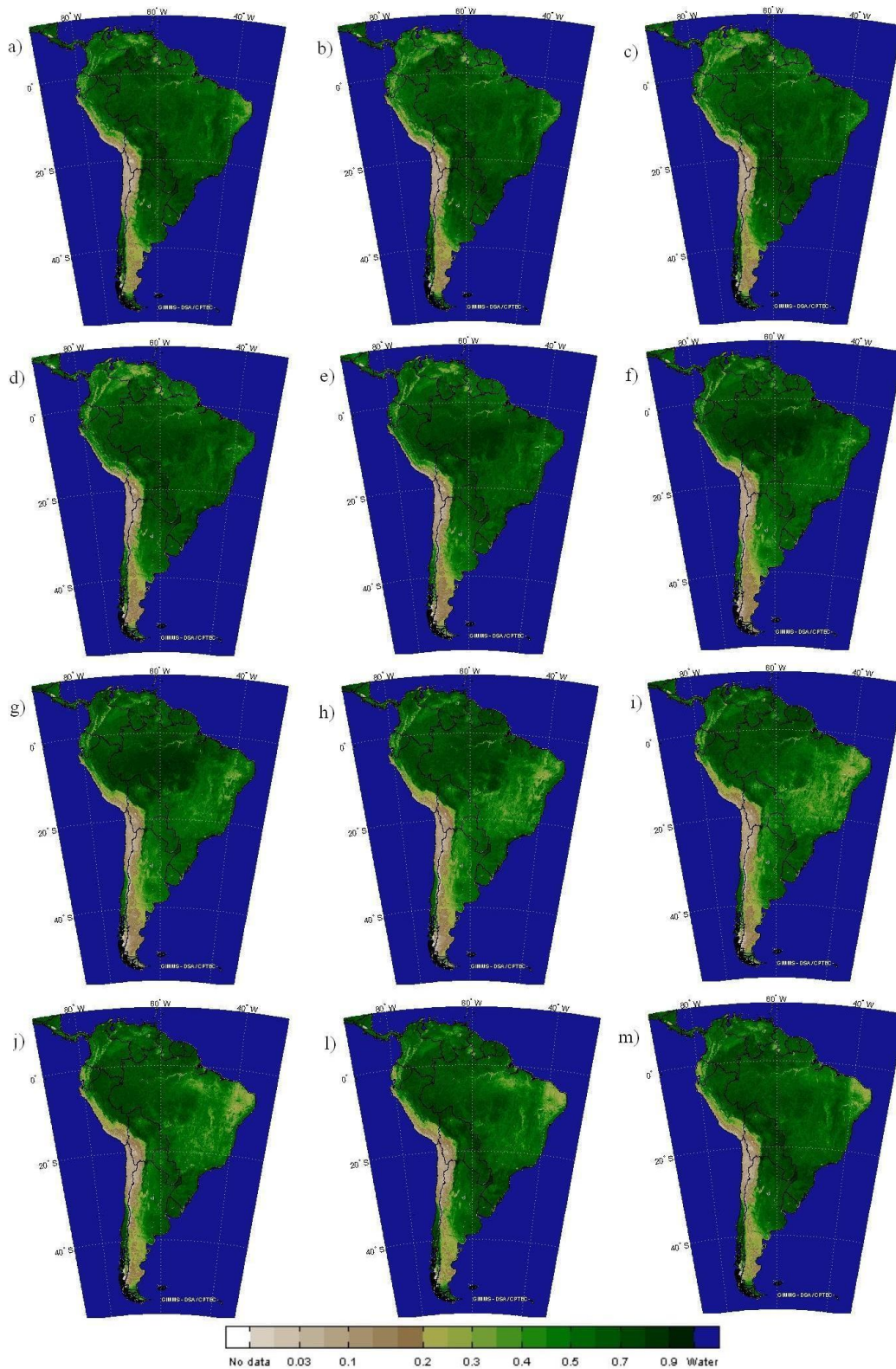


Figura 3: Climatologia de NDVI médio para janeiro (a), fevereiro (b), março (c), abril (d), maio (e), junho (f), julho (g), agosto (h), setembro (i), outubro (j), novembro (l), dezembro (m).

A Figura 1 mostra um exemplo de composição mensal de NDVI disseminada no sítio da DSA para os meses de janeiro e setembro de 2003, onde em geral observam-se valores mais altos de NDVI para o mês de janeiro (correspondente à estação chuvosa) em comparação com o mês de setembro. Esta diferença é mais marcante no centro-oeste do Brasil, onde o mês de setembro mostra a resposta da vegetação à estação seca que é bem definida nesta região (abril a setembro).

A Figura 2 apresenta a climatologia de NDVI máximo e mínimo para o mês de janeiro, através da qual, é possível notar a variabilidade de NDVI para um dado mês ao longo da série de dados. A Figura 3 ilustra mapas climatológicos de NDVI médio para todos os meses do ano, onde é possível observar a variação sazonal da vegetação.

Similar às composições mensais, dados de anomalia de NDVI para a América do Sul foram gerados para cada mês desde julho de 1981 a dezembro de 2006. Neste caso, a composição mensal de NDVI de um dado mês é subtraída da climatologia de NDVI médio (ver Figura 4). Valores negativos de anomalia de NDVI indicam que este índice num dado mês de um dado ano foi inferior à média de 25 anos, enquanto valores positivos de anomalia de NDVI indicam que este índice foi mais alto do que a climatologia. Os dados de anomalia de NDVI, uma vez que indicam a diferença entre a condição da vegetação de uma região num período em relação à média de uma série histórica, podem ser utilizadas como um indicador de variações climáticas interanuais.

3.1 Análise de Perturbações no Ciclo Sazonal da Vegetação

Clima e vegetação interagem em escalas temporal e espacial e uma clara manifestação de tal interação é a relação entre clima e o padrão global de distribuição da cobertura de vegetação. O clima é o fator que exerce a maior influência na distribuição da vegetação e suas características num contexto global (Prentice, 1990). Sabe-se que a água é um fator limitante para a vegetação e que durante o crescimento e desenvolvimento de plantas, a falta de água pode levar à “fome nutricional”, caracterizada pela baixa taxa de fotossíntese (Gonçalves, 1982). Desta maneira, valores baixos de NDVI são esperados tanto para períodos de estiagem como para situações em que não há água disponível no solo; enquanto espera-se que valores elevados de NDVI ocorram associados à estação chuvosa quando se dá o início do ciclo fenológico da vegetação. Neste período de desenvolvimento da vegetação as taxas fotossintéticas são altas. À medida que as chuvas vão diminuindo, durante os meses do ano, os valores de NDVI em geral decrescem em resposta ao estresse hídrico. Liu et al. (1994) observaram também, utilizando dados de satélite, que a cobertura da vegetação depende fortemente da variabilidade interanual da precipitação.

Neste contexto, para demonstrar a aplicação e consistência dos produtos NDVI GIMMS desenvolvidos no âmbito da DSA, os dados de anomalia de NDVI para a América do Sul foram utilizados como um indicador de eventos climáticos não sazonais, relacionado-os a eventos climáticos El Niño Oscilação Sul (ENOS) que têm conseqüências no tempo e no clima em todo o planeta. São observadas mudanças da circulação da atmosfera nos níveis baixos e altos, determinando mudanças nos padrões de transporte de umidade e, portanto variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas (Oliveira, 2001). Os efeitos conhecidos do El Niño no Brasil são: diminuição da precipitação e secas na região Norte, secas severas na região Nordeste, precipitações abundantes na região Sul. Nos demais países da América do Sul, há redução da precipitação e vazão dos rios na Colômbia, aumento da precipitação e vazão dos rios no Equador e nordeste do Peru, secas no Altiplano Peru-Bolívia e aumento da precipitação de novembro a janeiro na Uruguai e nordeste Argentino (CPTEC/INPE, 2008).

No presente trabalho as anomalias de NDVI para América do Sul foram relacionadas em particular com os eventos ENSO de 1982/83, 1990/1993 e 1997/98 por serem bem

caracterizados e classificados como fortes. Foi realizada uma análise visual nos mapas de anomalia de NDVI para verificar os efeitos esperados na vegetação resultantes dos fenômenos ENSO de 1982/1983, 1990/1993 e 1996/1997. As Figuras 4a, 4b e 4c mostram mapas de anomalia respectivamente para dezembro de 1982, janeiro de 1992 e março de 1997, onde podem ser observadas fortes anomalias na vegetação sobre o continente sul americano correspondentes aos períodos de ENSO avaliados. Observam-se também no norte do Brasil, nas áreas indicadas por círculos em vermelho, valores negativos de anomalia NDVI, mostrando que os valores de NDVI para esta área estão abaixo dos valores médios de NDVI para esta mesma área neste mesmo período do ano. Nas regiões em destaque com círculos em azul, Uruguai e norte da Argentina, verificam-se valores positivos de anomalia de NDVI, apontando que os valores de NDVI foram mais altos do que a média de NDVI. Estas observações estão de acordo com o perfil típico de períodos de ENSO, onde a região Norte do Brasil, Floresta Amazônica, é acometida por secas severas e diminuição da vazão de rios. O estresse hídrico observado se reflete na vegetação como fator limitante para seu desenvolvimento ocasionando a redução das taxas fotossintéticas, o que explica os baixos valores de NDVI indicados nas figuras. Já o Uruguai e Sul do Brasil apresentaram valores positivos de anomalia de NDVI para os três períodos de ENOS, fato este explicado pelo aumento da precipitação nestas áreas. Neste caso, o desenvolvimento da vegetação não é limitado pela disponibilidade de água, resultando em taxas altas de fotossíntese, o que resulta por sua vez em valores elevados de NDVI.

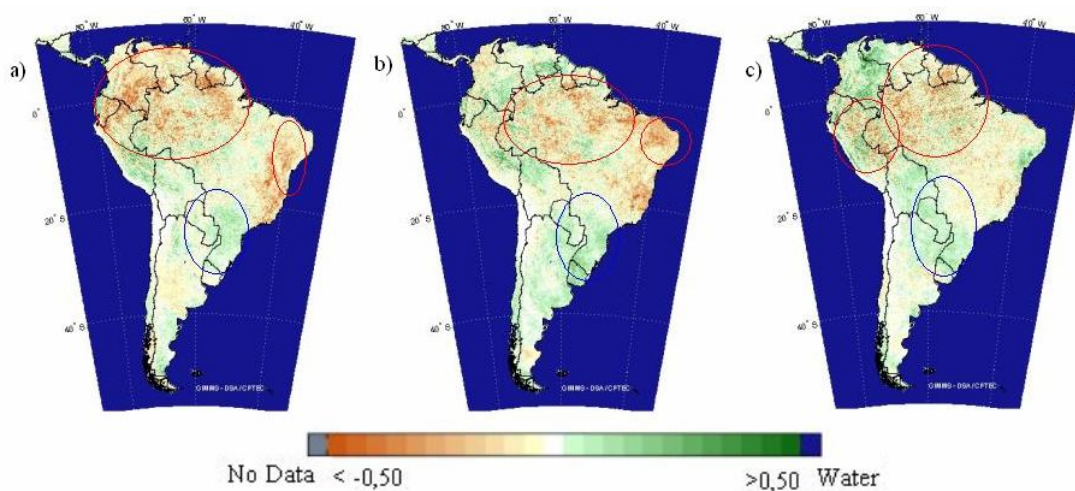


Figura 4: Anomalia de NDVI para América do Sul para dezembro de 1982 (a), janeiro de 1992 (b) e março de 1997 (c).

Todos os dados das composições quinzenais e mensais, e as anomalias de NDVI de julho de 1981 a dezembro de 2006 são atualmente disponibilizados no sítio da DSA (<http://satelite.cptec.inpe.br>) como imagens no formato jpeg, assim como as climatologias de NDVI médio, máximo e mínimo. Os arquivos binários dos dados são também oferecidos através de um simples processo de solicitação prévia via o atendimento ao usuário que é realizada neste mesmo sítio.

4. Conclusões

Este estudo apresenta recentes produtos de satélites oferecidos pela DSA/CPTEC/INPE a partir da base de dados GIMMS: composições quinzenais, mensais de NDVI, climatologia de NDVI médio, máximo e mínimo, anomalias de NDVI para América do Sul de julho de 1981 a

dezembro de 2006. Todos os produtos são atualmente disponibilizados de forma operacional aos usuários através do sítio da DSA (<http://satelite.cptec.inpe.br>).

Com o intuito de demonstrar a aplicação do produto NDVI/GIMMS da DSA, as anomalias deste índice para América do Sul foram relacionadas aos eventos ENOS de 1982/83, 1990/1993 e 1997/98. Os resultados encontrados concordam com os efeitos conhecidos do El Niño no Brasil como diminuição da precipitação e secas na região Norte e Nordeste e precipitações abundantes na região Sul, e nos demais países da América do Sul, redução da precipitação e vazão dos rios na Colômbia, aumento da precipitação e vazão dos rios no Equador e nordeste do Peru, secas no Altiplano Peru-Bolívia e aumento da precipitação de novembro a janeiro na Uruguai e nordeste Argentino.

Os resultados sugerem que o NDVI pode ser usado como parâmetro indicativo da sazonalidade climática refletida na vegetação e como indicador de eventos climáticos anômalos como ENOS.

Agradecimentos

À University of Maryland Global Land Cover Facility Data Distribution por disponibilizar a base de dados NDVI/GIMMS em binário de forma gratuita e por permitir a distribuição da mesma no âmbito da DSA/CPTEC/INPE.

Referências Bibliográficas

- Earth Observatory Measuring Vegetation (NDVI & EVI). Disponível em <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_3.php> acesso em: 09 out. 2008.
- El Niño Oscilação Sul (ENOS). Disponível em <<http://enos.cptec.inpe.br/>> acesso em: 09 out. 2008.
- GIMMS documentation NDVI GLCF. Disponível em <<http://www.landcover.org>> acesso em: 11 ago. 2008.
- Gonçalves, A. N. Fatores Limitantes para o Crescimento e Desenvolvimento de Árvores em Regiões Áridas e Semi-Áridas do Nordeste Brasileiro **Série Técnica IPFF**, vol. 3, n. 10, p. 99-105, 1982.
- Goward, S. N.; Turner, S.; Dye, D. G.; Liang, S. The University of Maryland improved Global Vegetation Index data set for terrestrial monitoring **Remote Sensing**, vol 7, 1994.
- Holben, B.N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data **International Journal of Remote Sensing**, vol. 3, n. 10, p. 1417-1434, 1986.
- Liu, W. T. H; Massambani, O.; Nobre, C. Satellite Vegetation response to drought in Brazil **International Journal Climatology**, vol. 14, p. 343-354, 1994.
- Oliveira, G. S. **El Niño e você o fenômeno climático**. São José dos Campos: Ed. Transtec, 2001.
- Pinzon, J., Brown, M.E. and Tucker, C.J. Satellite time series correction of orbital drift artifacts using empirical mode decomposition. In: N. Huang (Org.), Hilbert-Huang Transform: **Introduction and Applications**, 2005, p. 167-186.
- Prentice, K. C. Bioclimatic distribution of vegetation for general circulation model **Journal of Geophysical Research**, vol. 95, n. 11, p. 811 – 830, 1990.
- Rebello, E. **Anomalias climáticas e seus impactos no Brasil durante o evento "El Niño" de 1982-83 e previsão para o evento "El Niño" de 1997-98**, Instituto Nacional de Meteorologia, 1997.
- Tucker, C.J., Pinzon, J.E., Brown, M.E., Slayback, D., Pak, E.W., Mahoney, R., Vermote, E. and Saleous, N. An Extended AVHRR 8-km NDVI Data Set Compatible with MODIS and SPOT Vegetation NDVI Data. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 26, n.20, p. 4485-4498, 2005.