

---

## ANÁLISE DA DINÂMICA SAZONAL DE FITOFISIONOMIAS DE FLORESTA ESTACIONAL DECÍDUA E FLORESTA OMBRÓFILA MISTA COM BASE EM ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NDVI-EVI/MODIS

ELÓI LENNON DALLA NORA<sup>1</sup>  
FABIO FERNANDES DA SILVA<sup>2</sup>  
DENISE ZANATTA MARTINI<sup>3</sup>

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE<sup>1,2</sup>  
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI<sup>3</sup>  
Centro de Ciência do Sistema Terrestre<sup>1</sup>  
Divisão de Sensoriamento Remoto<sup>2</sup>  
Departamento de Ciências Biológicas<sup>3</sup>  
eloι.dallanora@igbp.inpe.br, fsilva@dsr.inpe.br, denisemartini@fw.uri.br

---

**RESUMO** – Composições de 16 dias de índices de vegetação do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), com resolução espacial de 250 metros, a bordo do satélite TERRA, foram utilizadas para caracterizar a dinâmica sazonal no período de 2008 de duas fitofisionomias do bioma Mata Atlântica e analisar a sua dinâmica espectral. Os índices *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e *Enhanced Vegetation Index* (EVI), calculados a partir dos dados do sensor MODIS e uma base comum de pixels, foram comparados entre si e com uma base de dados de ordem climática (temperatura e precipitação), para cada fitofisionomia. Os resultados indicaram que os fragmentos de floresta estacional decídua e floresta ombrófila mista apresentam um padrão sazonal comum, porém, com variações de amplitude em relação a cada índice. O EVI apresentou-se mais sensível as variações anuais da vegetação em relação ao NDVI, demonstrando-se mais eficiente. Para ambas as formações florestais se estabeleceu uma correlação positiva entre o perfil EVI e NDVI com as variações de temperatura. A dinâmica espectral/temporal revelou um contraste marcante sob condições sazonais distintas convergindo com o padrão apresentado pelos índices de vegetação. Os dados produzidos indicam potencialidades da utilização do sensor MODIS no monitoramento contínuo de formações florestais.

**ABSTRACT** – Moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS) 16-day vegetation index composites with 250 meters of spatial resolution from TERRA satellites were used to characterize the seasonal dynamics in the period of 2008 of two physiognomies of Atlantic Forest biome and to analyze its spectral dynamics. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI), calculated from the data of MODIS sensor and a common base of pixels, were compared between themselves and with a climatic database (temperature and precipitation), for each physiognomy. The results showed that the fragments of seasonal deciduous forest and mixed rain forest present a common seasonal pattern, however, with variations of amplitude in relation to each index. The EVI was more sensible and hence more efficient to annual variations of the vegetation compared to the NDVI. For both forest formations a positive correlation between profile EVI and NDVI with variations of temperature was established. The spectral/temporal dynamic showed a marked contrast under distinct seasonal conditions converging with the pattern presented for the vegetation indices. The produced data indicate potentialities of the use of MODIS sensor for the continuous monitoring of the forest formations.

---

### 1 INTRODUÇÃO

O conhecimento da dinâmica temporal da vegetação revela padrões, processos e mecanismos, os quais podem ser usados para realizar previsões e orientar estratégias de proteção e conservação dos recursos

florestais. Entretanto, os métodos propostos para este tipo de abordagem se diversificam tanto no procedimento técnico empregado como na área de concentração tornando-os não operacionais. Contudo, a velocidade de supressão dos remanescentes florestais em decorrência do desenvolvimento econômico exige a utilização de

métodos capazes de produzir diagnósticos precisos a respeito da condição dos recursos florestais e capazes de subsidiar planos imediatos de conservação.

Atualmente diversas instituições públicas e privadas têm dedicado esforços voltados ao monitoramento do bioma Mata Atlântica e seus ecossistemas associados. Estas pesquisas visam, em grande parte, avaliar a riqueza de espécies, as relações ecológicas entre populações e comunidades, além dos padrões intrínsecos de cada ecossistema visando conhecer e compreender a diversidade biológica deste bioma. Informações desta ordem são imprescindíveis e fundamentais, entretanto, onerosas, pois demandam tempo e nem sempre podem ser disponibilizadas em tempo hábil para áreas de grande extensão.

Neste contexto, as técnicas de sensoriamento remoto apresentam grande potencial ao mapeamento e avaliação das condições estruturais dos recursos florestais, além do monitoramento dos ciclos anuais da vegetação (Ponzoni e Shimabukuro, 2007). Esta abordagem, subsidiada por fontes de dados de ordem orbital, vem apresentando grandes avanços tanto na metodologia de análise quanto na tecnologia empregada. Os sensores remotos orbitais atualmente disponíveis apresentam características capazes de fornecer parâmetros precisos e monitorar continuamente os recursos florestais.

Em função de sua alta resolução temporal, o sensor MODIS a bordo dos satélites TERRA e AQUA tem se revelado como uma ferramenta ideal para o monitoramento da vegetação. Segundo Huete et al. (2002), as composições de 16 dias contendo os índices de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e EVI (*Enhanced Vegetation Index*) apresentam grande potencial para monitorar padrões temporais e espaciais da atividade fotossintética, incluindo a avaliação de aspectos fenológicos e a detecção de mudanças.

Este sensor foi projetado para fornecer uma série de observações globais da superfície terrestre, dos oceanos e da atmosfera. Apresenta uma alta resolução radiométrica (12 bits) em 36 bandas espectrais e produz imagens em uma superfície de 2.330 km que lhe confere uma resolução temporal de um a dois dias (Ponzoni e Shimabukuro, 2007). Já os índices de vegetação configuram-se em combinações de dois ou mais comprimentos de onda capazes de realçar as propriedades da vegetação. Estes índices têm sido empregados na avaliação dos aspectos sazonais de formações florestais distintas em estudos regionais e globais (França e Setzer, 1998; Gurgel e Ferreira, 2003; Dessay et al., 2004; Ferreira e Huete, 2004; Sano et al., 2005; Liesenberg et al., 2007).

Nesta perspectiva, o presente trabalho teve por objetivo analisar a dinâmica sazonal de duas fitofisionomias do bioma Mata Atlântica (floresta estacional decídua e floresta ombrófila mista) com base nos índices de vegetação NDVI e EVI obtidos a parti do sensor MODIS. Avaliar o comportamento espectral de cada fitofisionomia sob condições sazonais extremas, suas correlações com variáveis climáticas locais e analisar a

capacidade dos dados do sensor MODIS no monitoramento contínuo de formações florestais de distribuição sulina.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

As áreas de estudo (figura 1) representam duas unidades de conservação legalmente protegidas localizadas na região norte do Estado do Rio Grande do Sul (Parque Estadual do Turvo - PET) e na região meio-oeste do Estado de Santa Catarina (Parque Nacional das Araucárias - PNA). As unidades de conservação constituem uns dos últimos remanescentes florestais primários de floresta estacional decídua (PET) e floresta ombrófila mista (PNA) de grande porte localizados na região sul do Brasil.

O Parque Estadual do Turvo situa-se entre as coordenadas 27°07' a 27°16' de latitude sul e 53°48' a 54°04' de longitude oeste a norte do Estado do Rio Grande do Sul no município de Derrubadas. Localizado junto ao rio Uruguai, faz divisa com o Estado de Santa Catarina e a província argentina de Misiones. Trata-se de uma unidade de conservação de proteção integral, que não abriga populações tradicionais, com aproximadamente 17.491,4 hectares de extensão composta por floresta estacional decídua.

A unidade de conservação apresenta relevo acidentado com altitudes variando entre 100 e 400 metros, nascentes de vários arroios e cachoeiras longitudinais ao Rio Uruguai em decorrência de seu leito rochoso. Segundo a classificação de Köppen (1948), o Parque Estadual do Turvo enquadra-se no tipo climático Cfa, denominado subtropical ou virginiano que corresponde às regiões onde as temperaturas médias do mês mais quente são superiores a 22° C e no mês mais frio a temperatura oscila entre -3° C a 18° C.

O Parque Nacional das Araucárias, criado através de decreto federal em outubro de 2005, está situado nos municípios de Ponte Serrada e Passos Maia no meio-oeste do Estado de Santa Catarina entre as coordenadas 26°39' e 26°52' de latitude sul e 52°01' e 51°46' de longitude oeste, abrangendo uma área contínua de 12.841 hectares. Nessa área são encontradas espécies características da Floresta Ombrófila Mista, a floresta com araucárias e muitas delas fazem parte da lista oficial de espécies ameaçadas de extinção.

O Parque Nacional das Araucárias apresenta um relevo irregular com uma variação altimétrica situada em torno de 550 metros a cima do nível do mar e declividade que varia desde terrenos planos e ondulados até montanhosos e escarpados. Situa-se dentro da formação Serra Geral pertencendo ao grupo geológico São Bento, sendo constituído basicamente por rochas vulcânicas e solos classificados como terra roxa estruturada. O clima na região segundo Köppen (1948) classifica-se como temperado frio, apresentando uma temperatura média anual de 18,9° C.

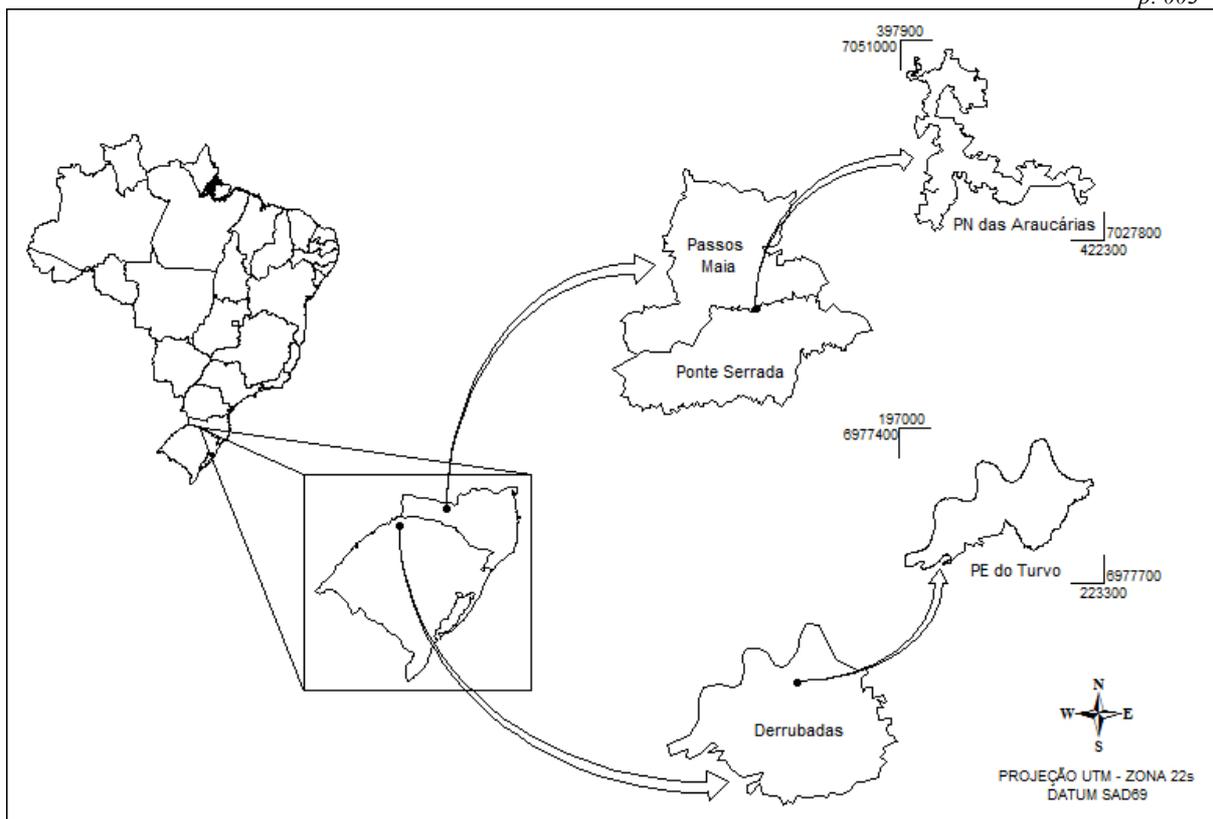


Figura 1 – Distribuição geográfica das áreas de estudo.

### 2.1 Aquisição e análise dos dados MODIS/TERRA

Para a realização do trabalho foi utilizado um banco de dados contendo 23 datas dos produtos MOD13Q1 (MODIS/TERRA) correspondentes ao ano de 2008. Os dados incluem os índices de vegetação NDVI e EVI com 250 metros de resolução espacial, quatro bandas espectrais radiometricamente calibradas, georeferenciadas e espacialmente co-registradas entre si: azul (459-479 nm), vermelho (620-670 nm) infravermelho próximo (841-876 nm) e infravermelho de ondas curtas (2105-2155 nm) e informações da geometria de aquisição dos dados.

O algoritmo utilizado para gerar o produto MOD13 opera pixel-a-pixel e requer múltiplas observações (16 dias) do produto reflectância de superfície (Fator de Reflectância Bidirecional – MOD09/TERRA) como dado de entrada para gerar os índices NDVI e EVI (O produto MOD09 já é corrigido dos efeitos atmosféricos). Uma vez que todos os dados do período de 16 dias são coletados, o algoritmo aplica um filtro nos dados com base na qualidade, ou seja, cobertura de nuvens e geometria de visada (Huete et al., 1999).

Um conjunto comum de 10 pixels para cada formação florestal foi considerado para cada uma das composições de 16 dias do sensor MODIS para cada índice de vegetação durante o ano de 2008. A seleção do conjunto comum de 10 pixels de cada fitofisionomia foi baseada na análise de mapas de vegetação (IBGE, 2004) e dados obtidos a partir de campanhas de campo em cada unidade de conservação. Os valores médios dos índices

NDVI e EVI foram extraídos e plotados em função de 23 datas julianas de aquisição. Cada data juliana utilizada corresponde ao período médio da composição de 16 dias. Perfis espectrais elaborados a partir de dados do sensor TM/Landsat-5 de diferentes datas e representando condições extremas de sazonalidade também foram plotados em função do comprimento de onda.

Em relação aos índices de vegetação utilizados, o NDVI fundamenta-se no comportamento antagônico da reflectância da vegetação nas regiões espectrais do vermelho e infravermelho próximo. Em princípio, quanto maior for a densidade da cobertura vegetal, menor será a reflectância na região do vermelho devido à maior oferta de pigmentos fotossintetizantes. Por outro lado, maior será a reflectância verificada na região do infravermelho próximo devido ao espalhamento múltiplo da radiação eletromagnética nas diferentes camadas de folhas (Rouse et al., 1973, Ponzoni e Shimabukuro, 2007). Desta forma, a razão de bandas consegue realçar a diferença do comportamento espectral dos alvos nestas regiões do espectro eletromagnético. A normalização é feita através da equação 1.

$$NDVI = (\rho_{IVP} - \rho_V) / (\rho_{IVP} + \rho_V) \tag{1}$$

Onde:  $\rho_{IVP}$  - Fator de reflectância bidirecional na região do infravermelho próximo;

$\rho_V$  - Fator de reflectância bidirecional na região do vermelho;

O EVI foi desenvolvido para otimizar a resposta da vegetação verde melhorando a sensibilidade para as variações estruturais e arquitetônicas do dossel de fitofisionomias com maior densidade de biomassa em relação ao NDVI e reduzindo as influências atmosféricas e influência do solo (Huete et al., 2002). O EVI pode ser obtido a partir da equação 2.

$$EVI = (NIR - R) / (L + NIR + C1R - C2B) \quad (2)$$

Onde: L é o fator de ajuste para o solo; G é o fator de ganho e C1 e C2 são coeficientes de ajuste para efeito de aerossóis da atmosfera. Os valores dos coeficientes adotados pelo algoritmo do EVI são: L=1, C1=6, C2=7,5 e G=2,5 (Ponzoni e Shimabukuro, 2007; Huete et al., 1997; Justice et al., 1998).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A dinâmica sazonal exibida pelas formações florestais em análise converge para um padrão anual comum. Entretanto, diferenças significativas se estabelecem tanto entre os índices de vegetação como entre as fitofisionomias (figura 2). O NDVI, de forma geral, apresentou valores superiores aos exibidos pelo EVI e com menor variabilidade, revelando-se menos sensível as variações estruturais de dossel. Já o EVI exibiu um perfil temporal mais dinâmico e capaz de realçar as diferenças fenológicas inerentes a cada formação florestal.

Os padrões observados nas figuras 2a e 2b têm sido registrados na bibliografia como um padrão típico de florestas sulinas (Gurgel et al., 2003). As diferenças entre índices, obtidos a partir de fragmentos comuns, estão associadas principalmente as suas formulações matemáticas distintas (Huete et al., 2002). Por outro lado, a característica decidual de cada fitofisionomia parece determinar a magnitude das variações sazonais entre os fragmentos.

Como pode ser observado, os índices de vegetação apresentam-se condizentes com o que preceitua a bibliografia no que tange a dinâmica sazonal de ambas as fitofisionomias (Leite, 2002; Oliveira Filho et al., 2006; Veloso et al., 1991). Segundo estes autores, na floresta estacional decídua (figura 2a), a queda das folhas é mais intensa, está presente durante o ano todo e intensifica-se durante a estação do ano mais severa (inverno) quando mais de 50% dos indivíduos arbóreos perdem suas folhas. Já a floresta ombrófila mista (figura 2b) apresenta uma perenidade mais expressiva, onde a cobertura do dossel apresenta pouca ou nenhuma variação entre estações do ano.

Esta tendência corrobora com o perfil visualizado nos índices em relação às duas formações florestais. A característica decídua, de intensidade distinta, altera as relações de reflectância entre comprimentos de onda situados na região do vermelho (620 a 700 nm) e infravermelho próximo (700 a 1300 nm). Estas alterações

espectrais (Ponzoni e Shimabukuro, 2007; Huete et al., 1997) provocadas pela perda de biomassa vegetal em função de características físicas adversas determinam a amplitude das variações ilustradas nos índices de vegetação em relação a cada tipo fitofisionômico. Neste caso, o comportamento fenológico da vegetação apresenta estreita relação com sua dinâmica espectral, tornado possível seu monitoramento mediante o emprego dos índices.

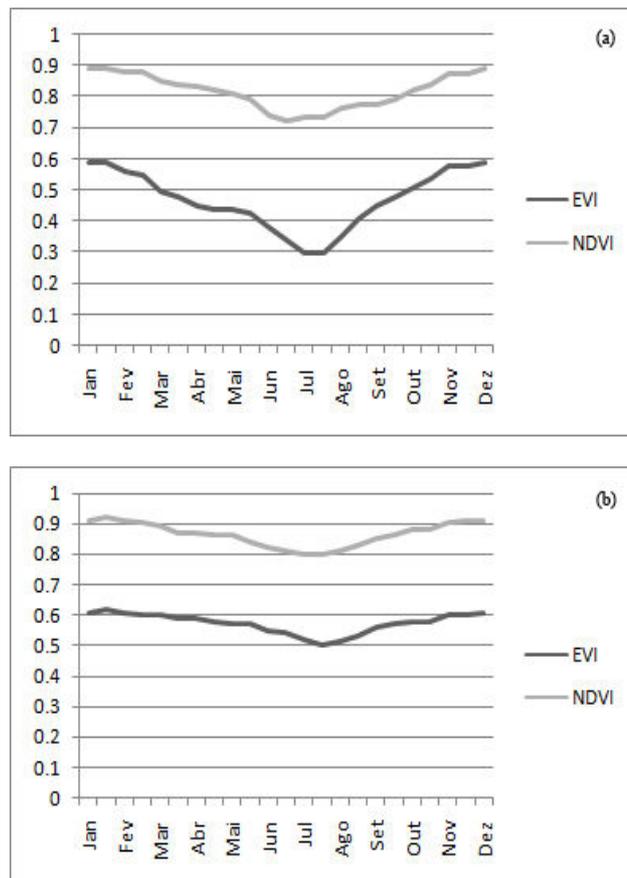


Figura 2 – Dinâmica sazonal do (a) NDVI e EVI para a floresta estacional decídua e (b) NDVI e EVI para a floresta ombrófila mista, obtidos a partir do sensor MODIS/TERRA.

Para ilustrar melhor esta relação, na figura 3 estão apresentados dois perfis espectrais de cada fitofisionomia. É possível observar que durante a estação mais favorável ao desenvolvimento vegetativo ocorre um contraste marcante entre a região do vermelho e infravermelho próximo. A maior disponibilidade de pigmentos fotossintetizantes absorve com maior intensidade a radiação na faixa do vermelho e uma forte reflectância é registrada na faixa do infravermelho próximo em decorrência da incapacidade dos estratos vegetativos em absorver ou transmitir este tipo de radiação (Ponzoni e Shimabukuro, 2007). Esta condição é o fator que determina os valores mais expressivos nos índices de vegetação durante os meses de novembro a fevereiro (figura 2).

Entretanto, durante a estação mais sevara observa-se que a floresta estacional decídua apresenta valores de reflectância substancialmente alterados. A perda de biomassa vegetal reduz a oferta de pigmentos fotossintetizantes e faz com que a reflectância na faixa do vermelho seja ligeiramente superior a observada na estação anterior. Conseqüentemente a radiação na faixa do infravermelho passa a ser refletida apenas parcialmente apresentando grandes reduções. Nesta condição, a amplitude de variação entre os comprimento de onda é reduzida e determina os valores mais baixos registrados pelos índices de vegetação durante os meses de junho a agosto.

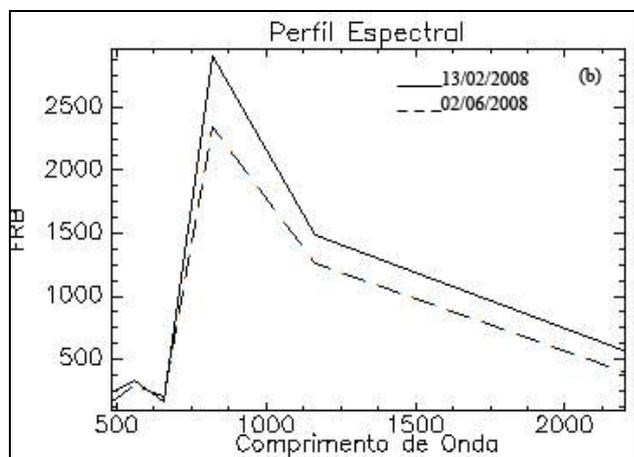
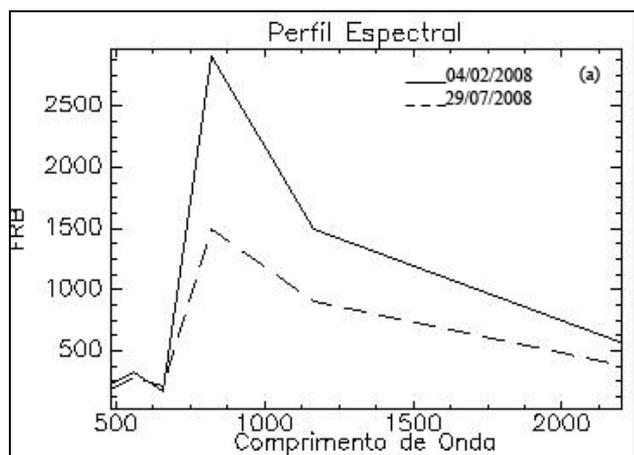


Figura 3 – Perfil espectral obtido a partir do sensor TM/Landsat-5 para (a) floresta estacional decidual (04/02/08 e 29/07/08) e (b) floresta ombrófila mista (13/02/08 e 02/06/08).

Entretanto, para a floresta ombrófila mista, em decorrência de sua característica perenifólia, a dinâmica sazonal descrita anteriormente é mais sutil e pode não estar associada exclusivamente a fenologia do fragmento. De acordo com alguns autores, esta diferença também poderia estar vinculada as variações de reflectância provenientes das condições de geometrias de visada e iluminação temporalmente distintas na aquisição dos dados pelo sensor MODIS (Galvão et al., 2009;

Liesenberg et al., 2007; Xavier e Galvão, 2005; Galvão et al., 2004). Segundo estes autores, para a floresta ombrófila mista, tipicamente perenifólia, variações sutis nos valores de FRB (fator de reflectância bidirecional) podem resultar do aumento do efeito de sombreamento decorrente da elevação solar e não do comportamento fenológico propriamente dito durante os meses de junho a agosto.

Nas figuras 4 e 5 em comparação com as figuras 2a e 2b é possível observar uma estreita relação entre a dinâmica sazonal da vegetação e as variações de temperatura. Na bibliografia, diversos autores têm associado o comportamento decíduo da vegetação às variações acentuadas de temperatura presentes na região sul do Brasil (Figueiredo Filho et al., 2005; Liebsch e Acra, 2004; Sonogo et al., 2007; Lee, 1989; Small e McCarthy, 2002). Já que na área de estudo, períodos de estiagem, tipicamente não ocorrem, mantendo valores médios anuais elevados nas taxas de precipitação pluviométrica.

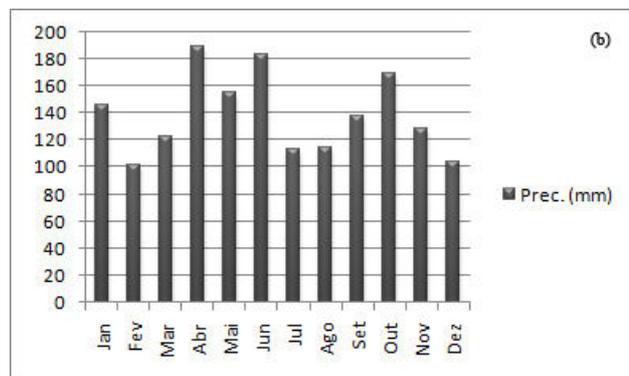
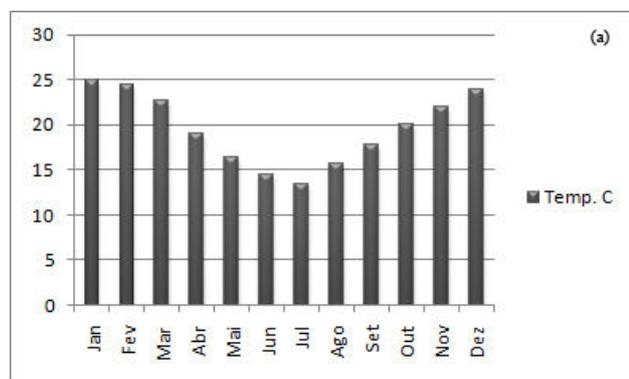


Figura 4 – Médias mensais históricas de trinta anos de (a) temperatura e (b) precipitação para o Parque Estadual do Turvo (FEPAGRO, 2009).

Esta correlação positiva estabelecida entre a dinâmica da vegetação e as variações de temperatura na determinação das variações fenológicas (especialmente no caso da floresta estacional decídua) converge com a dinâmica obtida pelos índices de vegetação. Evidencia-se que o mecanismo de interação entre o componente biótico e abiótico pode ser monitorado com sucesso através dos índices EVI e NDVI. Como descrito anteriormente, a característica decídua, decorrente das limitações térmicas

impostas às formações florestais, alteram a dinâmica espectral da vegetação e desta forma, a amplitude de variação dos índices.

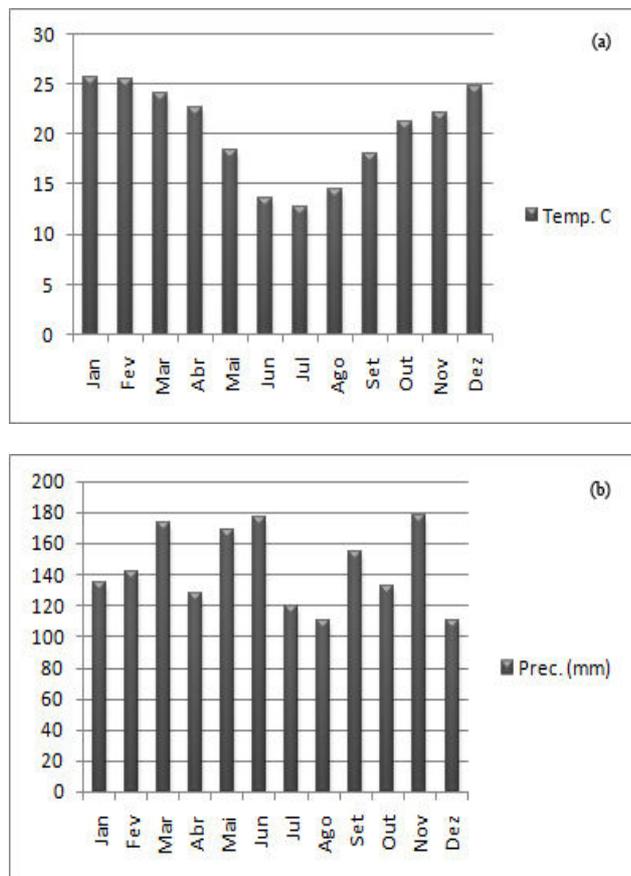


Figura 5 – Médias mensais históricas de trinta anos de (a) temperatura e (b) precipitação para o Parque Nacional das Araucárias (EPAGRI, 2009).

#### 4 CONCLUSÕES

1) Os índices de vegetação NDVI e EVI revelaram-se capazes de monitorar com eficiência as variações fenológicas da vegetação em decorrência de sua dinâmica espectral/temporal. A dinâmica observada mostra-se compatível com as características sazonais típicas preconizadas pela literatura a cada fitofisionomia avaliada.

2) Quando comparado com o NDVI, o EVI apresentou uma variabilidade anual maior revelando-se mais sensível a detecção de mudanças na arquitetura de dossel.

3) A dinâmica sazonal das formações florestais convergem com limitações climáticas impostas por sua distribuição geográfica estando amplamente correlacionadas as variações de temperatura.

4) A dinâmica espectral das fitofisionomias avaliadas revela forte redução da atividade fotossintética durante a estação mais rigorosa convergindo com as tendências

exibidas pelos índices de vegetação e as variações de temperatura.

5) Os dados produzidos indicam potencialidades da utilização dos dados do sensor MODIS/TERRA para o monitoramento sazonal contínuo das formações florestais sulinas com resolução espacial moderada e alta resolução temporal.

#### REFERÊNCIAS

DESSAY, N.; LAURENT, H.; MACHADO, L. A. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; BATISTA, G. T.; DIEDHIU, A.; RONCHAIL, J. Comparative study of the 1982-1983 and 1997-1998 El Niño events over different types of vegetation in South America. *International Journal of Remote Sensing*, v.25, n.20, p.4063-4077, 2004.

EPAGRI, Centro de informações de recursos ambientais e de hidrometeorologia do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <<http://ciram.epagri.rct-sc.br/portal/website/>>, Acesso em: 25 jun. 2009.

FERREIRA, L.G.; HUETE, A.R. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. *International Journal of Remote Sensing*, v.25, n.10, p.1837-1860, 2004.

FEPAGRO, Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. *Boletim meteorológico do Estado do Rio Grande do Sul*. Disponível em: <<http://www.fepagro.rs.gov.br>>, Acesso em: 01 jul. 2009.

FIGUEIREDO FILHO, A.; SERPE, E. L.; BECKER, M.; SANTOS, D. F. Produção estacional de serrapilheira em uma floresta ombrófila mista na floresta nacional de Irati (PR). *Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais*, Guarapuava, PR v.1 n.2 p. 257-269, 2005.

FRANÇA, H.; SETZER, A.W. AVHRR temporal analysis of a savanna site in Brazil. *International Journal of Remote Sensing*, v.19, n.10, p.3127-3140, 1998.

GALVÃO, L. S.; PONZONI, F. J.; EIPHANIO, J. C. N.; RUDORFF, B. F. T.; FORMAGGIO, A. R. Sun and view angle effects on NDVI determination of land cover types in the Brazilian Amazon region with hyperspectral data. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 25, n. 10, p.1861-1879, 2004.

GALVÃO, L. S.; PONZONI, F. J.; LIESENBERG, V.; SANTOS, J. R. Possibilities of discriminating tropical secondary succession in Amazonia using hyperspectral and multiangular CHRIS/PROBA data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 8, n. 14, p.8-14, 2009.

- GURGEL, H.C.; FERREIRA, N.J. Annual and interannual variability of NDVI in Brazil and its connections with climate. **International Journal of Remote Sensing**, v.24, n.18, p.3595-3609, 2003.
- GURGEL, H. C.; FERREIRA, N. J.; LUIZ, A. J. B. Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil, utilizando-se a análise de agrupamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.7, n.1, p.85-90, 2003.
- HUETE, A.R.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v.83, n.1-2, p.195-213, 2002.
- HUETE, A.R.; JUSTICE, C.; van LEEUWEN, W. MODIS vegetation Index (MOD13). 1999, 142p (Algorithm Theoretical Basis Document., v.3; NASA EOS Doc.). Disponível em [http://modis-land.gsfc.nasa.gov/pdfs/atbd\_mod13.pdf]. Acesso em: 01 jul. 2009.
- HUETE, A. R.; LIU, H. Q.; BATCHILY, K.; VAN LEEUWEN, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images. **Remote Sensing of Environment**, v.59, n.3, p.440-451, 1997.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro: 2004.
- JUSTICE, C.O.; VERMOTE, E.; TOWNSHEND, J. R. G.; DIFRIES, R.; ROY, D. P.; HALL, D. K.; SALOMONSON, V. V.; PRIVETTE, J. L.; RIGGS, G.; STRAHLER, A. The Moderate Resolution Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global research. **IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing**, v.36, n.4, p.1228-1249, 1998.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México. 479p, 1948.
- LEE, D.W. Canopy dynamics and light climates in a tropical moist decidual forest in India. **Journal of Tropical Ecology**, p.65-79, 1989.
- LEITE, P.F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. **Ciência & Ambiente**, p.51-73, 2002.
- LIEBSCH, D.; ACRA, L. A. Riqueza de espécies de sub-bosque de um fragmento de floresta ombrófila mista em Tijucas do sul, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p.67-76, 2004.
- LIESENBERG, V.; GALVÃO, L.S.; PONZONI, F.J. Variations in reflectance with seasonality and viewing geometry: implications for classification of Brazilian savanna physiognomies with MISR/Terra data. **Remote Sensing of Environment**, v.107, n.1-2, p.276-286, 2007.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T., JARENKOW, J.A. & RODAL, M.J.N. **Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution patterns**. In NEOTROPICAL SAVANNAS AND DRY FORESTS: PLANT DIVERSITY, BIOGEOGRAPHY AND CONSERVATION (R.T. Pennington, G.P. Lewis & J.A. Ratter, eds.). CRC Press, Boca Raton, p.159-192, 2006.
- PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos-SP: Parêntese, p.5-128, 2007.
- ROUSE, J. W., HAAS, R. H., SCHELL, J. A., & DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. Proceedings of Third ERTS-1 Symposium, Washington, DC, 10–14 December, NASA, SP-351, vol. 1, p.309–317, 1973.
- SANO, E.E.; FERREIRA, L.G.; HUETE, A.R. Synthetic Aperture Radar (L-band) and optical vegetation indices for discriminating the Brazilian savanna physiognomies: a comparative analysis. **Earth Interactions**, v.9, n.15, p.1-15, 2005.
- SMALL, C.J. & MCCARTHY, B.C. Spatial and temporal variability of herbaceous vegetation in an eastern deciduous forest. **Plant Ecology**, p.37-48, 2002.
- SONEGO, R. C.; BACKES, A.; SOUZA, A. F. Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não-paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. **Acta botânica brasílica**, p.943-955, 2007.
- VELOSO, H.P., RANGEL-FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro, 1991.
- XAVIER, A. S.; GALVÃO, L. S. View angle effects on the discrimination of selected Amazonian land cover types from a principal-component analysis of MISR spectra. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 26, n. 17, p.3797–3811, 2005.