

## Aplicação de produtos globais de sensoriamento remoto para estudo do regime de queimadas em diferentes escalas espaciais na América do Sul

Geraldo de Carvalho Neto <sup>1</sup>  
Joana Messias Pereira Nogueira <sup>1</sup>  
Guilherme Leite Nunes Coelho <sup>1</sup>  
Leandro Pacerini Moreno <sup>1</sup>  
João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Ecofisiologia Vegetal/DBI, Universidade Federal de Lavras – UFLA  
Caixa Postal 3037 - CEP 37200-000 – Lavras, MG  
gcn\_resende@yahoo.com.br, joana@cbiologicas.ufla.br, guilherme\_lnc02@hotmail.com,  
acheioleandro@gmail.com, jp.barbosa@dbi.ufla.br

**Abstract.** Among the diverse effects caused by fires at the local to the global level, the response of the carbon stocks, variations in albedo, hydrological features, and the distribution of species in space or abundance of species in time should be highlighted. However, in tropical areas the assessment of those effects is seriously impeded by the lack of field observations. We propose to study the temporal fire occurrence patterns in three different spatial scales in South America by the use of two global remote sensing products of fire detection (NOAA and ATSR). We observed the fire regime based in some components that describe the temporal capacity of those products in detecting fire occurrence. In general, we observed that the temporal pattern of fire was consistent between the datasets in the larger spatial scales, and that fire detection products weakly agree in local scale. Across the study regions our main outcomes indicate that the global datasets can describe some components of the fire regime, but again with some mismatches in the local scale, highlighting the need of field observations or ground truthing efforts. The indices applied in this study can be cross correlated with climatic and land cover in next studies, to be used for monitoring fire impacts in different spatial scales in South American ecosystems.

**Palavras-chave:** fire ecology, ecosystems functioning, landscape vulnerability, ecologia do fogo, funcionamento de ecossistemas, vulnerabilidade da paisagem.

### 1. Introdução

A ocorrência de queimadas é um importante componente do regime de distúrbios que afetam as paisagens terrestres. Entre os seus diversos efeitos, da escala local a global, podem ser citadas as alterações nos estoques de carbono, no albedo da superfície, nas propriedades físico-químicas da atmosfera, na disponibilidade de recursos hídricos, na distribuição das espécies no espaço e abundância de espécies no tempo, entre outras. Nesse contexto, o regime de queimada e as respostas funcionais dos ecossistemas a essa perturbação merecem destaque (Garrigues et al. 2008; Aragão et al. 2009; Littell et al. 2009).

Estudos mais refinados do regime de queimadas nos trópicos são impedidos pelo pequeno número de registros ou dados históricos de ocorrência de eventos em resoluções adequadas (Bucinni e Lambim, 2002; Di Bella et al. 2006). Uma alternativa tem sido uma abordagem através de produtos globais de sensoriamento remoto de detecção de focos de calor. Contudo, existem discrepâncias entre os produtos, que são desenvolvidos para a análise global, ocultando detalhes da heterogeneidade local e regional do sinal de fogo que podem ser importantes para definir respostas de níveis organizacionais menores, como no de espécie (Chang e Song, 2009). Além disso, poucos esforços foram realizados para verificar o potencial da aplicação desses produtos para estimar os componentes do regime de queimadas, dos níveis local a regional.

Essa informação é particularmente importante para a compreensão dos padrões de resposta de ecossistemas ao fogo, para a identificação de ecossistemas mais vulneráveis, para a definição de ações estratégicas que visam combater focos de incêndio nesses ecossistemas, para a definição de impactos potenciais e possíveis modificações nos padrões pelos quais os

ecossistemas retiram e retornam gás carbônico para a atmosfera face às mudanças globais (Cardoso et al. 2007).

O sudeste da América do Sul apresenta uma grande variabilidade espacial e temporal das chuvas e temperatura, e heterogeneidade nos padrões de ocupação do solo. As queimadas são um distúrbio comum nessa paisagem, sendo causa e consequência da heterogeneidade da cobertura da terra, da estrutura e do funcionamento da vegetação. Diante disso, o objetivo desse estudo é explorar esta complexidade e observar a habilidade de produtos globais de detecção de focos de calor em diferentes escalas espaciais, através de séries temporais e de índices que compõem o regime de queimadas. Com isso, espera-se dar um passo inicial para a aplicação de produtos de sensoriamento remoto globais na compreensão da perturbação causada pelo fogo no funcionamento e estrutura da vegetação, em escala local, regional e subcontinental, identificando as vantagens e limitações potenciais, para estudos de ecologia do fogo em ecossistemas tropicais.

## **2. Material e Método**

### **2.1 Área de Estudo**

O estudo foi desenvolvido no sudeste da América do Sul, envolvendo as regiões Sul, Centro-oeste e Sudeste do Brasil, Uruguai, Paraguai e nordeste da Argentina. Essa área é de destacada importância sócio-econômica-ambiental, por possuir importantes rios para a geração de energia elétrica e abastecimento de água, recursos minerais, e recursos bióticos, sendo um hot-spot de serviços ambientais para a maior população do continente. Por esses motivos, essa região é vulnerável às mudanças globais, porém ainda com impactos incertos. A área de estudo foi subdividida espacialmente em três subáreas, constituindo diferentes escalas de estudo: a Região do Mosaico da Mantiqueira (RMM), o estado de Minas Gerais (MG) e a Bacia do Rio da Prata (BRP) (Figura 1).

A Região do Mosaico da Mantiqueira compreende 16 Unidades de Conservação Públicas e 03 reservas privadas (RPPN), apresentando aproximadamente  $7,5 \times 10^4$  km<sup>2</sup> distribuídos entre os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (Mosaico da Mantiqueira, 2010). Esta área apresenta grande importância na conservação e preservação de remanescentes do bioma Mata Atlântica, inseridos em uma matriz agrossilvipastoril, onde destaca-se intensa atividade industrial e elevada densidade populacional.

O estado de Minas Gerais, localizado, também, na região sudeste do Brasil, exibe alta variabilidade espacial e temporal de chuvas e de temperatura, bem como padrões de cobertura vegetal heterogêneos, misturando ecossistemas como o cerrado com florestas temperadas e áreas destinadas à agropecuária intensiva e extensiva. Apresenta uma superfície territorial de aproximadamente  $5,9 \times 10^5$  km<sup>2</sup>, onde as porções leste e sul foram originalmente ocupadas pelo bioma Mata Atlântica e o restante do estado pelo bioma cerrado, sendo hoje representada por remanescentes existentes em uma matriz agrícola (Scolforo et al. 2008).

A Bacia do Rio da Prata (BRP), localizada na região de encontro entre países economicamente importantes para o Mercosul, estende-se pelo sul do Brasil, sudeste da Bolívia, Uruguai, Paraguai e nordeste da Argentina. A BRP abrange uma área de  $3,107 \times 10^6$  km<sup>2</sup>, correspondendo a aproximadamente 17% da superfície da América do Sul (Borghetti, 1993). Além disso, representa um complexo ecossistema, composto por cinco biomas: Mata Atlântica, Pantanal, Chaco, Pampa e Cerrado, os quais encontram-se atualmente sob elevada pressão antrópica e redução de suas áreas naturais de ocorrência decorrente do avanço de fronteiras agrícolas e expansão da pecuária.

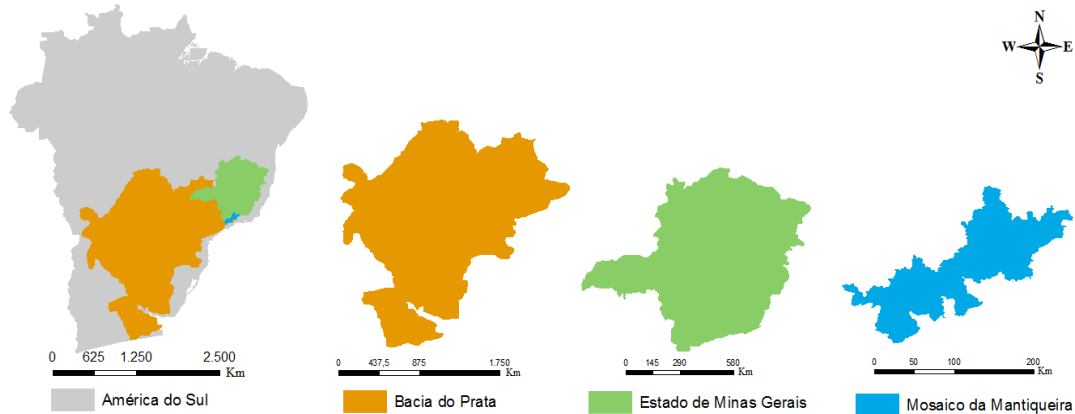


Figura 1: Localização das áreas de estudo (Bacia do Rio da Prata, Minas Gerais e Região do Mosaico da Mantiqueira).

## 2.2 Produtos Globais de Sensoriamento Remoto

Foram utilizados dois produtos globais de sensoriamento remoto de uso livre para detecção de focos de calor: NOAA (*National Oceanic Atmospheric Administration*) e ATSR-2 (*Along Track Scanning Radiometer / European Space Agency*). Os dois produtos detectam focos de calor na superfície terrestre com resolução aproximada de 1,0 Km. O número de focos dentro de cada escala espacial de estudo foram totalizados mensalmente no período entre janeiro de 2002 e dezembro de 2009. Para o produto NOAA, foi considerado o conjunto formado por NOAA 12, 14, 15, 16 e 17.

## 2.3 Análise do regime de queimadas

As características empregadas para descrever o regime de queimadas nas três escalas espaciais em estudo foram séries temporais e índices de intensidade e duração da perturbação, conforme abaixo:

a) Séries temporais – foram utilizados o índice genérico normalizado de ocorrência de queimadas (INQ) e a contribuição percentual da ocorrência de queimadas (AN). INQ foi definido pela razão entre a frequência de focos de incêndio mensal ( $Ff_j$ ) pela frequência máxima observada para o período em estudo ( $Ff_{max}$ ), para um pixel  $j$  (Equação 1). AN foi definida como a razão, expressa em porcentagem, entre a diferença de  $Ff_j$  pela frequência média de focos de incêndio mensal no período ( $\overline{Ff}_t$ ) (Equação 2).

$$INQ = \frac{Ff_{ij}}{Ff_{max_j}} \quad (1)$$

$$AN (\%) = \left( \frac{Ff_i - \overline{Ff}_t}{\overline{Ff}_t} \right) \times 100 \quad (2)$$

b) Índices de ocorrência de anomalias de queimadas - a duração (DAQ) e a intensidade de anomalias percentuais de ocorrência de queimadas (IAQ), definidas, respectivamente, pelo comprimento do segmento e pela área acima da interceptação entre as curvas da série temporal de AN com a do desvio padrão ( $\sigma$ ) da série temporal de AN (Equações 3 e 4).

$$DAQ (meses) = \overline{AB}(AN - \sigma AN) \quad (3)$$

$$IAQ = \int_B^A (AN - \sigma AN) \quad (4)$$

A e B são os pontos de interseção entre a série temporal de AN e de  $\sigma$ AN.

c) Índices descritivos da estação de queimadas - a duração da estação anual de queimadas (EQ) e a intensidade da estação anual de queimadas (IEQ), definidas, respectivamente, pelo comprimento do segmento e pela área acima da interceptação entre as curvas da série temporal de INQ com a do desvio padrão ( $\sigma$ ) da série temporal de INQ (Equações 5 e 6).

$$EQ \text{ (meses)} = \overline{AB}(INQ - \sigma INQ) \quad (5)$$

$$IEQ = \int_B^A (INQ - \sigma INQ) \quad (6)$$

A e B são os pontos de interseção entre a série temporal de INQ e de  $\sigma$ INQ.

A similaridade entre pares das séries temporais de INQ e AN foram comparadas entre produtos e entre regiões pelo teste-t a  $P < 0,05$ . Os valores médios dos índices estudados foram comparados entre os produtos globais, dentro de uma mesma escala espacial, pelo teste-f a  $P < 0,05$ . A comparação dos índices, entre as regiões, para um mesmo produto global, foi feita através de análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a  $P < 0,05$ .

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Séries temporais do regime de queimadas

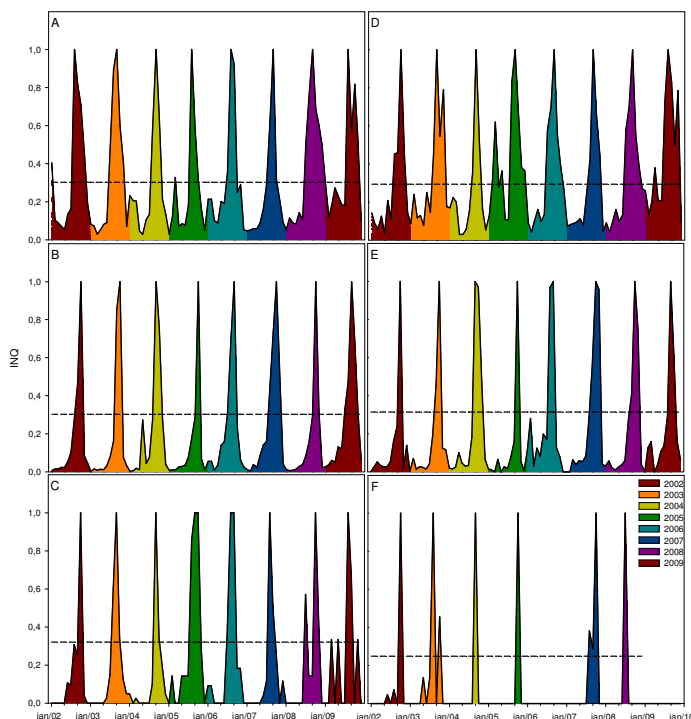
Os resultados obtidos para as séries temporais de INQ e AN indicaram que os dois produtos globais de detecção de focos de fogo estudados apresentaram padrões semelhantes do regime de queimadas na escala da BRP e em MG (Tabela 1, Figuras 2 e 3). Contudo, foi possível observar que, para a escala da RMM, os produtos apresentaram discrepâncias no registro da temporalidade de queimadas e da ocorrência de anomalias.

Esses resultados reforçam as observações de estudos realizados com maior foco na comparação de produtos globais de detecção de focos de incêndio em escala regional, que discutem que diferentes produtos apresentam boa concordância na detecção temporal de queimadas em maiores escalas espaciais, mas a nível local apresentam diferenças no sinal de queimadas, relacionadas à temporalidade do evento e ao número de focos registrados (Boschetti et al. 2004; Cardoso et al. 2007; Aragão et al. 2009; Chang e Song, 2009).

Entre as regiões, para as séries temporais de INQ, foi possível observar similaridades apenas entre MG e RMM para dados extraídos do produto NOAA, enquanto não houveram similaridades entre as regiões nos dados extraídos do ATSR-2 (Tabela 2). Para a série temporal de AN, extraída de dados do NOAA, houve similaridade entre as três escalas espaciais estudadas e para as séries extraídas de dados do ATSR-2, apenas as escalas de MG e BRP foram semelhantes.

**Tabela 1:** Valores do t-teste e de P da comparação de pares de séries temporais (NOAA x ATSR-2) do índice normalizado de queimadas (INQ) e da contribuição percentual da ocorrência de queimadas (AN) nas três escalas espaciais estudadas: Bacia do Rio da Prata (BRP), Minas Gerais (MG) e Região do Mosaico da Mantiqueira (RMM). O grau de liberdade de todas as análises foi 190. Valores de  $P < 0,05$  indicam diferença significativa entre as séries temporais analisadas entre os diferentes produtos para cada escala espacial.

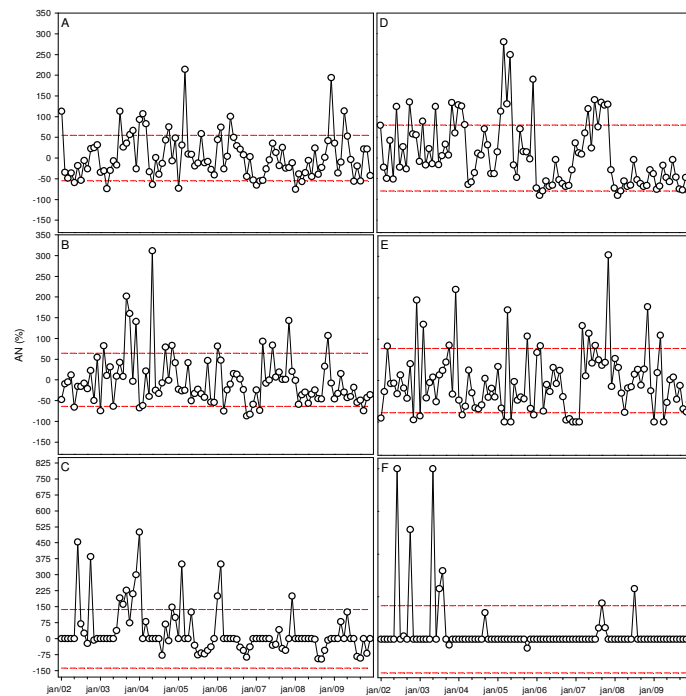
	INQ		AN	
	t-teste	P	t-teste	P
BRP	-0,41	0,601	-0,41	0,683
MG	0,09	0,803	0,07	0,950
RMM	3,01	0,002	-2,05	0,030



**Figura 2:** Distribuição mensal da ocorrência de queimadas, registrada pelo Índice Normalizado de Queimada (INQ) no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2009 pelos produtos globais NOAA (A, B, C) e ATSR-2 (D, E, F), nas escalas espaciais estudadas: (A, D) – Bacia do Rio da Prata; (B, E) – Minas Gerais; (C, F) – Região do Mosaico da Mantiqueira. A linha pontilhada representa o desvio padrão da série temporal, que foi utilizado para estimar a estação de queimadas (EQ) e a intensidade da estação anual de queimadas (IEQ) no período de estudo.

**Tabela 2:** Valores do t-teste e de P da comparação de pares de séries temporais (NOAA x ATSR-2) do índice normalizado de queimadas (INQ) e da contribuição percentual da ocorrência de queimadas (AN) entre as três escalas espaciais estudadas: Bacia do Rio da Prata (BRP), Minas Gerais (MG) e Região do Mosaico da Mantiqueira (RMM). O grau de liberdade de todas as análises foi de 190. Valores de  $P < 0,05$  indicam diferença significativa entre as séries temporais dos pares de escala espacial analisado.

	NOAA				ATSR-2			
	INQ		ANQ		INQ		ANQ	
	t-test	P	t-test	P	t-test	P	t-test	P
BRP x MG	2,47	0,014	0,67	0,502	2,94	0,004	0,92	0,357
BRP x RMM	2,57	0,011	1,18	0,241	6,56	0,001	3,34	0,001
MG x RMM	0,17	0,872	0,77	0,440	-3,15	0,002	2,78	0,006



**Figura 3:** Distribuição mensal da contribuição percentual de queimadas (AN) no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2009 pelos produtos globais NOAA (A, B, C) e ATSR-2 (D, E, F), nas escalas espaciais estudadas: (A, D) – Bacia do Rio da Prata; (B, E) – Minas Gerais; (C, F) – Região do Mosaico da Mantiqueira. As linhas pontilhadas indicam o valor do desvio padrão da série temporal, que foi utilizado para estimar a duração (DAQ) e a intensidade de anomalias percentuais de ocorrência de queimadas (IAQ) no período de estudo.

Em geral, esses resultados permitem fazer duas considerações. Primeiramente, eles apontam que os dois produtos avaliados possuem habilidades diferentes de captar a variabilidade do regime de queimadas em diferentes escalas espaciais, sendo que as séries temporais derivadas do produto NOAA foram mais homogêneas entre as escalas espaciais. Em segundo lugar, as séries de INQ e AN, extraídas do ATSR-2, podem ser utilizados para obter informações sobre o regime de fogo em diferentes escalas espaciais, sendo aparentemente mais sensíveis às variações temporais da ocorrência do fogo relacionada à heterogeneidade da cobertura do solo, forçantes humanas e climáticas do nível local ao global (Boschetti et al. 2004; Chang e Song, 2009).

Dessa forma, pode-se considerar que as séries temporais derivadas dos produtos analisados foram consistentes em descrever o padrão geral do regime de queimadas nas diferentes escalas espaciais, com concordância entre ambos nas duas maiores escalas (BRP e MG), porém com discrepâncias em detectar focos de incêndio na menor escala (RMM). Estes resultados indicam que na escala local o padrão temporal do regime de queimadas deve ser estudado com dados de campo que, inclusive, deverão ser utilizados para validação de dados de sensoriamento remoto. Esta diferença considerável entre os produtos, em pequenas escalas espaciais, continua a ser uma questão chave a ser aprofundada com observações de campo.

### 3.2 Índices de estação de queimada e detecção de anomalias

Consoante ao que foi observado para os padrões gerais das séries temporais, os valores médios dos índices EQ e IEQ foram semelhantes entre os produtos nas escalas da BRP e MG (Tabela 3). Entretanto, houve diferença significativa entre os produtos na escala da RMM. Os valores médios de DAQ e IAQ foram semelhantes entre os produtos estudados, nas três

escalas espaciais. Esses resultados indicam que, em geral, qualquer um dos produtos globais de detecção de focos de fogo podem ser utilizados para estimativas da duração da estação de queimadas e sua intensidade em maiores escalas espaciais. Já para o estudo de anomalias, os dois produtos podem ser utilizados em qualquer escala.

Os valores médios de EQ, DAQ e IAQ extraídos do produto NOAA foram semelhantes nas três escalas espaciais estudadas. Para os índices estimados a partir de dados do ATSR-2, os valores médios de DAQ e IAQ foram semelhantes para as regiões estudadas. Já os valores de IEQ foram superiores na BRP para os dois produtos estudados e EQ, obtido a partir de dados do ATSR-2, foi menor para a RMM.

**Tabela 3:** Valores médios (e coeficiente de variação-%) dos índices descritivos das estações de queimada e de ocorrência de anomalias estimados a partir de séries temporais dos produtos globais de detecção de focos de fogo (NOAA e ATSR-2) em três escalas espaciais: Bacia do Ria da Prata (BRP), Minas Gerais (MG) e Região do Mosaico da Mantiqueira (RMM). EQ – duração da estação de queimadas; IEQ – Intensidade da Estação de Queimadas; DAQ – Duração de anomalias; IAQ – Intensidade de anomalias de queimadas e TR – Tempo de Recorrência de anomalias.

	EQ (meses)		IEQ		DAQ (meses)		IAQ	
	NOAA	ATSR	NOAA	ATSR	NOAA	ATSR	NOAA	ATSR
BRP	4,1 (27,3)	4,9 (31,8)	111,8 (15,0)	118,3 (21,1)	1,7 (73,2)	2,2 (94,3)	47,6 (69,1)	90,4 (107,0)
MG	2,6 (49,6)	2,1 (39,3)	76,3 (22,4)	74,6 (26,8)	1,5 (106,9)	1,8 (73,2)	55,3 (120,9)	67,6 (88,1)
RMM	2,8 (42,4)	1,1 (48,1)	73,7 (27,4)	28,7 (69,4)	1,6 (98,3)	0,9 (128,7)	116,7 (93,7)	117,7 (154,4)

Os valores desses índices fornecem uma descrição do regime de queimadas e sugerem interações entre ocorrência de fogo e a variabilidade climática anual e interanual, a maioria em acordo com os resultados que foram obtidos amplamente em estudos em escalas regionais (Bucinni e Lambim, 2002; Di Bella et al. 2006; Garrigues et al. 2008; Littel et al. 2009). Em termos de variabilidade sazonal, observou-se que a atividade do fogo resultou de uma distribuição sazonal de precipitação e temperatura ao longo do ano, concentrando exclusivamente as queimadas na estação seca (julho-outubro). Esta época é caracterizada por mínima umidade da biomassa combustível, mínima umidade do ar e o aumento das temperaturas.

Além disso, esses índices poderiam discriminar entre os diferentes regimes de fogo que ocorrem em uma região de acordo com a cobertura vegetal e as práticas humanas, (MacCarty et al. 2007). Como as queimadas são, em grande parte, definidas pela disponibilidade de combustível, podemos supor que os diferentes tipos de vegetação exibem características de seu funcionamento e estrutura (profundidade do sistema radicular, índice de área foliar, entre outros) que definem as taxas de dessecação da biomassa em diferentes subáreas. Logo, ao se comparar os índices entre as escalas espaciais estudadas, esperava-se observar um decréscimo dos valores médios a medida em que a escala espacial fosse reduzida. Esse padrão foi observado de maneira mais evidente nos índices extraídos do ATSR-2.

Finalmente, em termos gerais esses resultados indicam que na ausência de dados locais sobre o regime de queimadas é possível se utilizar índices derivados de produtos globais de detecção de focos de fogo para abordagens da ecologia do fogo. Porém, com a ressalva que a análise em nível local pode guardar padrões da variabilidade da ocorrência de queimadas em nível regional, com conseqüências possivelmente significativas nas avaliações dos impactos dessa perturbação nos fluxos de carbono e água, na dinâmica da vegetação, na biodiversidade e no fornecimento de serviços ambientais pelos ecossistemas.

#### 4. Conclusões

Esse estudo contribuiu para o conhecimento do regime de queimadas em regiões tropicais, que representam a maior parte da área queimada em todo o globo, especialmente por empregar componentes importantes na abordagem das queimadas como perturbação na dinâmica funcional da vegetação. Os resultados obtidos também contribuíram para destacar as diferenças e semelhanças observadas entre produtos globais de detecção de fogo em diferentes escalas espaciais, e a importância da obtenção de dados de campo para validar esses produtos em escala local.

Mesmo diante de resultados que apontam significativa correspondência entre os produtos de fogo NOAA e ATSR-2 na definição da duração e intensidade da estação de queimadas e de ocorrência de anomalias, tem-se a necessidade do cruzamento de informações relativas aos índices e a cobertura vegetal e forma de uso do solo, topografia, variáveis climáticas (p.e temperatura e precipitação) e a fatores antrópicos ligados diretamente aos eventos de ignição que originam os focos de incêndio nas diferentes escalas espaciais. Destaca-se a aplicabilidade dessas relações no monitoramento de impactos potenciais das queimadas sobre o funcionamento dos diferentes ecossistemas, o que pode auxiliar na formulação de políticas ambientais e ações de mitigação visando a redução da vulnerabilidade da paisagem em diferentes escalas espaciais na América do Sul.

#### Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido com o apoio do Projeto CLARIS LPB (A Europe-South America Network for Climate Change Assessment and Impact Studies in La Plata Basin - European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) Grant Agreement N° 212492).

#### Referências Bibliográficas

- Aragão L.E.O.C.; Shimabukuro T.E.; Lima A.; Anderson L.O.; Barbier N.; Saatchi S. Utilização de produtos derivados de sensores orbitais para o estudo de queimadas na Amazônia. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 919-925, 2009.
- Borghetti, J.R.; Oliveira, J.A.; Sbardelini, E. Aspectos Ambientais da Bacia do Prata. In: Instituto Acqua, **Simpósio Internacional sobre Aspectos Ambientais da Bacia do Prata**, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 1993.
- Boschetti L.; Eva, H.D.; Brivio P.A.; Grégoire J.M. Lessons to be learned from the comparison of three satellite-derived biomass burning products. **Geophysical Research Letters**, vol. 31, L21501, 2004.
- Bowman D.M.J.S. et al. Fire in the Earth System. **Science**, vol. 324, 481-484, 2009.
- Bucinni G.; Lambin E.F. Fire impacts on vegetation in Central Africa: a remote-sensing-based statistical analysis. **Applied Geography**, vol. 22, 27-48, 2002.
- Cardoso M.F.; Oliveira G.S.; Nobre C.A. Comparação entre a ocorrência de fogo durante a seca de 2005 e o El Niño em 1998 na Amazônia. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 4425-4429, 2007.
- Chang D.; Song Y. Comparison of L3JRC and MODIS global burned area products from 2000 to 2007. **Journal of Geophysical Research – Atmospheres**, vol. 114, D16106, 2009.
- Di Bella, C. M.; Jobbágy E. G.; Paruelo J. M.; Pinnock S. Continental fire density patterns in South America. **Global Ecology and Biogeography**, v.15, 192-199, 2006.
- Garrigues S.; Allard D.; Baret F. Modeling temporal changes in surface spatial heterogeneity over an agricultural site. **Remote Sensing of Environment**, vol. 112, 588-602, 2008.
- Littell J.S.; McKenzie D.; Peterson D.L.; Westerling A.L. Climate and wildfire area burned in Western US ecoregions, 1916-2003. **Ecological Applications**, vol. 19 (4), 1003-1021, 2009.
- MacCarty J.L.; Justice C.O.; Korontzi S. Agricultural burning in the Southeastern United States detected by MODIS. **Remote Sensing of Environment**, vol. 108, 151-162, 2007.
- Mosaico da Mantiqueira, unidades de conservação. Disponível em < <http://www.mosaicomantiqueira.org.br>>. Acesso em: 15.out.2010
- NOAA-National Oceanic Atmospheric Administration /NASA – North American Space Agency. Disponível em: <<http://www.noaa.gov>>. Acesso em: 10.out.2010
- Scolforo, J.R.; Carvalho, L.M.T., Oliveira, A.D. Zoneamento ecológico-econômico do estado de Minas Gerais: componentes geofísico e biótico. **Editora UFLA**, Lavras-MG, 2008.