

## Subsídios do sensoriamento remoto à identificação de carvoarias, Mato Grosso do Sul.

Milene Priscila Lima de Oliveira <sup>2</sup>  
Renata Porto Moraes <sup>1</sup>  
Thais Gisele Torres <sup>3</sup>  
Valter Alexandre Tivioli <sup>2</sup>  
Antonio Conceição Paranhos Filho <sup>1</sup>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS  
<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais  
<sup>2</sup>Graduação em Engenharia Ambiental  
Caixa Postal N°549, CEP 79060900 - Campo Grande, MS, Brasil  
mi\_oliveira15@hotmail.com  
eng.renataporto@gmail.com  
vt8bass@yahoo.com.br  
paranhos@nin.ufms.br

<sup>3</sup>Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul – Procuradoria-Geral de Justiça  
Núcleo de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto  
Rua Pres. Manoel Ferraz de Campos Sales, 214, Jardim Veraneio, CEP 79031-907 - Campo Grande – MS, Brasil,  
thaisgisele\_torres@mp.ms.gov.br

**Abstract.** In the last few years there was an increase in the necessity of vegetal coal, as it was implanted siderurgical industries in the State of Mato Grosso do Sul, causing the creation of coal bunkers, which represent a serious environmental problem. According to the Geography and Statistics Brazilian Institute (IBGE, 2007) the State was the Brazilian main producer of vegetal coal with was obtained from the material extracted from the vegetation. Believing in the concept that all the forest fire is a heat focus, but not all the heat focus is a forest fire, it was verified if there is a relation between coal bunkers and the data of heat focus (only registered if the temperature was higher than 47°C) caught in the ground surface by the sensors AVHRR, VAIN and MODIS, provided by the National Institute for Space Research - INPE, downloaded gratuitously. This data had been classified according to the sensor type and the period of the registration. Combining these data with the localization of the coal bunkers, using only one base, it was possible to relate the persistent heat focus and the coal bunkers. To sum up, it was shown that it is possible to monitor remotely this kind of activity.

**Palavras-chave:** coal bunkers, heat focus, remote sensing, carvoarias, focos de calor, sensoriamento remoto.

### 1. Introdução

A implantação do Complexo Mineró-Siderúrgico (CMS) de Mato Grosso do Sul tem elevado a demanda por carvão vegetal. Segundo Carvalho *et al.* (2008) o Estado não possui estoques de florestas plantadas suficientes para atender ao crescimento da demanda de energia, em decorrência da instalação do CMS-MS.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007), Mato Grosso do Sul foi o principal produtor de carvão vegetal obtido com material lenhoso da extração vegetal (24,0 %), ficando em 5º lugar entre os produtores de carvão vegetal da silvicultura (2,8%) em 2006.

Dos 10 milhões de metros cúbicos de carvão transportados no Brasil em 2007, 44% foram originados em MS; as atividades de extração de lenha e posterior produção de carvão poderiam estar impactando uma área de mais de duzentos mil hectares anuais no Estado (IBAMA, 2008).

A supressão da vegetação original causa impactos como a perda de biodiversidade, faz com que os solos fiquem mais suscetíveis à degradação, tanto pela lixiviação de nutrientes como pela alteração de suas características físicas (Harris *et al.*, 2005).

A fim de atender a necessidade da geração de informação ambiental numa base contínua, o sensoriamento remoto surge como a principal ferramenta (Schroeder *et al.*, 2003). Sensoriamento remoto é definido como sendo a tecnologia que permite a aquisição de informações sobre objetos sem manter contato físico com eles. É a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, entre outros, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e análise das interações entre a radiação eletromagnética e as diversas coberturas que compõem a superfície terrestre (Novo, 1989).

As estimativas de áreas afetadas por queimadas podem ser geradas a partir de informações do número de focos de calor (indicativo de possíveis fogos ativos) combinadas com as informações sobre nível de precipitação, temperatura e umidade do ar e dos tipos de vegetação típicos das diversas regiões do país (INPE, 2001).

Os dados no Brasil são obtidos pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) através das imagens termais dos satélites meteorológicos NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellite*), TERRA e AQUA e em seguida integrados ao SpringWeb-Queimadas e TerraLib-Queimadas disponíveis em [www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas](http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas).

A expressão “focos de calor” é utilizada para interpretar o registro de calor captado na superfície do solo por sensores espaciais. O sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) capta e registra qualquer temperatura acima de 47 °C e a interpreta como sendo um foco de calor. Apesar de a resolução espacial ser baixa (1,1km), as queimadas com áreas de no mínimo 900 m<sup>2</sup> podem ser detectadas (Antunes e Ribeiro, 2000).

Por utilizar a temperatura da superfície na identificação de focos de calor, os sensores acabam por identificar como focos persistentes de calor fontes não relacionadas à vegetação, como por exemplo, fornos de carvoarias.

Segundo Brito (1990), carvão vegetal é resultado da degradação parcial da madeira e que para a produção deste é necessária aplicação de calor em quantidade suficientemente controlada.

Considerando que toda queimada é um foco de calor, mas nem todo foco de calor é uma queimada, visa-se averiguar a existência de focos de calor persistentes, e se estes podem ser identificados como carvoarias.

## **2. Material e Métodos**

O Estado de Mato Grosso do Sul localiza-se na região Centro-Oeste do Brasil, representado na Figura 1.

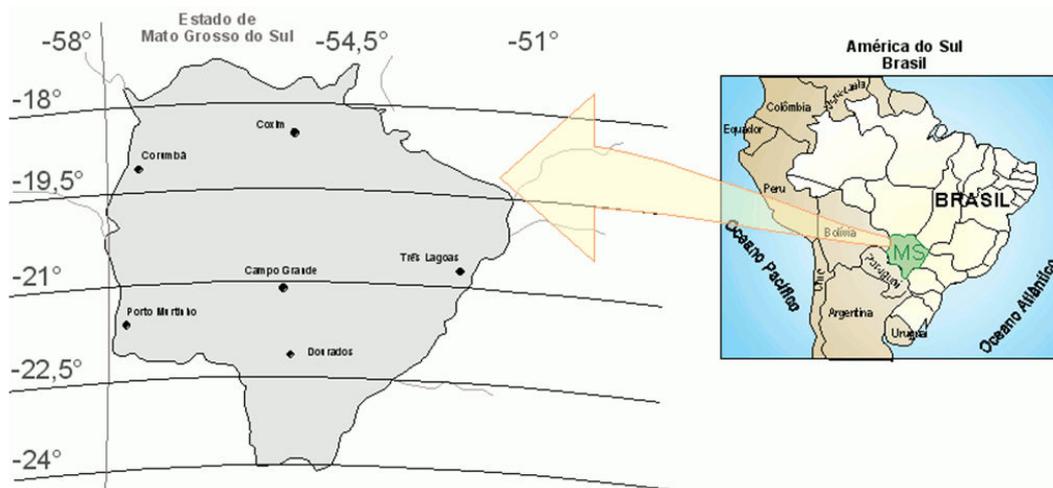


Figura 1. Localização do Estado de Mato Grosso do Sul.

De posse dos dados de focos de calor, disponibilizados gratuitamente pelo INPE no site <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>, separados por satélite e período – 2º semestre de 2006 e ano de 2007 – gerando-se 13 layers de grupo de focos de calor, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Número de focos de calor por satélites e período.

LAYER	SATÉLITES	PERÍODO	Nº. DE FOCOS
1	NOAA 12 / NOAA 15	2º semestre 2006	2.969
2	NOAA 12 / NOAA 15	Ano 2007	2.913
3	NOAA 14 / NOAA 16	2º semestre 2006	357
4	NOAA 14 / NOAA 16	Ano 2007	027
5	NOAA 17 / NOAA 18	2º semestre 2006	303
6	NOAA 17 / NOAA 18	Ano 2007	1.010
7	GOES 08 / GOES 10 / GOES 12	2º semestre 2006	1.395
8	GOES 08 / GOES 10 / GOES 12	Ano 2007	4.101
9	AQUA 01	2º semestre 2006	1.838
10	AQUA 01	Ano 2007	4.193
11	TERRA 01	2º semestre 2006	1.140
12	TERRA 01	Ano 2007	3.104
13	METEOSAT *	Ano 2007	178

\*focos de 2006 não disponíveis.

Esses *layers* foram cruzados com os dados de 133 carvoarias licenciadas em 2006 e 2007 no Estado, cedidos pelo Ministério Público-MS/IMASUL

As carvoarias instaladas por todo o Estado apresentam diferenças entre si, como o número de fornos, de 08 a 260 fornos e a origem da madeira que, de acordo com as licenças, variam entre supressão vegetal, aproveitamento do material lenhoso e reflorestamento. Levando-se em consideração a localização e o número de fornos, essas carvoarias foram agrupadas da seguinte forma:

1. Carvoarias com número de fornos menor ou igual a 30 (67 carvoarias);
2. Carvoarias com 31 a 60 fornos (49 carvoarias);
3. Carvoarias com 61 a 90 fornos (8 carvoarias);
4. Maiores que 90 fornos (9 carvoarias).

Para correlacionar os focos de calor com as carvoarias e verificar se os erros associados aos processos de aquisição e geoposicionamento das imagens dos satélites interferem nessa correlação, foram gerados *buffers*, de 1 km e 3 km respectivamente, em torno das coordenadas dos focos de calor, gerados no *software* Geomatica (PCI, 2003).

Em seguida efetuou-se a intersecção dos *buffers* dos focos de calor e as coordenadas das carvoarias para identificação do número de focos que se sobrepõem às carvoarias, obtendo-se, assim, um resultado preliminar.

De posse desse resultado, contabilizou-se o número de carvoarias que coincidiram com os focos de calor e a quantidade de focos de calor coincidentes, considerando-se os *buffers* de 3 km e de 1 km.

### 3. Resultados e Discussão

A distribuição geral dos focos de calor por município, no período de junho/2006 a dezembro/2007, Figura 2. A intersecção dos *buffers* em torno dos focos de calor e as carvoarias são apresentadas nas figuras 2, 3, 4 e 5.

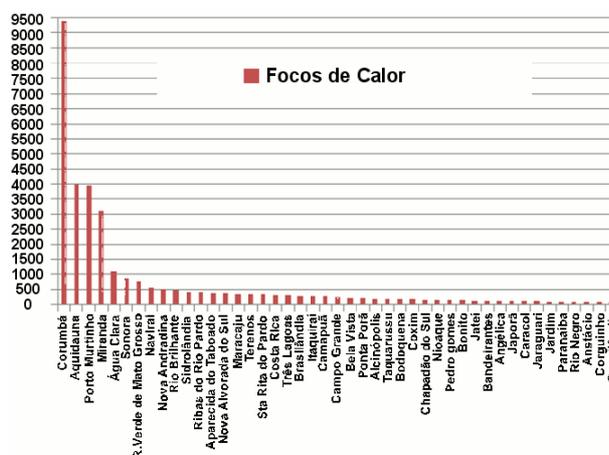


Gráfico 1 - Focos de calor em MS – Junho de 2006 à dezembro de 2007.  
(nº de incidências maior que 100)

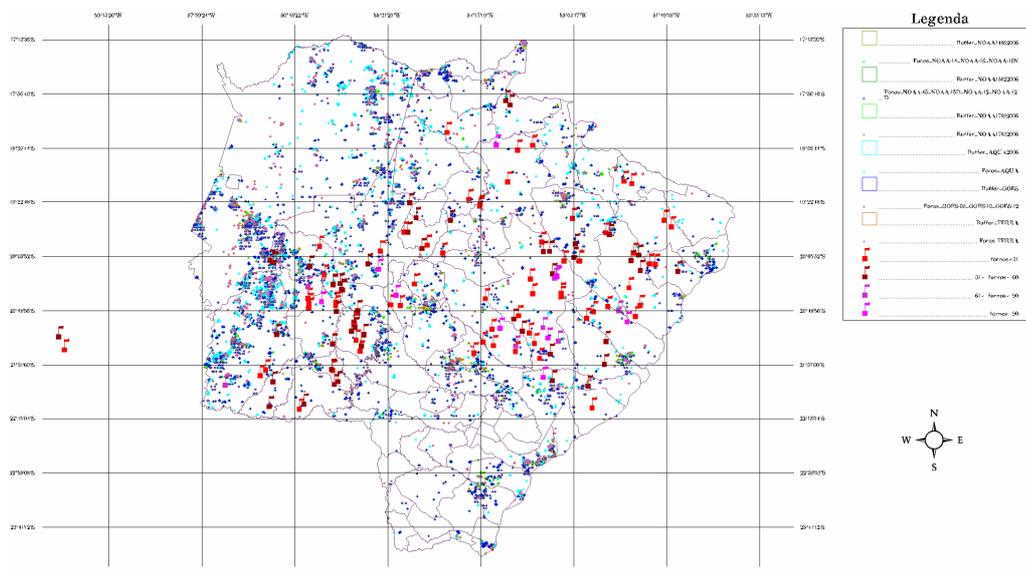


Figura 2 - Focos de calor, segundo semestre de 2006, buffers de 1 km e carvoarias.



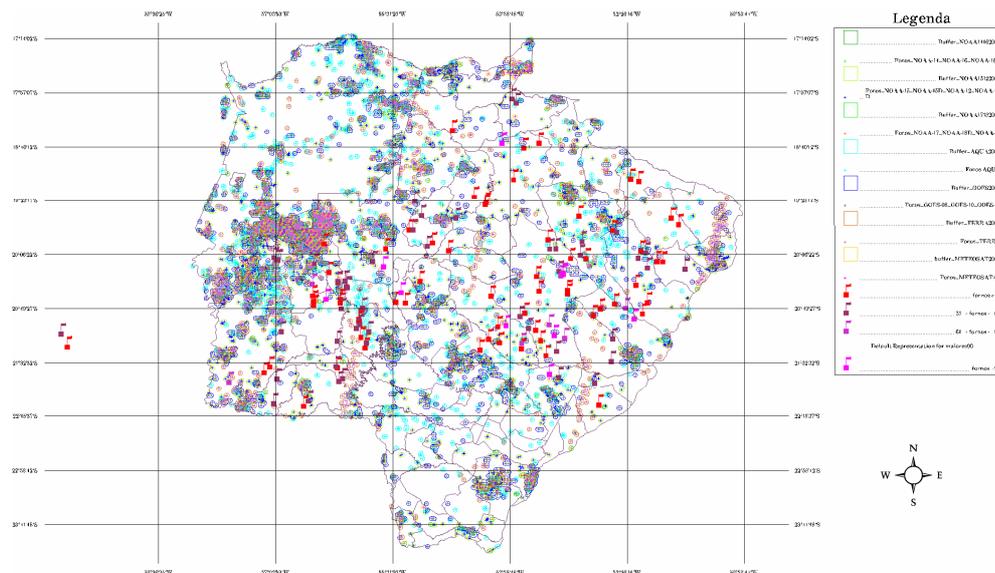


Figura 5 - Focos de calor, ano de 2007, com buffers de 3 km e carvoarias.

Verificou-se que algumas carvoarias foram plotadas fora dos limites do Estado devido à incoerência de suas coordenadas.

O número de focos coincidentes está apresentado nas Tabelas 2, 3, 4, e 5.

Tabela 2 - Carvoarias com mais de 91 fornos com focos de calor coincidentes.

MUNICÍPIO	Nº. AUTORIZAÇÃO	Nº. FORNOS	BUFFERS 3 Km	
			2006	2007
Figueirão	45/2007	100		2
Ribas do R. Pardo	08/2006	97	2	2

Tabela 3- Carvoarias de 61 a 90 fornos com focos de calor coincidentes.

MUNICÍPIO	Nº. AUTORIZAÇÃO	Nº. FORNOS	BUFFERS 3 km		BUFFERS 1 km		
			2006	2007	2006	2007	Satélite
Bodoquena	135/2007	90	2		1		AQUA
Campo Grande	03/2007	70	6	9		1	AQUA
Porto Murinho	160/2007	80		2			

Tabela 4 - Carvoarias de 31 a 60 fornos que tiveram focos de calor coincidentes.

Nº. FORNOS	BUFFERS 3 Km		BUFFERS 1 Km			Nº. FORNOS	BUFFERS 3 Km		BUFFERS 1 Km		
	2006	2007	2006	2007	Satélite		2006	2007	2006	2007	Satélite
60	6		2		AQUA/GOES	44	4		2		AQUA
50	3	5				43	1	1			
46	10	5		1	NOAA 15, 12	43	2	1	1		AQUA
50		5				45		2			
40	4		2		AQUA/ N 15, 12	31		4		1	AQUA
40		1				60	1				
51	4	1				45		4			
39		1				40	1				
42	2					40	5	3	1		GOES
40	5					34	1				
40	3	4	1		AQUA						

\*\*Coordenada da carvoaria não corresponde com o território do município.

Tabela 5 Carvoarias com menos de 31 fornos que tiveram focos de calor coincidentes.

Nº. FORNOS	BUFFERS 3 Km		BUFFERS 1 km			Nº. FORNOS	BUFFERS 3 Km		BUFFERS 1 km		
	2006	2007	2006	2007	Satélite		2006	2007	2006	2007	Satélite
28	2	1				20	2	2			
30		1				30		1			
30		1				20		2		1	AQUA
30	1					30		3			
30	2					20	1		1		GOES
30		3		2	TERRA	23	2				
10		1				30		2		1	NOAA 15,12
30	1					30	3				
15	1					15	1				
20	1					30		1			
26	2	2		1	AQUA	12		4		1	AQUA
17		1				30	2				
30		2				30		12		3	AQUA/GOES
30	2	2	1		AQUA						

\*\*Coordenada da carvoaria não corresponde com o território do município.

Os Gráficos 2 e 3 apresentam o percentual de focos de calor coincidentes em 2006 e 2007.

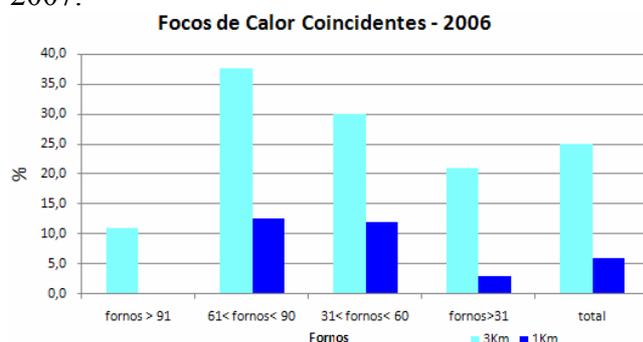


Gráfico 2 - Focos de calor coincidentes - 2006.

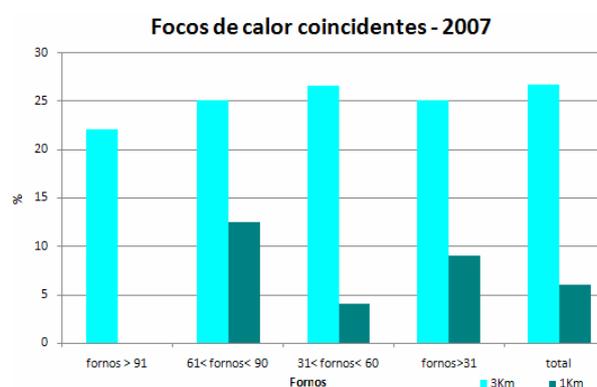


Gráfico 3 - Focos de calor coincidentes - 2007.

As carvoarias ocupam uma pequena área se comparadas com as queimadas de vegetação, e a energia termal emitida é fraca.

Nos fornos o calor é cuidadosamente controlado, podendo a temperatura interior atingir em seu estágio final 450 °C, porém o tijolo é um bom isolante térmico.

Segundo Souza *et al* (2003), o uso dos satélites NOAA no presente é precário, pois NOAA-14 está com o sensor AVHRR avariado e envia no máximo uma imagem útil por semana; o NOAA-15 apresenta muitos ruídos nas imagens devido a limitações na antena transmissora, prejudicando sua aplicação na detecção de focos; o NOAA-17 não está com o canal de 3.7 ativado durante as passagens diurnas, impedindo assim o uso na detecção; e que o NOAA-16 passou a apresentar sérios problemas no AVHRR desde meados de 2003.

Porém, percebe-se, analisando os focos de calor coincidentes com *buffers* de 1 km, a considerável frequência do satélite AQUA, isto porque este satélite colocado em órbita em junho de 2002, possui o sensor MODIS que apresenta 36 canais distribuídos no intervalo

espectral de 0.4 a 14.4  $\mu\text{m}$ . Dentre estes, os canais 21 e 22 se destacam para o monitoramento de fogo em vegetação por situarem-se na banda do infravermelho médio (região de alta resposta para a presença de fogo no *pixel*) e por apresentarem alto valor de saturação, permitindo que a discretização dos *pixels* potencialmente ocupados por fogo possa ser mais bem efetuada. Duas bandas centradas no espectro do visível com resolução espacial de 250 metros auxiliam na identificação visual dos focos, servindo como um meio de aferição inerente ao próprio sensor (Schroeder *et al*, 2003).

#### 4. Conclusões

Existe uma relação entre focos de calor persistentes e carvoarias, e essa relação pode ser usada como um indicativo nos processos de monitoramento, portanto o sensoriamento remoto demonstrou-se eficiente na identificação das carvoarias. O AQUA apresentou melhores resultados dentre os satélites utilizados.

#### Agradecimentos

Ministério Público estadual - Núcleo de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto  
A Vossa Excelência Promotor Luciano Loubet.

#### Referências bibliográficas

- Antunes, M.A.H.; Ribeiro, J.C. Uso de satélites para detecção de queimada e para avaliação do risco de fogo. **Ação Ambiental**, Minas Gerais: UFV, v. 2, n. 12, p. 24-27, 2000.
- Brito, J.O. Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira. USP/ESALQ. – **Documentos Florestais**: Piracicaba (9): 1-19, 1990. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/docflorestais/cap9.pdf>.
- Carvalho; A.P.; Neto, M.P.M.; Hubner, D.B. **Impactos socioeconômicos e ambientais do complexo minero-siderúrgico de Mato Grosso do Sul (CMS-MS)**; Política Ambiental, Nº. 6, CI-Brasil, 2008. Disponível em: [http://www.congresso.globalforum.com.br/arquivo/2008/artigos/E2008\\_T00135\\_PCN36600.pdf](http://www.congresso.globalforum.com.br/arquivo/2008/artigos/E2008_T00135_PCN36600.pdf).
- CPTEC - INPE (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2007. Disponível em: <http://sigma.cptec.inpe.br/produto/queimadas/queimadas/perguntas.html>
- DPI - INPE (Divisão de Processamento de Imagens / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2008. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>
- Harris, M.B.; Arcangelo, C.; Pinto, E.C.T; Camargo, G.; Neto, M.B.R.; Silva, S.M. **Estimativas de perda da área natural da Bacia do Alto Paraguai e Pantanal Brasileiro**. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Campo Grande, MS. 2005. Disponível em: <http://www.conservacao.org/arquivos/Perda-de-area-natural-daBAP.pdf>.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/2008/05/12/operacao-rastro-negro-pantanal-desarticula-grupo-de-infratores/>
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1052&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1052&id_pagina=1)
- PCI Geomatics. **Geomatica version 9.1 for Windows**. Ontário - Canadá. CD-ROM. 2003.
- Novo, E.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgar Blucher, p. 1-8, 1989.
- Schroeder, W.; Ferreira, N.C.; Pereira, J.A.R.; Sistema Integrado de Monitoramento de Fogo Multi-Satélite – Simm-Fire. **Anais XI SBSR**, INPE, Belo Horizonte, Brasil, p. 509-516, 2003. Disponível em: [http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.11.13/doc/04\\_388.pdf](http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.11.13/doc/04_388.pdf)
- Souza, C.C.; Moreira, A.A.; Schimith, R.S.; Brandão, P.C.; Silva, E. Técnicas de sensoriamento remoto como subsídios aos estudos de florestas implantadas no Brasil – uma revisão bibliográfica. **Ciência Florestal**, Vol. 17, Nº. 4, p. 409-417, 2007. Disponível em: <http://www.ufsm.br/cienciaflorestal/artigos/v17n4/A12V17N4.pdf>.
- Souza, P.A.L.; Sismanoglu, R.A.; Longo, K.M.; Maurano, L.E.; Recuero, F.S.; Setzer, A.W.; Yoshida, M.C.; Avanços no monitoramento de queimadas realizado no INPE. **XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET**, 2003. Disponível em: [http://66.102.1.104/scholar?hl=pt-BR&lr=&client=firefox-a&q=cache:nfv8WRm2T\\_kJ:mtc-m15.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/09.17.11.10/doc/0000000642.doc+XIII+Congresso+Brasileiro+de+Meteorologia+2003](http://66.102.1.104/scholar?hl=pt-BR&lr=&client=firefox-a&q=cache:nfv8WRm2T_kJ:mtc-m15.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/09.17.11.10/doc/0000000642.doc+XIII+Congresso+Brasileiro+de+Meteorologia+2003).