

# Identificação de Padrões Climatológicos que Contribuem para a Ocorrência de Incêndios em Cerrado Usando Dados AVHRR/NOAA-14

Wilfrid Schroeder

IBAMA - PROARCO

SAIN LA Norte, Bl. C, Brasília – DF

[swilfrid@sedebama.gov.br](mailto:swilfrid@sedebama.gov.br)

José Ricardo de A. França

LAMMA – Laboratório de Modelagem de Processos Marinhos e Atmosféricos

Departamento de Meteorologia - Instituto de Geociências - UFRJ

Av. Brigadeiro Trompowsky, S/N - I. Fundão - 21949-900 Rio de Janeiro -RJ

[jricardo@igeo.ufrj.br](mailto:jricardo@igeo.ufrj.br)

Marcelo Pinheiro Garcia

LAMMA – Laboratório de Modelagem de Processos Marinhos e Atmosféricos

Departamento de Meteorologia - Instituto de Geociências - UFRJ

Av. Brigadeiro Trompowsky, S/N - I. Fundão - 21949-900 Rio de Janeiro -RJ

[marcelo@meteo.ufrj.br](mailto:marcelo@meteo.ufrj.br)

## ABSTRACT

Biomass burning in Central Brazil is a major environmental problem that strikes the area on an annually basis during its dry season months. There are climatological aspects that governs fire occurrence driving its rate of spreading and intensity. Meteorological surface station's data are analyzed together with vegetation indices calculated for AVHRR/NOAA-14 images covering the area for July and August 1999. Hot spot detection was carried and validated with field observations and the fire events analyzed. Fire occurrence showed a clear dependence on temperature and relative humidity and typical vegetation indices for the stressed vegetation obtained.

## INTRODUÇÃO

A queima de biomassa vegetal vem sendo assunto de crescente atenção na comunidade científica (IGBP, 1990; Kaufman *et al.*, 1992; Kaufman *et al.*, 1998a; IGBP 1999; entre outros). As consequências ambientais deste processo são variadas, refletindo-se através da degradação da vegetação onde ocorre o fogo, de alterações no solo e na atmosfera (Pivello e Coutinho, 1992, Prinn, 1991). Mais especificamente, a ocorrência de incêndios em áreas de relevado interesse ecológico vem direcionando a atenção da sociedade para este assunto, principalmente estando-se observando eventos de grande impacto nos últimos anos, como foram os casos do incêndio do Parque Nacional de Yellowstone, os grandes incêndios florestais de Roraima e da Indonésia, entre tantos outros de significativa importância.

Os incêndios podem ser induzidos naturalmente, através da ocorrência de raios, ou devido à influência do homem como elemento ignitor. Apesar do homem aparecer como principal elemento causador nas estatísticas de ocorrências de incêndios em áreas de conservação ambiental (R.O.I., 1999), nem toda queima provocada, ou nem todo raio que incide em uma área de vegetação, irá evoluir para um incêndio florestal. Para que o fogo ocorra fora de controle, o que caracteriza um incêndio florestal, devem existir condições particulares do ambiente a fim de que a combustão possa ser continuada após a ignição inicial. Neste ponto, atuam como elementos principais: (i) o estado da vegetação – que irá indicar o grau de inflamabilidade do material orgânico, representando o combustível; (ii) as condições atmosféricas, através da temperatura e umidade – que irão indicar a condição do componente ar, representando o comburente; (iii) e por fim, ainda dentro das condições atmosféricas, o vento – que irá indicar a susceptibilidade ao alastramento e intensificação das chamas, representando o fole. Temos aí então um esquema “lareira” no ambiente, onde cada elemento irá contribuir favorecendo ou prejudicando o desenvolvimento e a continuidade do fogo. Em um estudo de monitoramento do fogo utilizando-se imagens do satélite GOES (Prins *et al.*, 1998), no qual se realizou amostragens do número de focos de calor a cada três horas durante toda a estação seca de 1995 para a América do Sul, identificou-se a existência de um claro ciclo diário de ocorrência de focos de

calor, havendo um máximo de ocorrência dos eventos localizado no horário que cobre o início e o meio da tarde, o que coincide com o horário das temperaturas máximas diárias. Em um outro estudo, onde se buscou acompanhar através de imagens do sensor AVHRR/NOAA a evolução de frentes de fogo induzidas em uma região de savana africana (Belward *et al.*, 1993), notou-se da mesma forma um regime diário no comportamento do fogo, havendo uma diminuição significativa de sua intensidade com o cair da noite, até que o orvalho depositado na vegetação fosse evaporado e a temperatura voltasse a subir com o decorrer do dia seguinte.

A região Central do Brasil é caracterizada por condições climáticas bastante particulares no tocante ao seu período de seca, o qual abrange os meses de maio a outubro. Nesta época, a precipitação registrada reduz-se a praticamente zero, sendo acompanhada por valores bastante baixos de umidade relativa e temperaturas elevadas (CPTEC/INPE, 1996, Nobre *et al.*, 1998). Em função disto, as áreas de relevado interesse ecológico localizadas na região ficam sujeitas a incêndios provocados por queimadas que fogem ao controle, devido fundamentalmente à ocorrência de condições climáticas ideais no ambiente para o alastramento destas.

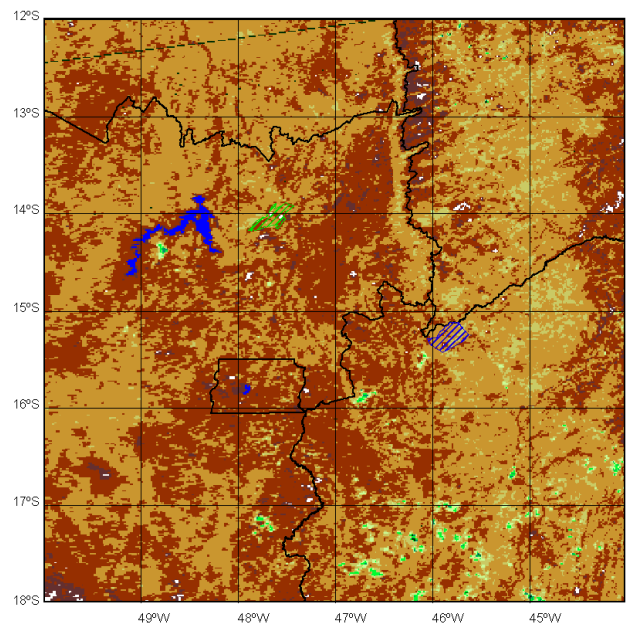
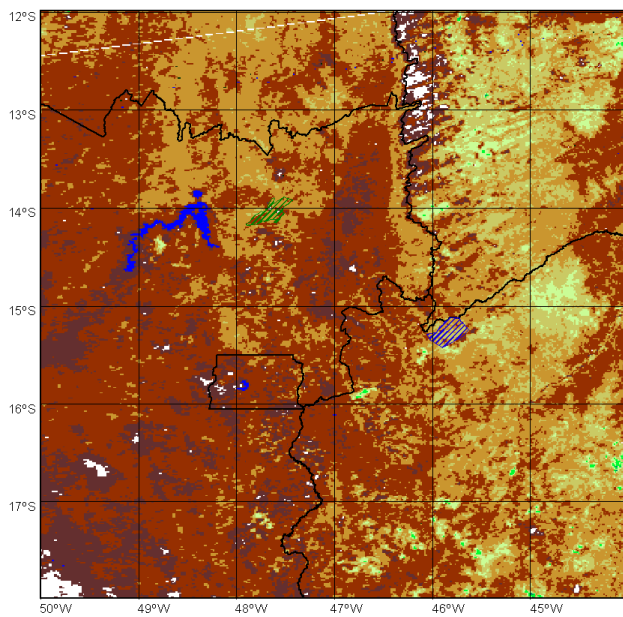
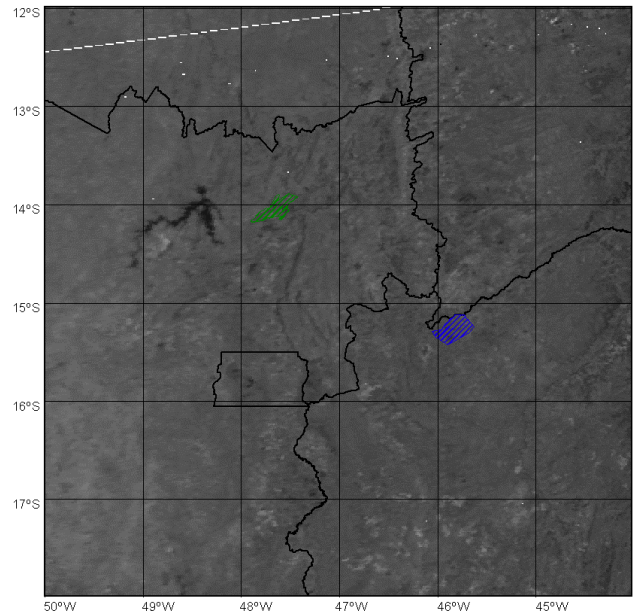
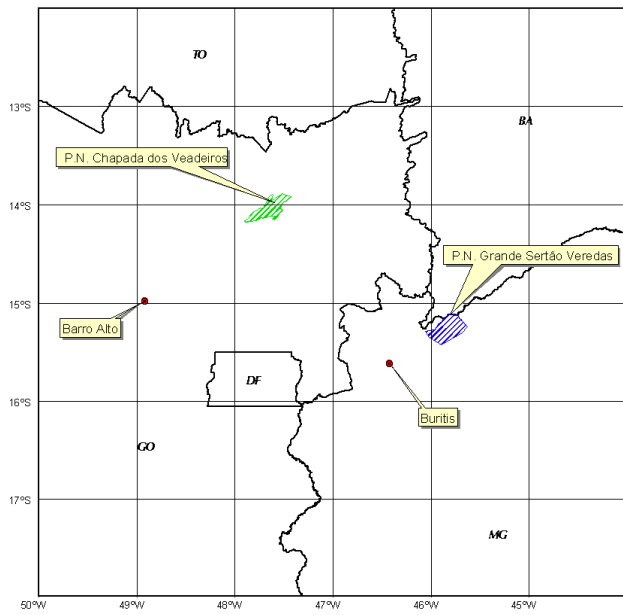
Dada a dificuldade de operação e os custos elevados envolvidos com o monitoramento das condições da vegetação in-situ, o sensoriamento remoto por satélite surge como uma alternativa bastante atraente. Permitindo amostragens de todo o globo numa base diária, e a uma resolução espacial adequada para estudos com vegetação (1 km x 1 km ao nadir), o sensor AVHRR/NOAA aparece como uma ferramenta valiosa neste sentido. Apresentando dois canais localizados nas regiões do vermelho e do próximo-infravermelho (canais 1 e 2, respectivamente), este sensor permite a aplicação de índices de vegetação que irão explorar a diferença de resposta da vegetação à radiação solar incidente nas duas bandas mencionadas, derivando daí a presença de biomassa verde à superfície (Goward *et al.*, 1991; Carlson e Ripley., 1997). Sensíveis à variação do estado da vegetação em função das condições climáticas (Acharh e Blasco, 1990; Schroeder *et al.*, 1999), estes índices permitem identificar o estabelecimento das condições de seca sobre uma dada região.

Utilizando dados de superfície provenientes de estações meteorológicas junto com índices de vegetação derivados de imagens do sensor AVHRR/NOAA-14, este estudo tem como objetivo o monitoramento das condições climáticas nos Parques Nacionais da Chapada dos Veadeiros (GO) e de Grande Sertão Veredas (MG), visando identificar padrões associados à ocorrência de incêndios a fim de se permitir antecipar o estabelecimento de condições propícias à tal. Os resultados preliminares obtidos para os meses de julho e agosto de 1999, os quais se inserem no período de seca daquela região, são apresentados e discutidos.

## DADOS UTILIZADOS

Neste estudo, foram utilizados dados de estações meteorológicas de superfície (precipitação, temperatura, umidade relativa e vento) correspondentes às estações de Barro Alto (GO) e Buritis (MG), assim como imagens AVHRR/NOAA-14 referentes a passagem vespertina do sensor, captadas pela antena da Divisão de Satélites Ambientais (DSA) do INPE-Cachoeira Paulista. A área de estudo é definida pelas coordenadas 44° – 50° W e 12° – 18° S (figura 1), dentro das quais estão localizados os Parques Nacionais da Chapada dos Veadeiros (GO) e de Grande Sertão Veredas (MG). O período que abrange os dados refere-se aos meses de julho e agosto, período este em que as condições de seca já se estabeleceram, registrando precipitação nula, umidade relativa baixa, temperaturas elevadas e vegetação estressada.

As estações meteorológicas de superfície foram escolhidas de modo a situarem-se o mais próximo das duas áreas de estudo, observando-se a geografia local através do tipo de vegetação, relevo, assim como a regularidade das observações disponíveis. Desta forma, foram escolhidas como representativas dos Parques Nacionais da Chapada dos Veadeiros e de Grande Sertão Veredas as estações de Barro Alto (Plataforma de Coleta de Dados – PCD/INPE) e de Buritis (estação meteorológica convencional – INMET), respectivamente. A figura 1a apresenta um esquema da área, mostrando a localização de cada uma das duas estações. A estação de Barro Alto (GO) encontra-se distante 180km do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, enquanto a estação de Buritis (MG) encontra-se distante 75km do Parque Nacional de Grande Sertão Veredas. Apesar das distâncias relativamente grandes das estações em relação aos respectivos Parques, a análise dos dados da rede de estações existente na região mostrou uma alta correlação entre os valores observados para cada variável estudada, inclusive entre os dados de precipitação, para os quais eram esperadas as maiores diferenças em função do caráter local das chuvas observadas em tal região.



**Figura 1:** Representação da área de estudo, onde (a) mapa geográfico; (b), (c) e (d) correspondem à imagem do dia 12/08/99 18:05h UTC referentes ao canal 2 AVHRR, NDVI e GEMI, respectivamente.

As imagens escolhidas para o estudo são referentes à passagem vespertina do sensor AVHRR/NOAA-14 (aproximadamente 15:30h local), para as quais foram calculados os índices de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)(Tucker, 1979) e GEMI (Global Environment Monitoring Index)(Pinty e Verstraete, 1992) e aplicados os métodos de detecção de focos de calor a fim de se identificar através das imagens os dias em que ocorreram incêndios em cada um dos Parques.

Os dois Parques são caracterizados por apresentarem vegetação do tipo cerrado, havendo predomínio de espécies do tipo campos rupestres, cerrado (sensu estrito), campos úmidos e veredas no P.N. da Chapada dos Veadeiros, e de espécies do tipo cerrado denso, cerrado ralo, carrasco, veredas e mata de galeria no P.N. de Grande Sertão Veredas (RADAMBRASIL,1982). O fogo é um fator de grande importância sobre os dois ecossistemas. A área que abrange ambos os parques é marcada por um forte sinal sazonal, havendo uma clara distinção entre a estação seca (de maio a meados de outubro), com precipitação nula e vegetação estressada, e a estação úmida (de meados de outubro a abril), com precipitação quase diária e vegetação exuberante. O ressecamento da gramínea presente nos dois ecossistemas, assim como a perda da folhagem das espécies arbóreas contribuem para o acúmulo de material combustível de alto teor inflamável.

## METODOLOGIA

Os dados AVHRR selecionados correspondem às imagens recebidas pela antena da Divisão de Satélites Ambientais - DSA/INPE - Cachoeira Paulista. As imagens (4500 linhas (aproximadamente) x 2048 colunas), foram inicialmente inspecionadas visualmente a fim de se fazer uma separação prévia, eliminando aquelas excessivamente contaminadas por nuvens. A seguir, foram extraídos setores de 450 x 450 linhas x colunas a partir das imagens georreferenciadas pela DSA, que cobriam a área de interesse. Em função do processo aplicado, a precisão do georreferenciamento variou em até 10 pixels, dependendo da disponibilidade de pontos de controle coletados em cada imagem.

Às imagens georreferenciadas e setorizadas, foram aplicados os índices de vegetação NDVI e GEMI e o método de detecção de focos de calor. Os índices de vegetação são dados pelas seguintes relações:

$$NDVI = \frac{r_2 - r_1}{r_2 + r_1} \quad (1)$$

$$GEMI = h(1 - 0.25h) - \frac{r_1 - 0.125}{1 - r_1} \quad (2a)$$

$$h = \frac{2(r_2^2 - r_1^2) + 1.5r_2 + 0.5r_1}{r_2 + r_1 + 0.5} \quad (2b)$$

Onde  $r_1$  e  $r_2$  são as reflectâncias nos canais visível e próximo infravermelho, respectivamente.

A detecção dos focos de calor foi feita através de dois métodos distintos, que são o método simples do limite de saturação do canal 3 do sensor AVHRR (Vickos, 1991 e Pereira et Setzer, 1993), e o método multiespectral proposto por França (1995), o qual se baseia em uma combinação de testes a partir dos canais 1, 3, 4 e 5 do sensor AVHRR, estabelecendo como critérios necessários para que um pixel seja rotulado como um foco de calor relacionado a fogo, o seguinte:

- (i)  $Tb_3 \geq 320K$
- (ii)  $Tb_4 \geq 287K$
- (iii)  $Tb_3 - Tb_4 \geq 15K$
- (iv)  $0 \leq Tb_4 - Tb_5 \leq 5K$
- (v)  $Alb_1 \leq 9\%$

Onde  $Tb_3$ ,  $Tb_4$  e  $Tb_5$  são respectivamente as temperaturas de brilho nos canais 3, 4 e 5, e  $Alb_1$  é o albedo calculado no canal 1 do sensor AVHRR, sendo definidos pelas seguintes relações:

$$Alb_1 = Slp_1 * DN_1 + Int_1 \quad (3)$$

$$Rad_{3,4e5} = Slp_i * DN_i + Int_i \quad (4a)$$

$$Tb_{3,4e5} = \frac{C_2 v}{\ln \left[ 1 + (C_1 / Rad_i) v^3 \right]} \quad (4b)$$

Foram definidos buffers (linha x coluna) nas imagens que limitavam cada uma das áreas em estudo, e para estas sub-áreas realizada a identificação de ocorrência de fogo (através da contagem de focos de calor detectados) e extraídos os valores médios dos índices de vegetação (sendo feita a eliminação dos pixels contaminados por nuvem através de um filtro de temperatura no canal 4 do sensor AVHRR –  $Tb_4 < 288K$  – e da aplicação de um limite para separação de tais pixels através do próprio valor do índice de vegetação).

As variáveis analisadas foram plotadas em gráficos de dispersão separando-se os pontos em dois grupos distintos, um identificado por dias em que ocorreram incêndios e outro por dias em que não ocorreram incêndios. Os resultados preliminares são discutidos abaixo.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As figuras 2 e 3 apresentam os gráficos de dispersão obtidos para o conjunto de variáveis analisadas para os Parques Nacionais da Chapada dos Veadeiros e de Grande Sertão Veredas, respectivamente. Nestes, são dispostos dois grupos distintos de pontos, um representando as observações nos dias em que foram identificados focos de calor nas imagens do sensor AVHRR que cobriram a área, e um segundo representando as observações efetuadas em dias em que não foram identificados focos de calor nas imagens – estes dois grupos são rotulados no eixo horizontal dos gráficos como sendo então de observações em dias de “incêndio” e “não incêndio”, respectivamente.

A fim de se confirmar os dados de focos de calor detectados nas imagens de satélite com o observado em campo, foi realizado um levantamento das ocorrências de incêndios observados em cada um dos Parques por seus guardas florestais junto ao PREVFOGO/IBAMA e à FUNATURA, responsáveis respectivamente pelo controle do P. N. da Chapada dos Veadeiros e do P. N. Grande Sertão Veredas. Assim, foram observados durante o período coberto por este estudo 6 dias com ocorrência de incêndio no P. N. da Chapada dos Veadeiros e 7 dias com ocorrência de incêndio no P. N. Grande Sertão Veredas.

Como esperado, as variáveis atmosféricas de temperatura e umidade relativa apresentam comportamentos diametralmente opostos para os eventos, sendo registrados valores elevados de temperatura associados a baixos valores de umidade relativa para as medidas realizadas em dias em que ocorreram incêndios nos Parques. A terceira variável atmosférica, o vento, apresenta um comportamento mais aleatório, não estando caracterizado um padrão definido para os dias em que ocorreram incêndios nos Parques. Apesar desta constatação, tal variável deve ser analisada como um elemento importante na atribuição de potenciais de risco de incêndios, uma vez que, apesar de não contribuir diretamente para o início do evento, exerce papel fundamental na forma como este se desenvolve, influenciando o seu alastramento e a intensificação das chamas. As tabelas 1 e 2 apresentam os valores médios e o desvio padrão das variáveis analisadas para as duas situações de incêndio e não incêndio para os Parques Nacionais da Chapada dos Veadeiros e de Grande Sertão Veredas, respectivamente. Pode-se observar a clara distinção dos valores das variáveis temperatura e umidade relativa entre as duas situações, sendo esta mais bem definida para o P. N. da Chapada dos Veadeiros. Apesar de no P. N. de Grande Sertão Veredas a separação entre os valores de incêndio e não-incêndio ser menos marcante, estes permanecem obedecendo a regra dos valores mais altos de temperatura ocorrerem em conjunto com valores mais baixos de umidade relativa para as observações em dias com

incêndio. Em ambos os Parques, os maiores valores registrados de temperatura e os menores valores registrados de umidade relativa estiveram associados a ocorrência de incêndio.

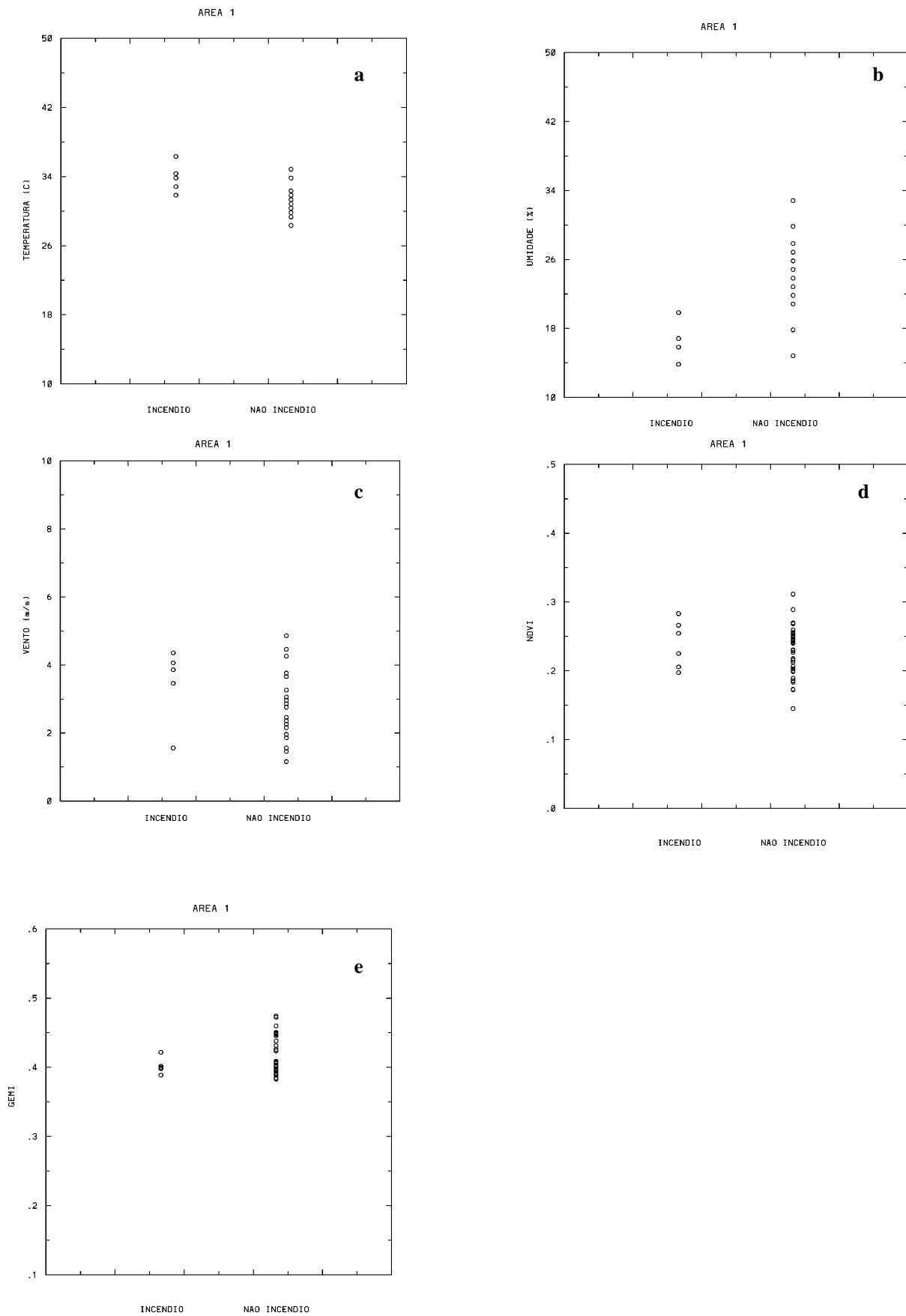
Os índices de vegetação apresentaram valores bastante estáveis ao longo do período analisado, indicando que a vegetação já experimentava sua condição de maior estresse, com a seca já bem definida. As flutuações nos valores de ambos os índices NDVI e GEMI mostraram estar relacionadas a variações nas condições de observação do satélite e à contaminação atmosférica. No caso do índice NDVI, estas oscilações foram as mais significativas, como era esperado devido a maior sensibilidade que este índice apresenta à tais influências. Ambas as áreas apresentaram índices de vegetação bastante semelhantes, o que era esperado em função do tipo de vegetação cerrado encontrado em cada Parque.

**Tabela 1:** Valores médios e desvio padrão das variáveis observadas para o P. N. da Chapada dos Veadeiros (GO).

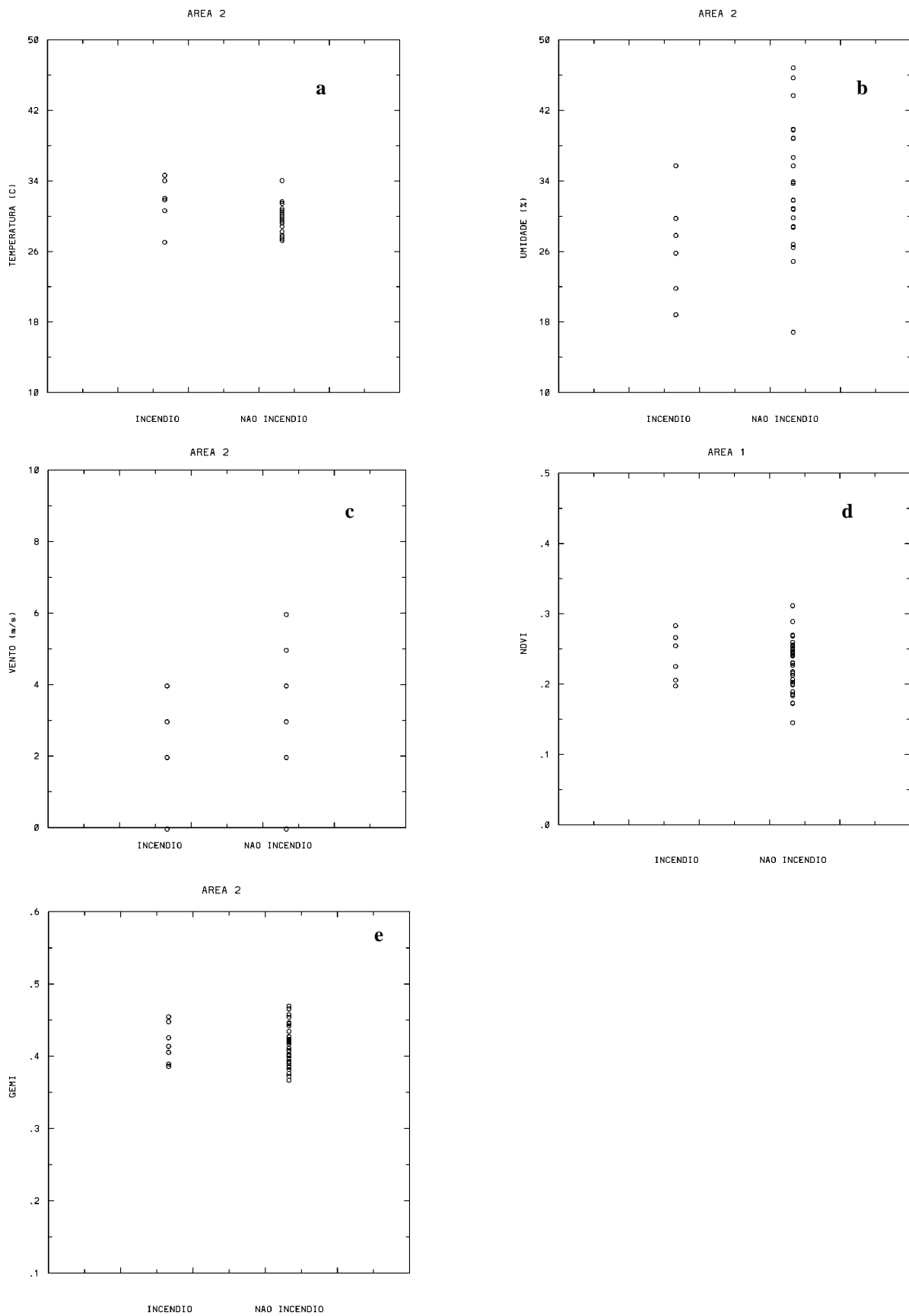
Variável	Incêndio	Não-Incêndio
Temperatura	33.83 ± 1.57	31.13 ± 1.51
Umidade Rel.	16.66 ± 1.96	24.18 ± 3.70
Vento	3.6 ± 1.02	2.77 ± 0.96
NDVI	0.24 ± 0.03	0.23 ± 0.04
GEMI	0.40 ± 0.01	0.41 ± 0.03

**Tabela 2:** Valores médios e desvio padrão das variáveis observadas para o P. N. de Grande Sertão Veredas (MG).

Variável	Incêndio	Não-Incêndio
Temperatura	31.91 ± 2.48	30.08 ± 1.47
Umidade Rel.	26.09 ± 5.74	33.55 ± 6.63
Vento	2.57 ± 1.39	2.85 ± 1.17
NDVI	0.25 ± 0.03	0.22 ± 0.04
GEMI	0.42 ± 0.02	0.41 ± 0.02



**Figura 2:** Gráficos de dispersão das variáveis (a) temperatura, (b) umidade relativa, (c) vento, (d) NDVI e (e) GEMI para a área de estudo 1, referente ao Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (GO).



**Figura 3:** Gráficos de dispersão das variáveis (a) temperatura, (b) umidade relativa, (c) vento, (d) NDVI e (e) GEMI para a área de estudo 2, referente ao Parque Nacional de Grande Sertão Veredas (MG).



## CONCLUSÃO

Dados de estações meteorológicas de superfície e de índices de vegetação derivados de imagens de satélite foram analisados para os meses de julho e agosto de 1999, período em que a seca na região dos Parques Nacionais da Chapada dos Veadeiros (GO) e de Grande Sertão Veredas (MG) já está bem estabelecida, havendo ocorrências de incêndios observados em ambas as áreas. Com a identificação dos focos de calor nas imagens AVHRR selecionadas e posterior confirmação destes dados com informação de campo, pode-se traçar o comportamento das variáveis atmosféricas de temperatura, umidade relativa e vento para os dias em que ocorreram incêndios, assim como pode-se acompanhar o estado da vegetação durante período analisado, atribuindo-se o valor de índice de vegetação reinante. Os resultados obtidos mostram que as variáveis temperatura e umidade relativa apresentam papel significativo para a ocorrência de incêndios, sendo observados os eventos apenas quando se aproximavam os valores mais altos de temperatura em conjunto com os valores mais baixos de umidade relativa em cada região. Os índices de vegetação também representam uma informação valiosa, visto que a estabilidade destes em um valor baixo indicaria a condição de estresse da vegetação, e portanto o estabelecimento de condições ideais do combustível. O cruzamento desta informação com a condição das variáveis atmosféricas pode ser um bom indicativo do risco de ocorrência de incêndios, ou da possibilidade de perda do controle sobre queimadas induzidas.

Este trabalho é parte de um estudo de tese de mestrado em desenvolvimento no curso de Engenharia Ambiental da COPPE/UFRJ, e apresenta apenas os resultados preliminares alcançados até agora. Uma análise mais completa abrangendo toda a época seca do ano de 1999, de seu estabelecimento até o seu encerramento (abril-outubro), está sendo realizada, permitindo uma discussão mais detalhada de todos os fatores envolvidos na questão da queima de biomassa e dos padrões climatológicos susceptíveis a ocorrência de incêndios, o que irá tornar possível a definição de valores precisos das variáveis para os quais o risco de incêndios é grande.

## AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos ao Grupo de Aplicações de Satélites Meteorológicos do CPTEC e à DSA/INPE – Cachoeira Paulista pelo apoio e pela disponibilização das imagens e dos dados PCD utilizados neste estudo, ao INMET, pela disponibilização dos dados de suas estações meteorológicas de superfície, e ao PROARCO/IBAMA, PREVFOGO/IBAMA e à FUNATURA pela disponibilização dos dados de incêndios nos Parques Nacionais da Chapada dos Veadeiros (GO) e de Grande Sertão Veredas (MG). Ao Programa PIBIC/UFRJ/CNPq

## BIBLIOGRAFIA

- Achard, F. and F. Blasco, 1990, Analysis of Vegetation Seasonal Evolution and Mapping of Forest Cover in West Africa with the use of NOAA/AVHRR HRPT Data. *Photogrammetric Eng. And Remote Sensing*, vol. 56, no. 10, 1359-1365.
- Belward, A. S., J-M. Grégorie, G. D'Souza, S. Trigg, M. Hawkes, J-M. Brustet, D. Serça, J-L. Tireford, J-M. Charlot and R. Vuattoux, 1993, In-Situ, Real-Time Fire Detection Using NOAA/AVHRR Data. *Proceedings of the 6<sup>th</sup> AVHRR Data User's Meeting*, 333-339.
- Carlson, T. N. and D. A. Ripley, 1997, On the Relation Between NDVI, Fractional Vegetation Cover, and Leaf Area Index. *Remote Sens. Environ.*, 62, 241-252.
- CPTEC/INPE, 1996, *Climanálise – Boletim de Monitoramento e Análise Climática*, Edição Comemorativa de 10 anos. Inst. Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- França, J.R.A , J. -M. Brustet and J. Fontan, 1995, Multispectral Remote Sensing of Biomass Burning in West Africa. *J. Atmosph. Chemistry*, vol. 22, 81-110.
- Goward, S.N., B. Markham, D. G. Dye, W. Dulaney, and J. Yang, 1991, Normalized Difference Vegetation Index Measurements from the Advanced Very High Resolution Radiometer. *Remote Sens. Environ.*, 35, 257-277.
- IGBP, 1990, *The International Geosphere-Biosphere Programme : A Study of Global Change: The Initial Core Projects*. IGBP, Stockholm (IGBP Report No. 12).
- IGBP, 1999, *Relating Land Use and Global Land-Cover Change: A Proposal for na IGBP-HDP Core Project*. IGBP, Stockholm (IGBP Report No. 24).
- Kaufman, Y.J., A. Setzer, D. Ward, D. Tanre, B.N. Holben, P. Menzel, M. C. Pereira, and R. Rasmussen, 1992, Biomass Burning Airborne and Spaceborne Experiment in Amazonas (BASE-A). *J. Geophys. Res.* , vol. 97, 14.581-14.599.

- Kaufman, Y. J., P.V. Hobbs, V.W.J.H Kirchhoff, P. Artaxo, L.A. Remer, B.N. Holben, M.D. King, D.E. Ward, E. M. Prins, K.M. Longo, L.F. Mattos, C.A. Nobre, J.D. Spinhirne, Q. Ji, A.M. Thompson, J.F. Gleason, S.A. Christopher and S. -C. Tsay, 1998, Smoke, Clouds and Radiation – Brazil (SCAR-B) Experiment. *J. Geophys. Res.*, vol. 103, no. D24, 31.783-31.808.
- Nobre, C. A., L. F. Mattos, C. P. Dereczynsky, T. A. Tarasova and I. V. Trosnik, 1998, Overview of Atmospheric Conditions During the Smoke, Clouds, and Radiation – Brazil (SCAR-B) Field Experiment. *J. Geophys. Res.*, vol.103, no. D24, 31.809-31.820.
- Pereira, M.C., and Setzer, A .W., 1993: "Spectral characteristics of deforestation fires in NOAA/AVHRR images". *Int. J. Remote Sensing*, 14, 297-313
- Pinty, B. and M. M. Verstraete, 1992, GEMI: A Non-Linear Index to Monitor Global Vegetation from Satellites. *Vegetation*, 101, 15-20.
- Pivello, V.R. and L.M. Coutinho, 1992, Transfer of Macro-Nutrients to the Atmosphere During Experimental Burnings in an Open Cerrado (Brazilian Savanna). *J. of Tropical Ecology*, 8(4):487-497.
- Prinn, R. G., 1991, Biomass Burning Studies and the International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) Project. *Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic and Biospheric Implications* (J. S. Levine, ed.), 22-28.
- Prins, E. M., J. M. Feltz, W. P. Menzel, and D. E. Ward, 1998, An Overview of GOES-8 Diurnal Fire and Smoke Results for SCAR-B and 1995 Fire Season in South America. *J. Geophys. Res.*, vol. 103, no. D24, 31.821-31.835.
- R.O.I. – Relatório de Ocorrência de Incêndios em Unidade de Conservação Gerenciadas pelo IBAMA – 1987-1999, 1999. PREVFOGO – Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais.
- Schroeder, W., J. R. A. França, J. C. Ceballos, 1999, Análise da Evolução Temporal da Cobertura Vegetal Usando Dados AVHRR/NOAA. XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - II Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia.
- Tucker, C. J., 1979, Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. *Remote Sens. Environ.*, 8, 127-150.
- Vickos, J.B., 1991: "Télédétection des feux de végétation en Afrique Intertropicale et estimation des émissions de constituants ayant un intérêt atmosphérique". Thèse de doctorat de l'Université Paul Sabatier, 148pp.