

**AVALIAÇÃO SOBRE OS EFEITOS DOS FOCOS DE QUEIMADAS DETECTADOS PELO AVHRR E VISIBILIDADE HORIZONTAL EM CORUMBÁ – MS, ENTRE 1998 E 1999**

*Marcos Luiz de A. Pinto*

*Roberto Tadeu de Araujo*

*José Avanir Machado Nogueira Filho*

*Reni Antonio Teixeira*

*Enio Bueno Pereira (1)*

*Instituto de Proteção ao Vôo/ Seção de Climatologia Aeronáutica*

*Pç. Mal. do Ar Eduardo Gomes, n. 50, São José dos Campos, SP, cep 12228-903*

*Tel.: (12) 3945 9055, Fax: 12 3941 7056, e-mail: [nuccla@ipv.cta.br](mailto:nuccla@ipv.cta.br)*

*(1) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, C. Postal 515, cep 12201-979*

*São José dos Campos, SP, Tel.: (12) 3941-8126, e-mail: [enio@dge.inpe.br](mailto:enio@dge.inpe.br)*

**Abstract**

This work is an assessment of the degradation of the horizontal visibility in the city of Corumbá and its relationship with biomass burning spots derived by satellite AVHRR data. The studied area had approximately 10.000 m<sup>2</sup> around the observation point. Observations were made from July to September (1998-99) between 1300 and 1600 local time. The results indicate a relatively poor overall correlation between the spots and the visibility degradation, except for certain sectors of the selected area. This was linked to effects of local versus long distant sources of biomass burning products.

**1 - INTRODUÇÃO**

O interesse pelos efeitos da ação do homem sobre a atmosfera tem aumentado devido a mudanças globais e problemas ambientais, em geral. O particulado em suspensão no ar e suas propriedades, como tempo de residência, despertam grande atenção, pois os particulados são mais notados que os gases poluentes (Twomey, 1977). Os aerossóis devem ser considerados em estudos sobre modelagem do clima. Este, pode ser entendido por valores médios e variâncias de parâmetros meteorológicos, durante um período sazonal, no mínimo. Neste contexto, os aerossóis afetam diretamente o tempo devido suas interações com o campo de radiação óptica do planeta e indiretamente devido a seus efeitos sobre a microfísica das nuvens, o albedo e a precipitação (Gerber e Hindman, 1980).

A visibilidade horizontal é um parâmetro registrado em Estações Meteorológicas de Superfície (EMS), localizadas em aeródromos, com o objetivo de garantir segurança aos procedimentos de aproximação, pouso e decolagem. A redução da visibilidade pode ser reconhecida como um indicador de poluição do ar, sendo que, tal parâmetro meteorológico tem no espalhamento da radiação óptica seu determinante primário (McCartney, 1976; Hidy, 1984; Pinto, 2001). Horvath e Trier (1993) realizando um estudo sobre aerossóis em Santiago no Chile, concluíram que os dados ópticos de medidas de extinção da luz, obtidos por telefotometria, possuíam forte correlação estatística ( $r = 0,86$ ) com valores de visibilidade horizontal registrados em três aeródromos na área de Santiago.

No período entre julho e outubro são registrados altos índices de queimadas na região do sul da Amazônia e no Brasil central. Emissões de queimadas têm provocado concentrações de poluentes muitas vezes superiores aos níveis de padrões ambientais nacionais e estrangeiros. A queima da biomassa causa prejuízos como fechamento de aeródromos, empobrecimento do solo e efeitos na biodiversidade (Setzer, 1992).

O Brasil foi pioneiro no uso de satélites na detecção operacional de queimadas, por meio de imagens termais diárias, na faixa de comprimento de onda de 3,7 $\mu$ m (banda 3) do sensor “*Advance Very High Resolution Radiometer*” – AVHRR dos satélites meteorológicos da série NOAA, desde 1987. Os satélites da série NOAA estão colocados em órbita quase-circular, heliossíncrona, quase-polar a uma altitude de 833km e possuem uma resolução espacial, ao nadir, de 1,1km e de aproximadamente 5km nas bordas da imagem (Pereira e Setzer, 1986).

Pereira et al. (1996) obtiveram boas correlações entre número de focos de fogo, obtidos com o sensor AVHRR, para um raio de 50km, e a concentração de pequenas partículas ( $r = 0,95$ ) e a massa total de aerossóis ( $r = 0,98$ ).

O objetivo deste trabalho é verificar a existência de correlação estatística entre número total semanal de focos de queimadas e a visibilidade horizontal média, para períodos coincidentes, na área de Corumbá, em 1998 e 1999.

## 2 - ÁREA DE ESTUDO

O local de estudo é o município de Corumbá localizado em 19°00'33" S e 57°39'12" W, no estado do Mato Grosso do Sul, a uma altitude média de 118,74m e possui uma área total de 5.350.637ha, compreendendo parte do Pantanal Mato-grossense englobando sua área alagável. Pela classificação de Köppen ocorre em Corumbá, o tipo climático AW, clima quente-úmido com estação chuvosa no verão e estiagem no inverno. A precipitação é baixa com média anual de 972mm, recebendo intensa radiação solar que se reflete nas altas temperaturas e grande evaporação. O mês mais quente é dezembro com 27,4°C, em média; ao passo que o mês mais frio é em julho, com 21,4°C. Esta amplitude de 6,0°C nas médias térmicas confere-lhe a característica de estação dos trópicos externos (Amaral, 1986 e Valverde, 1972). A vegetação predominante constitui-se de florestas estacionais, savanas e grandes áreas de tensão ecológica (Brasil, 1982). É fenotípica e floristicamente semelhante a caatinga do nordeste brasileiro, com vegetação xerófila, caducifolia na estiagem. Nas partes menos acidentadas, o revestimento é mais baixo que a mata semidecídua das encostas de serra (Valverde, 1972 e Conceição e Paula, 1986).

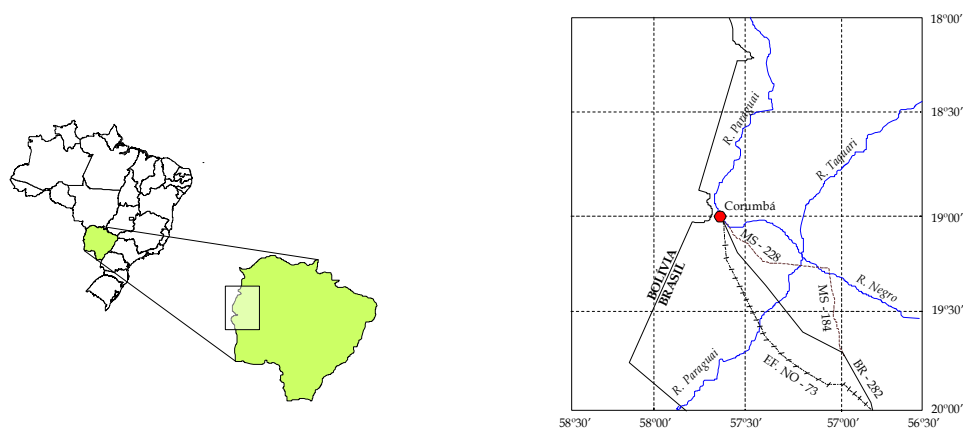
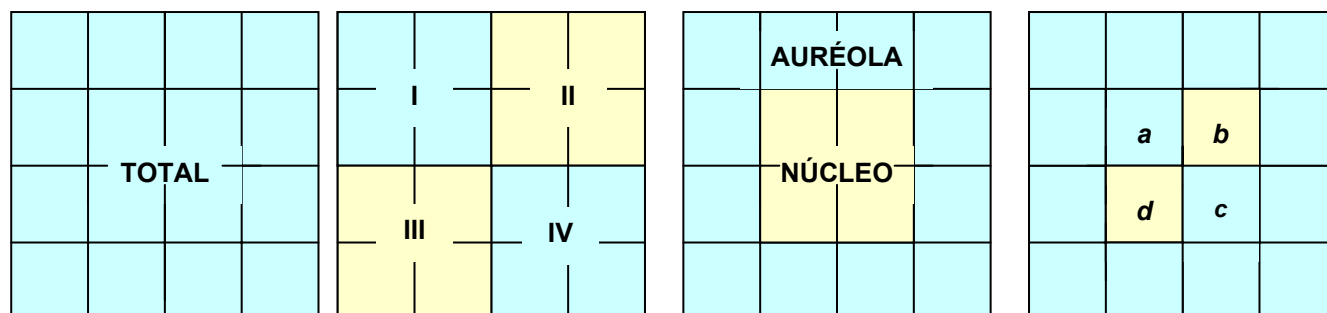


Figura 1. Mapa da área de estudo (modificado de Brasil, 1982).

## 3 - MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho foram utilizados registros de visibilidade, temperatura do ar e umidade relativa obtidos diretamente de formulários meteorológicos do aeródromo de Corumbá, dos horários das 1300 às 1600 horas (local), dos meses de julho a setembro, dos anos de 1998 e 1999. Tais horários foram selecionados por apresentarem valores de umidade mais baixos, variando entre 60% e 23%, reduzindo assim a influência desta variável sobre a visibilidade. Dessa forma, calculou-se a média diária de cada um dos parâmetros. No caso dos dados de queimadas, optou-se por aqueles registrados dentro da área definida pelas seguintes coordenadas geográficas: 18°00'S/58°30'W, 18°00'S/56°30'W, 20°00'S/58°30'W e 20°00'S/56°30'W (Figura 1.). A área foi dividida em quadrículas de 0,5° por 0,5°, onde foram calculados o número total semanal de focos de calor, obtidos com sensor AVHRR, banda 3 (comprimento de onda de 3,8 μm), dos satélites meteorológicos da série NOAA.

Assim, foram verificadas as correlações entre visibilidade, umidade relativa, registradas no aeródromo de Corumbá, distintamente, e total semanal de focos para cada uma das áreas apresentadas na Figura 2.: área total, área de cada um dos quadrantes (I, II, III, IV), somatório das 4 quadrículas centrais (núcleo), somatório das quadrículas periféricas (auréola) e cada uma das quadrículas centrais. (a, b, c, d).



**Figura 2.** Modelo de divisão das quadrículas da área de estudo para a soma do total semanal de focos de calor.

#### 4 - ANÁLISE DE RESULTADOS

A distribuição das densidades de focos de queimadas para cada elemento representado na Figura 1. encontra-se na Tabela 1..

Tabela 1. Densidades de focos de queimadas por elemento de contagem.

Total	I	II	III	IV	Núcleo	Auréola	a	b	c	d
110,4	83,75	14,75	<b>255,0</b>	88,24	<b>185,0</b>	117,7	45,00	44,00	27,00	<b>241,0</b>

A densidade de focos de queimadas no quadrante III, para todo o período estudado, foi superior a dos demais quadrantes. Na auréola esse índice foi inferior em cerca de 57% a do núcleo, apresentando forte indicativo de que os maiores efeitos das queimadas sobre a visibilidade foram provocados por fontes locais e não pelo transporte de aerossóis de fontes distantes. O setor *d* apresentou a maior densidade (focos dividido pela área amostrada) de focos corroborando de forma consistente com o resultado superior apresentado pelo quadrante III. Esses resultados parecem estar ligados à agricultura intensificada na região da Lagoa do Jacadigo, com conseqüentes queimadas locais.

A análise estatística preliminar dos dados foi realizada empregando correlações (*r*) entre os diversos parâmetros analisados. Os resultados das correlações entre visibilidade horizontal (VIS) e total semanal de focos, para cada um dos casos, estão dispostos na Tabela 2.

TABELA 2. – Coeficientes de correlação para os dados de visibilidade e total semanal de focos.

VIS X No. focos	Correlação (r)	Spearman
TOTAL	-0,41	-0,45
I	<b>-0,57</b>	-0,60
II	-0,50	<b>-0,70</b>
III	-0,20	-0,37
IV	-0,43	-0,50
NÚCLEO	-0,09	-0,41
AURÉOLA	-0,34	-0,29
a	<b>-0,61</b>	-0,44
b	-0,47	<b>-0,52</b>
c	-0,21	-0,18
d	-0,42	-0,37

Apesar dos baixos valores dos coeficientes de correlação “*r*”, observa-se que as duas maiores correlações entre visibilidade e total semanal de focos estão representadas nas áreas I e *a*, com  $r = -0,57$  e  $r = -0,61$ , respectivamente, para um nível de significância de 99%. As melhores correlações obtidas foram aquelas com focos localizados no lado boliviano, onde predomina agricultura intensa e a criação extensiva de gado. Foi empregada a estatística de correlação não-paramétrica de Spearman sobre a mesma base de dados, considerando-se a hipótese de que a distribuição pode não ser normal. Os resultados neste caso são semelhantes, embora apresentem valores de correlação maiores e um deslocamento dos maiores coeficientes para o quadrante II e o setor *b* da Figura 1. Esses resultados parecem ser consistentes, uma vez que estão de acordo com as massas de ar movidas pela circulação de mesoescala ligada a alta do Atlântico, as quais transportam os componentes de queimadas do norte e nordeste do país. Esta observação é indicativa de que de uma componente significativa de aerossóis de queimadas de fontes distantes. Nessas regiões não existe a pressão exercida pelo relevo, que parece ser expressiva nas demais regiões, uma vez que nos quadrantes I e II não existem os planaltos residuais nem as escarpas de serras, apenas planícies fluvio-lacustre e planícies sedimentares.

Os resultados das relações entre umidade relativa (UR) e total semanal de focos, para cada um dos casos, estão dispostos na Tabela 3.

TABELA 3. – Coeficiente de correlação para os dados de umidade relativa e total semanal de focos.

UR X No. focos	Correlação (r)	Spearman
TOTAL	<b>-0,70</b>	<b>-0,77</b>
I	-0,65	-0,71
II	-0,41	-0,56
III	-0,59	-0,74
IV	-0,55	-0,70
NÚCLEO	-0,42	-0,74
AURÉOLA	-0,65	-0,77
a	-0,42	-0,75
b	-0,51	-0,70
c	-0,50	-0,45
d	<b>-0,67</b>	<b>-0,81</b>

Entre os valores de correlação “r” foram observados apenas pequenas diferenças, mesmo assim, os maiores foram apresentados pela área Total e setor *d*,  $r = -0,70$  e  $r = -0,67$ , respectivamente. Tais características coincidiram com os resultados da correlação não-paramétrica de Spearman. Esse resultados parecem estar relacionados com situações de microclima, uma vez que o setor *d* trata-se de uma planície fluvio-lacustre (região da Lagoa do Jacadigo) circundada por planaltos residuais (Morro do Jacadigo e Maciço do Urucum ou Serra do Albuquerque), portanto, sujeita a influência direta deste reservatório de água.

## 5 – CONCLUSÃO

Os resultados indicam que um dos fatores de redução da visibilidade local é a atividade de queima de biomassa, tanto localmente como em regiões mais remotas. A distribuição da densidade dos focos de queimadas pelos setores analisados mostrou que a região próxima do ponto de observação da visibilidade (núcleo) apresentava-se 57% superior do que na região de fronteira (auréola), mais distante deste ponto.. As maiores densidades foram localizadas em região de maior atividade agrícola. Contudo, não houve uma boa correlação entre os focos de queimadas e essa redução de visibilidade, exceto para alguns setores específicos na região estudada. A análise não paramétrica de Spearman apresentou coeficientes de correlação variando entre 0,18 e 0,70. Os maiores coeficientes de correlação foram associados a fontes de originadas fora da região de estudo. A umidade relativa apresentou melhores coeficientes de correlação, variando ente 0,77 e 0,81 (Spearman). Isso indica que a umidade relativa é o parâmetro de primeira ordem para a redução da visibilidade da região. A melhor correlação foi obtida para um setor que incorpora a lagoa do Jacadigo, com conseqüente efeito microclimático sobre a umidade relativa do ar.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, F.Z.P. Solos do Pantanal Mato-grossense. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 1, 1984, Corumbá. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p. 91-103.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energias. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SE. 21. Corumbá e parte da folha SE. 20: geologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. 452p. (Levantamento de Recursos Naturais, 27)
- CONCEIÇÃO, C.A.; PAULA, J.E. Contribuição para o conhecimento da flora do Pantanal Mato-grossense e sua relação com a fauna e o homem. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 1, 1984, CORUMBÁ. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p. 107-190.
- GERBER, H. E.; HINDMAN, E. E. **Light absorption by aerosol particles**. Virginia: Colorado State University, 1980. 420p.

- HIDY, G. M. **Aerosols**: an industrial and environmental science. London: Academic Press, cap 1, p. 1-16, cap. 8., p. 479-579, 1984. 774p.
- HORVATH, H.; TRIER, A. A study of the aerosol of Santiago de Chile – I. Light extinction coefficients. **Atmospheric Environment**, v. 27 a, n. 3, p. 371-384, 1993.
- McCARTNEY, E.J. **Optics of the atmospheric**: scattering by molecules and particles. New York: John Wiley & Sons, 1976. 407p.
- PEREIRA, M.C.; SETZER, A. W. Detecção de queimadas e plumas de fumaça na Amazônia através de imagens dos satélites NOAA. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., Gramado, 1986. **Anais...** Gramado: 1986, v. 1, p. 701-709.
- PEREIRA, E.B. et al. Airborne measurements of aerosol from burning biomass in Brazil related to the TRACE A experiment. **Journal of Geophysical research**. v. 101, n. D19, p. 23,983-23,992, October, 30, 1996.
- PINTO, M. L. A. **Relação empírica da visibilidade com profundidade óptica, concentração de aerossóis, e focos de queimadas em Alta Floresta e Cuiabá, em 1993 e 1994**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2001.
- SETZER, A. W.; PEREIRA, M. C.; PEREIRA, A. C. O. O uso de satélites NOAA na detecção de queimadas no Brasil. **Climanálise**, v. 7, n. 8, p. 41-53, ago. 1992.
- TOWMEY, S. **Atmospheric aerosols**. New York: Elsevier Scientific Publishing Company, 1977. 320p.
- VALVERDE, O. Fundamentos geográficos do planejamento do município de Corumbá. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.34, n.1, p.49-144, 1972.