

# ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE QUEIMADAS, AEROSSÓIS ATMOSFÉRICOS E PRECIPITAÇÃO

Nathália Velloso Prado<sup>1</sup>, Simone Sievert da Costa Coelho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNESP/PIBIC-INPE- nathalia.prado@cptec.inpe.br, <sup>2</sup>CPTEC/INPE - Cachoeira Paulista - SP

**RESUMO:** O objetivo deste estudo é verificar a relação entre queimadas, aerossóis atmosféricos, precipitação e a radiação solar incidente à superfície sobre a América do Sul, no intuito de compreender como os efeitos da emissão de queimadas na Amazônia e de outras fontes de aerossóis podem acarretar na composição da atmosfera e no processo de formação de nuvens. Este estudo utilizou dados de sensoriamento remoto para o período de 2000 – 2011 por meio do “aerossol optical depth (AOD)” do sensor MODIS a bordo do satélite TERRA e AQUA e detecção de queimadas (INPE – vários satélites) e taxa de chuva (TRMM). Como resultados mais relevantes verificaram-se os meses de Agosto a Outubro como meses pico de intensificação de queimadas e alto valores de AOD. Adicionalmente uma correlação significativamente negativa entre AOD e anomalia de precipitação sobre a região centro-oeste do Brasil foi encontrada. Os resultados, embora preliminares, indicam uma possível relação entre queimadas, aerossóis atmosféricos e precipitação.

**ABSTRACT:** This study aims to investigate the relationship between fires, aerosols, precipitation and solar radiation incident on the surface over South America. It intends to understand how the effects of biomass burning in the Amazon and other sources of aerosols may cause in the atmospheric composition and in the cloud formation process. This study used remote sensing data for the period 2000 – 2011, specifically the aerosol optical depth (MODIS / TERRA - AQUA), fires detection (INPE - multiple satellites) and precipitation rate (TRMM). Results shows that the months from August to October are the peak months of intensification of fires and high levels of Aerosol Optical Deph. In addition, a significantly negative correlation between AOD and precipitation over central-western Brazil is found. The results, although preliminary, indicate a possible relationship between fires, atmospheric aerosols and precipitation.

## 1- INTRODUÇÃO

A principal fonte de aerossóis no Brasil é a queima de biomassa. A emissão de queimadas na Amazônia desregula a composição da atmosfera e o processo de formação de nuvens (que são profundamente alterados quando a concentração de núcleos de condensação de nuvens passa de 200 a 300 NCN/cm<sup>3</sup> na estação chuvosa para 5.000-10.000NCN/cm<sup>3</sup> na estação seca), uma vez que a floresta amazônica interage fortemente com a atmosfera (ARTAXO, 2006). As partículas de aerossóis estão relacionadas ao ciclo hidrológico pelo fato de constituírem os chamados

núcleos de condensação de nuvens (NCN, PAULIQUEVIS et al, 2007), que juntamente com o vapor de água formam as gotículas de nuvens. Esses NCN são partículas de tamanho microscópico, capazes de condensar a água em sua superfície. Se houver uma diferença da concentração de NCN da estação chuvosa para a estação seca, as propriedades da microfísica de nuvens serão profundamente alteradas. Desde o processo de crescimento de uma gota (cerca de 20µm de diâmetro) até a gota formada (de 1 a 2mm de diâmetro), o volume desta gota - que aumenta proporcionalmente com o valor cúbico do raio da gota - várias etapas acontecem. As correntes de ar dentro da nuvem iniciam-se devido ao ar aquecido pelo contato com o chão quente durante o dia. Essas correntes sustentam as gotas de chuva dentro da nuvem enquanto elas crescem (podendo ser por condensação do vapor d'água e pelo choque com outras gotas menores). Estas adquirem um peso maior e isso desacelera o fluxo de ar ascendente, até que essas gotas sentem a ação da gravidade e são arrastadas para baixo, porém a bolha de ar quente flutuando continua levando-as para cima e a nuvem segue crescendo. A quantidade de aerossóis neste momento influencia bastante o processo de formação de nuvens. Uma vez num ambiente não poluído, mais limpo, há poucos NCN. Na disputa por vapor d'água, se houver NCN relativamente grandes, estes vão crescer rapidamente, colidirão com outros menores e precipitarão, chegando estas nuvens a uma altura não maior que 4 ou 5 km. Entretanto, se a atmosfera estiver poluída, com grande número de NCN (na época de queimadas por exemplo), a disputa pelo vapor d'água aumenta e as gotas bem lentamente crescerão pouco, enquanto a nuvem vai crescendo, podendo estas partículas de nuvens não precipitarem em forma de chuva. Assim, as gotas acabam evaporando e a água, juntamente dos aerossóis, não retornam ao chão e são levados pelos ventos à outros lugares (Freitas et al., 2005).

## **2- DADOS E MÉTODOS DE ANÁLISE**

Inicialmente foi realizado um levantamento da disponibilidade de dados de sensoriamento remoto referente ao aerossol, focos de queimadas e precipitação. Com relação aos aerossóis foram utilizados dados de aerossol optical depth (AOD) provenientes do projeto Giovanni Modis inferidos a partir das informações observadas pelo sensor MODIS - MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer – a bordo dos satélites TERRA e AQUA operados pela NASA no projeto EOS (Earth Observing System). O AOD é uma medida adimensional de extinção da radiação devido à interação da radiação com partículas de aerossóis na atmosfera, principalmente devido aos processos de espalhamento e absorção. Adicionalmente, foram utilizados dados de precipitação do satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) e dados de número de focos de queimadas disponibilizados pelo INPE. O produto de queimadas do INPE utiliza diversos dados de satélites (AQUA, TERRA, NOAA e GOES).

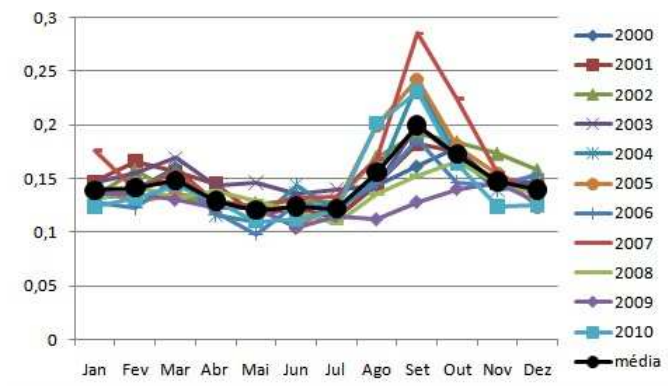
O trabalho consistiu de três partes distintas. Na primeira etapa, uma análise qualitativa entre o número de queimadas e a emissão de aerossóis foi avaliada para um período de 11 anos (2000-2010). Na segunda etapa, a relação entre o AOD e precipitação no período de Janeiro de 2000 a Dezembro de 2010 foi estudada para distintas regiões (Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Oceânica). Neste estudo deu-se maior ênfase para a região centro-oeste, pelo fato dessa região apresentar maior intensificação na atividade das queimadas. Na última etapa foi estimada a correlação entre a espessura óptica de aerossol e a anomalia de precipitação.

### **3- RESULTADOS**

Estudos sobre o número de focos de queimada utilizando produtos de satélite da DSA no período de 2000-2010 indicam que os meses com maior intensificação das queimadas foram os meses entre Agosto a Outubro. O maior número de focos de queimadas sobre o Brasil ocorreu nas regiões nordeste e centro-oeste do Brasil. Na região centro-oeste, o número de queimadas ocorre principalmente entre os estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, com maior destaque para o mês de Setembro. Durante os meses de queimadas na região centro-oeste quantidades significativas de aerossóis são emitidos na atmosfera, cobrindo uma extensa área sobre o Brasil. Os meses de maior intensidade do AOD foram os de Agosto, Setembro e Outubro, sendo que começa a aumentar em Agosto, atinge um máximo em Setembro e diminui em meados de Outubro. A Figura 1 mostra a a média climatológica e a variabilidade anual do AOD no período de 2000 a 2010 para a região centro-oeste do Brasil. Verifica-se que os anos de 2005, 2007 e 2010 apresentam valores de AOD superiores à média climatológica ( $AOD > 0,2$ ) para o mês de Setembro. Durante o ano de 2007 (com especial foco nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul) foram inferidos os maiores valores de AOD, com um pico de 0,285 que se aproximou da escala máxima de 0,3. Interessante observar que Agosto de 2010 já apresenta valores de AOD de 0,2 superiores à média climatológica de 0,15. Estes valores observados em Agosto de 2010 ( $AOD \simeq 2$ ) são similares ao valor climatológico encontrado no mês de Setembro.

Estudo sobre a relação entre AOD e anomalia de precipitação, mostra uma correlação significativamente negativa nos meses de Agosto a Outubro no período entre 2000-2010, indicando alto valores de AOD e baixa anomalia de chuva. Os meses restantes apresentaram uma correlação mais fraca e não significativa estatisticamente. Na Tabela 1 verifica-se a anomalia de precipitação no mês de Setembro de 2007 (-79,18mm), que foi a maior registrada nos onze anos de análise. Destaque para o ano de 2009, que teve a maior anomalia de precipitação positiva e maior anomalia de AOD. Verifica-se que em 2009, os valores de AOD eram aproximadamente 0,13; inferior aos valores climatológicos. Para o ano de 2005 tivemos um déficit de precipitação no mês de Agosto (-15,72mm) e um aumento na precipitação para o mês de Setembro (+24,81mm). A figura 2 mostra o diagrama de dispersão entre a anomalia de

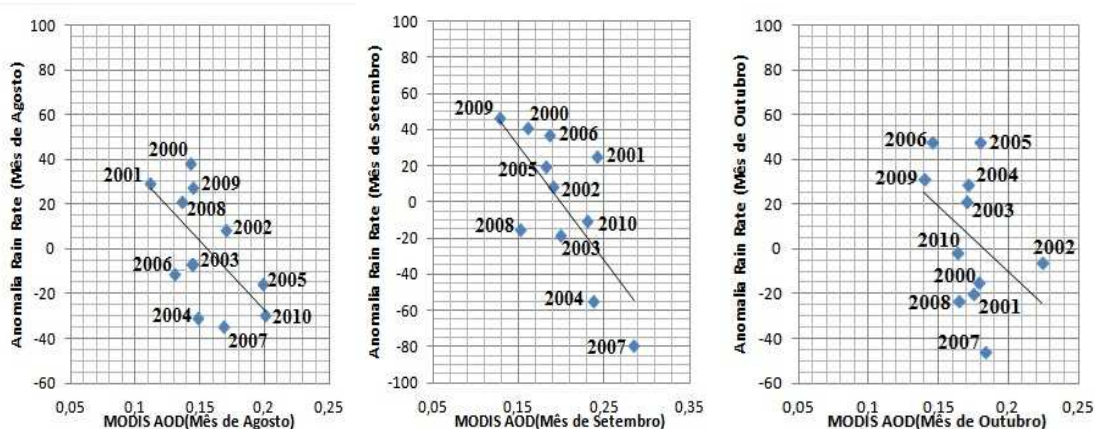
precipitação e AOD. Verifica-se que existe uma forte relação entre precipitação e aerossol. As correlações nos meses de Agosto, Setembro e Outubro entre o AOD e a anomalia de chuva para a última década foram de -0,64; -0,72 e -0,42 respectivamente.



**Figura 1.** Concentração média de aerossol para a região centro-oeste do Brasil para o período de 2000-2010 e a média climatológica.

**Tabela 1.** Precipitação (mm/h) e média da profundidade óptica do aerossol no período de Agosto-Outubro (2000-2010) para a região centro-oeste do Brasil.

Ano	Mês de Agosto		Ano	Mês de Setembro		Ano	Mês de Outubro	
	MODIS AOD	Anomalia de Precipitação (mm/h)		MODIS AOD	Anomalia de Precipitação (mm/h)		MODIS AOD	Anomalia de Precipitação (mm/h)
2000	0,143	38,27	2000	0,161	40,81	2000	0,179	-15
2001	0,145	27,27	2001	0,182	19,81	2001	0,175	-20
2002	0,17	8,27	2002	0,191	8,18	2002	0,184	-46
2003	0,144	-6,72	2003	0,199	-18,18	2003	0,17	21
2004	0,149	-30,72	2004	0,238	-55,18	2004	0,171	29
2005	0,199	-15,72	2005	0,242	24,81	2005	0,18	48
2006	0,145	-6,72	2006	0,186	36,81	2006	0,146	48
2007	0,168	-34,72	2007	0,285	-79,18	2007	0,224	-6
2008	0,136	21,27	2008	0,153	-15,18	2008	0,165	-23
2009	0,112	29,27	2009	0,128	46,81	2009	0,14	31
2010	0,201	-29,72	2010	0,231	-10,18	2010	0,164	-2



**Figura 2.** Relação observada entre a anomalia de precipitação e AOD para a região centro-oeste do Brasil para os meses de Agosto, Setembro e Outubro no período 2000-2010.

#### **4- CONCLUSÕES**

Este estudo verificou que existe uma grande variabilidade espacial e temporal do AOD sobre a América do Sul. As regiões norte, nordeste e centro-oeste apresentam marcante valores de AOD nos meses de inverno ( $AOD > 1$ ), com pico em Agosto e início de Setembro. A análise da relação entre anomalias de precipitação e AOD verificou-se uma possível relação da emissão de aerossóis devido às queimadas e o déficit de chuva no período de transição entre a estação seca e a estação úmida. Estes resultados estão em plena concordância com aqueles que apresentam na literatura (Torres et. al, 2010), indicando que o aumento de concentração de aerossóis aumentam os núcleos de condensação. Neste caso, a quantidade de vapor de água líquida disponível à formação de gotículas de chuva é distribuída para maior número de núcleos de condensação, de modo que as gotas não apresentam tamanho suficiente para precipitar. Certamente, outros fatores podem ser responsáveis pela variabilidade de precipitação, no entanto não são avaliadas neste estudo. A próxima etapa deste trabalho consiste em realizar uma análise espacial da relação do AOD e a precipitação será realizado. Adicionalmente, o efeito do aerossol na radiação solar incidente à superfície será avaliado.

#### **5- AGRADECIMENTOS**

A primeira autora agradece ao CNPq (Processo: 155621/2010-6) pela bolsa de iniciação concedida, ao Giovanni Modis pelo fornecimento dos dados, ao CPTEC/INPE pela oportunidade e à minha orientadora Simone Sievert. Um muito obrigado a Deus, à minha família e aos meus amigos pelo apoio e força na jornada.

#### **6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ARTAXO, P.; *Efeitos Climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia*. Revista Brasileira de Meteorologia, p.1-5, 3 abr. 2006.
- PAULIQUEVIS, T; ARTAXO, P.; OLIVEIRA, P.H.; PAIXÃO, M., *O papel das partículas de aerossol no funcionamento do ecossistema amazônico*. Ciência e Cultura, São Paulo, v.59, n.3, p.1-6, set. 2007.
- TORRES, O.; CHEN, Z.; JETHVA, H.; AHN, C.; FREITAS, S.R.; BHARTIA, P.K. *OMI and MODIS observations of the anomalous 2008–2009 Southern Hemisphere biomass seasons*. Atmospheric Chemistry and Physics, 16 abr. 2010.
- FREITAS, S.R.; LONGO, K.M.; SILVA DIAS, M.A.F.; SILVA DIAS, P.L., *Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul*. Estudos Avançados, São Paulo, v.19, n.53, p.1-7, jan./abr.2005.