



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ESTUDO DO DESEMPENHO DOS PERFIS TERMODINÂMICOS INFERIDOS A PARTIR DE RADIÂNCIA DO SENSOR AIRS

Nathália Velloso Prado (FEG – UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: nathalia.prado@cptec.inpe.br

Dra. Simone Sievert da Costa Coelho (DSA/CPTEC/INPE, Orientadora)
E-mail: simone.sievert@cptec.inpe.br

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Julho de 2011



Ministério da
Ciência e Tecnologia



**RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO PROGRAMA:
PIBIC/ INPE - CNPq**

PROJETO

**ESTUDO DO DESEMPENHO DOS PERFIS TERMODINÂMICOS INFERIDOS
A PARTIR DE RADIÂNCIA DO SENSOR AIRS**

PROCESSO: 155621/2010-6

Relatório elaborado por NATHÁLIA VELLOSO PRADO relativo ao período de
novembro de 2010 a julho de 2011

Nathália Velloso Prado – Bolsista PIBIC/CNPq
Em substituição ao aluno Luís Henrique Gonçalves
E-mail: nathalia.prado@cptec.inpe.br

Dra. Simone Sievert da Costa Coelho – Orientadora
DSA/CPTEC/INPE
E-mail: simone.sievert@cptec.inpe.br

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao suporte de computação da DSA do CTEC, principalmente a José Nestor.

Meus agradecimentos aos funcionários e servidores da DSA/CPTEC/INPE, ao programa PIBIC/INPE-CNPq que está me permitindo, com a aprovação do meu projeto, ingressar na área científica que tanto gosto, como crescimento profissional.

Um muito obrigado especial a Deus e a Nossa Senhora que me guiam nessa caminhada e aos amigos que conquistei na DSA, os quais tornaram o ambiente de trabalho ainda mais agradável. Por isso, a Maria Auxiliadora, Hilda Fátima, Diego Gomes, Helder L. V. P. Prado, Ladylaine C. dos Santos, Patrícia Buzzatto e Silvia Garcia, meu sincero obrigado.

À minha orientadora prof^a. Dra. Simone Sievert da Costa Coelho por toda a paciência e atenção comigo durante este período da bolsa. Com certeza, muito mais do que uma orientadora, foi mais uma amiga nessa jornada.

Aos meus pais queridos que muito se sacrificam pelas realizações dos meus sonhos e à minha irmã, companheira nos momentos de crescimento.

Agradeço também de todo o coração a Ricardo Velozo por todo o apoio que vem me dando nesses últimos dois anos que têm sido os melhores da minha vida.

Enfim, muito obrigada a todos pelo companheirismo e amizade que me demonstram. A vocês dedico este trabalho de desenvolvimento profissional e pessoal, o qual tenho orgulho de que façam parte.

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 – Mapas mensais de focos de queimadas inferida via satélite para o ano de de 2005.....	10
Figura 2 – Campos mensais de profundidade óptica do aerossol para o ano de 2005....	11
Figura 3 – Concentração média de Janeiro a Dezembro para a Região centro-oeste do do Brasil.....	12
Figura 4 – Concentração média de Janeiro a Dezembro para Região Norte do Brasil...	13
Figura 5 – Concentração de aerossol espalhada pela erupção do vulcão ao sul do Chile.....	14

RESUMO

O estudo atual tem por objetivo estudar o desempenho dos perfis termodinâmicos e os índices de instabilidade atmosférica inferidos via sensores a bordo de satélite. A primeira parte do trabalho foi concluída pelo bolsista anterior, o qual avaliou perfis inferidos a partir de sensores de satélite. A avaliação foi realizada sobre todo o continente da América do Sul utilizando como referência dados de radiossonda. A continuidade deste trabalho consiste em verificar a relação entre a quantidade de aerossol e o número de queimadas no Brasil na região da Amazônia e compreender os efeitos que a emissão de queimadas na Amazônia pode acarretar na composição da atmosfera e no processo de formação de nuvens.

Aerossóis atmosféricos são causadas por vários processos diferentes, e podem ser produzidos naturalmente ou por atividades humanas. Alguns tipos de aerossóis são fuligem e cinzas provocadas pelos incêndios; deserto e poeira do solo, cinzas e das espécies químicas de vulcões ou queima de combustíveis fósseis para produção de energia; marinhos aerossóis, como o sal do mar suspenso devido a ação das ondas ou até mesmo uma névoa de poluição aumentada por meio de reações de espécies químicas na atmosfera.

A maior incidência de aerossóis na atmosfera no Brasil deve-se às queimadas. Neste sentido, a atividade inicial deste trabalho foi avaliar a relação entre queimadas e aerossóis utilizando 10 anos (2001-2010) de dados de satélite. Para regiões da América do Sul os dados de satélite utilizados foram a profundidade óptica do aerossol inferido pelo satélite TERRA/MODIS, e número de focos de queimadas disponibilizados pelo INPE. Como resultados preliminares, foram observados que os meses com maior intensificação das queimadas foram os meses entre Agosto a Outubro. O maior número de focos de queimadas ocorre nas regiões nordeste e centro-oeste do Brasil, principalmente entre os estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, com maior destaque para o mês de Setembro. Na região centro-oeste, os focos normalmente começam em áreas isoladas e se arrastam até atingirem a região nordeste do país. No extremo norte, região fronteira com os demais países vizinhos da América do Sul, os focos iniciam-se em Janeiro e vão até Abril. A presença de aerossol na costa norte da América do Sul, ocorre durante os meses de Março a Junho. Verificou-se que o período de maior valor de profundidade óptica ocorre durante o mês de Setembro, e sua intensidade varia entre 0,74 – 0,9. Posteriormente, ao decorrer dos anos, a intensidade da concentração de aerossol na região centro-oeste do Brasil aumenta bastante atingindo a escala máxima. Observou-se que no ano de 2009 houve uma abrupta diminuição da concentração de aerossóis. Neste ano, notou-se que o número de queimadas foi muito menor do que anos anteriores. Entretanto, em 2010 a concentração volta a se intensificar no mês de Setembro, também atingindo escala máxima (acima de 1,0). Próximas etapas do trabalho irão avaliar com mais detalhes a relação entre os focos de queimadas e profundidade óptica do aerossol, e, o regime de precipitação sobre as regiões de estudo.

PERFORMANCE STUDY OF THERMODYNAMIC PROFILES INFERRED FROM AIRS RADIANCE SENSOR

ABSTRACT

The current study aimed to study the performance of thermodynamic profiles and atmospheric instability index inferred via sensors aboard satellites.

The most incidences of aerosols in the atmosphere in Brazil come from biomass burning. Thus in this study, the first activity was to evaluate the relationship between fire and aerosols using 10 years (2001-2010) satellite data. In some regions of South America satellite data were used the aerosol optical depth inferred from the satellite TERRA / MODIS, and the number of fire pixel available by INPE. As preliminary results, August, September and October were the most important periods of intensification of fires in these regions.

In September has been occurred the largest number of fire pixel in some regions of Brazil like Northeastern and Midwest, particularly between the states of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul. In the Midwest, the fire pixels, usually begin in isolated areas, reaching the Northeastern of this country. In extreme North, the borderland region with other neighboring countries in South America, the beginning of fire pixels is from January until April. Later, along the years, the intensity of concentration of aerosol in the Midwest of Brazil increases reaching the maximum range.

In the next steps of work will be evaluated with more detail the relationship between the fire pixels, the aerosol optical depth, and the precipitation regime about the regions of study.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. MÉTODOS E DADOS	9
3. RESULTADOS	
3.1 Análise dos focos de queimadas.....	10
3.2 Estudo da variabilidade sazonal da concentração de aerossol.....	11
3.3 Análise da variabilidade anual da profundidade óptica do aerossol.....	12
3.4 Estudo de caso: Vulcão chileno Puyehue.....	13
4. CONCLUSÕES FINAIS	14
5. BIBLIOGRAFIA	14

1. INTRODUÇÃO

Aerossóis atmosféricos são causadas por vários processos diferentes, e podem ser produzidos naturalmente ou por atividades humanas. Alguns tipos de aerossóis são fuligem e cinzas provocadas pelos incêndios; deserto e poeira do solo, cinzas e das espécies químicas de vulcões ou queima de combustíveis fósseis para produção de energia; marinhos aerossóis, como o sal do mar suspenso devido a ação das ondas ou até mesmo uma névoa de poluição aumentada por meio de reações de espécies químicas na atmosfera. A principal fonte de aerossóis no Brasil é devido a queimadas.

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/cm³ na estação chuvosa para 5.000-10.000NCN/cm³ na estação seca), uma vez que a floresta amazônica interage fortemente com a atmosfera. Além disso, essas emissões causam alterações no uso do solo, tanto na área de pastagens quanto de floresta primária. As emissões de gases e também de partículas na estação de seca devido às queimadas, alteram e muito a composição e as propriedades da atmosfera na região da Amazônia na maior parte de sua área, o que por consequência, diminui a eficiência no processo de formação de precipitação e suprime a formação de nuvens (ARTAXO, P., Efeitos Climáticos diretos e indiretos de partículas de aerossóis na Amazônia, manuscrito submetido à publicação na Revista Brasileira de Meteorologia em 3 abr. de 2006).

A presença de aerossóis na atmosfera pode ser observada através da variável chamada espessura óptica do aerossol. A Espessura ótica de aerossóis, AOT, (também chamado de profundidade ótica do aerossol, AOD) é uma medida de extinção da radiação devido à interação da radiação com partículas de aerossóis na atmosfera, principalmente devido aos processos de espalhamento e absorção, tecnicamente, a espessura ótica do aerossol é o grau em que os aerossóis evitam a transmissão de luz. Neste sentido, o presente estudo visa estudar a relação entre a quantidade de aerossol e o número de queimadas no Brasil na região da Amazônia e compreender os efeitos que a emissão de queimadas na Amazônia pode acarretar na composição da atmosfera e no processo de formação de nuvens.

2. MÉTODOS E DADOS

As atividades associadas aos sete meses de bolsa foram associadas as análises das fontes de aerossóis na região da América do Sul. Procurou-se identificar os padrões sazonais da presença de aerossol. Estas atividades tiveram as seguintes etapas:

Primeiramente, foi realizado um estudo teórico a respeito das camadas atmosféricas e da radiação eletromagnética. Adicionalmente, foi estudado conceitos básicos associados à programação Fortran 95. Nesta etapa, foi feito um programa para se calcular a radiação espectral em função dos seguintes variáveis: temperatura - em Kelvin – e intervalo de comprimento de onda - em micrômetro. A equação utilizada no código foi a Lei da Radiação de Planck. Os conhecimentos adquiridos nesta etapa foram apresentados para o grupo de sondagens atmosféricas da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais do CPTEC /INPE.

A segunda etapa consistiu em fazer um levantamento de dados de aerossol e focos de queimadas. Os dados de aerossol usados neste estudo apresentam duas fontes: dados observados a superfície através da rede AERONET e dados inferidos pelo sensor MODIS a bordo dos satélites AQUA e TERRA. Etapas futuras deste estudo irão comparar os dados destas duas fontes, sendo os dados da AERONET serão utilizados como dados de referência para avaliar os dados inferidos por satélite. O programa AERONET (Aerosol Robotic Network) é um sistema de observação remota da Terra baseado em redes de detecção de aerossol. O objetivo da rede é avaliar as propriedades ópticas de aerossóis e validar as recuperações satélite de propriedades ópticas de aerossóis. Os dados da AERONET estão disponíveis através <http://aeronet.gsfc.nasa.gov>. Os sensores MODIS estão posicionados a bordo dos satélites EOS-TERRA e EOS-AQUA, operados pela NASA.

Os dados de números de queimadas são baseados nos produtos disponibilizados pela Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais do CPTEC/INPE através <http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas>. O produto utiliza os canais do infravermelho de diversos satélites disponíveis na divisão (ex. GOES, AQUA, TERRA, NOAA e MSG).

Com o levantamento dos dados foi realizada a avaliação do comportamento sazonal e anual da concentração do aerossol na atmosfera através dos dados de profundidade óptica do MODIS/ AQUA, para o ano de Janeiro de 2000 até dezembro de 2010. O comportamento sazonal e anual foi estudado para três regiões sobre o Brasil: norte, centro-oeste (mais especificamente sobre o estado do Mato Grosso) e sudeste (com ênfase no estado de São Paulo). Também foram analisadas partes do Oceano Atlântico que eram afetados pela quantidade de aerossol. Os dados da profundidade óptica foram calculados para áreas definidas pelas regiões e colocadas em uma tabela e aplicadas em um gráfico no Excel, para que se pudesse observar melhor os meses e os anos de maior intensidade e quantidade de aerossol.

Com relação a fontes naturais, ressaltou-se a erupção do vulcão Puheyue ao sul do Chile no dia 4 de junho deste ano. Neste sentido, foi analisada a concentração de aerossol através das imagens de satélite do sensor MODIS/AQUA para toda a região sul do hemisfério Sul, local que foi afetado pelos gases e aerossóis emitidos pelo vulcão.

3. RESULTADOS

3.1 Análise dos focos de queimadas

O período com maior intensificação das queimadas ocorre geralmente nos meses entre Agosto a Outubro (Figura 1). Maior destaque é para o mês de setembro, que apresenta o maior índice de focos nas regiões nordeste e centro-oeste (entre os estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul). Estas áreas são caracterizadas por vegetação do tipo cerrado e caatinga. Na região centro-oeste, os focos normalmente começam com pequenos pontos em áreas isoladas e se arrastam até atingirem a região nordeste do país. No extremo norte, região fronteiriça com os demais países vizinhos da América do Sul, os focos iniciam-se em janeiro e vão até abril.

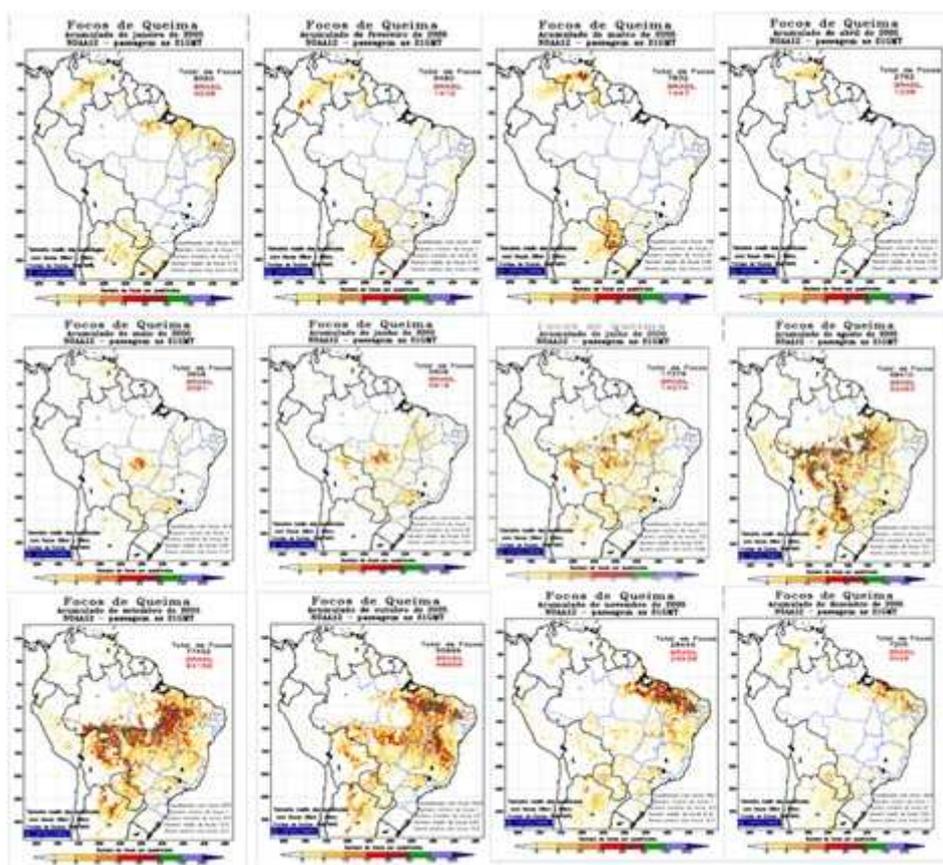


Figura 1 – Mapas mensais de focos de queimadas inferida via satélite para o ano 2005

3.2 Estudo da variabilidade sazonal da concentração de aerossol

A respeito das concentrações de aerossol, observa-se que a região do oceano Atlântico tem seu pico durante os meses de Março a Junho, e posteriormente em menores quantidades nos meses restantes do ano. Concentração de aerossol no continente da América do Sul é observada nos meses de agosto, setembro e outubro (Figura 2). No entanto, período de maior intensidade ocorre durante o mês de setembro, e pode variar na escala entre 0,74 – 0,9; exceção para os anos de 2008 e 2009 com uma abrupta diminuição da concentração. Entretanto, em 2010 a concentração volta a se intensificar no mês de setembro, também atingindo escala máxima.

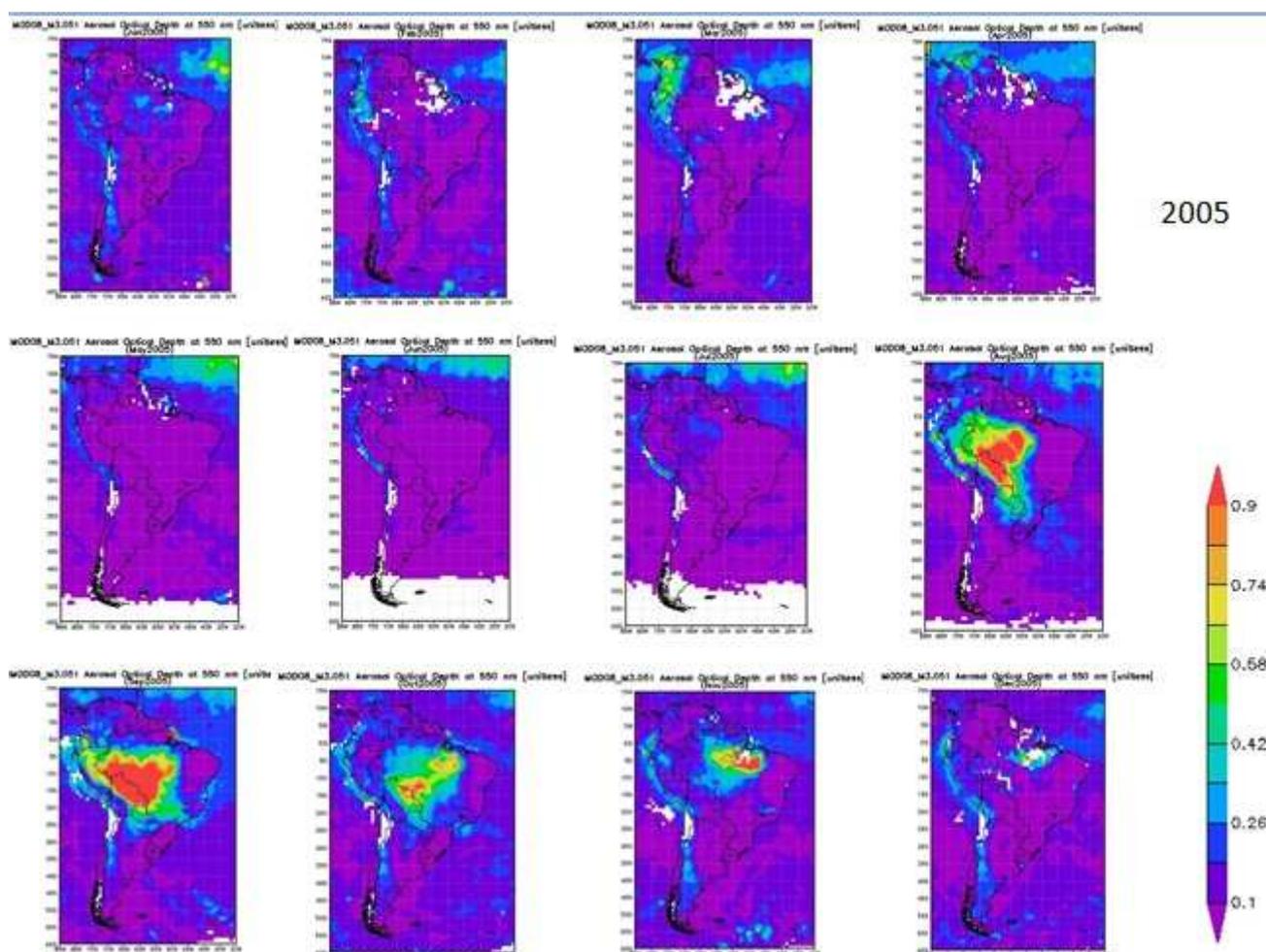


Figura 2 – Campos mensais de profundidade óptica do aerossol para o ano de 2005

3.3 Análise da variabilidade anual da profundidade óptica do aerossol

Na Região Norte do Brasil, observa-se que nos anos de 2001, 2003 e 2007 foram os de maior concentração de aerossol (Figura 4), principalmente nos meses de agosto e setembro, o que concorda com os dados obtidos no mapa da concentração de aerossol. No Sudeste brasileiro, abrangendo com ênfase o estado de São Paulo, percebe-se claramente que no ano de 2003 houve a maior concentração de aerossol dos últimos dez anos e é bastante intensificada no mês de setembro.

O ano de maior concentração de aerossol em áreas do oceano Atlântico foi o ano de 2007 e os anos de 2004 e 2005 ficaram bastante equilibrados se comparados ao de 2007. Os meses de maior intensidade de aerossol, diferentemente das regiões no Brasil, foram bastante diversificadas, obtendo como meses-pico os meses de janeiro e meados de março.

Já durante o ano de 2007 na Região Centro-Oeste (Figura 3, com especial foco no estado de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul) foi o de maior concentração de aerossol, com um pico de 0,285 que se aproximou da escala máxima de 0,3. Os meses de maior intensidade foram os de agosto, setembro e outubro, sendo que ele começa a se intensificar em agosto, atinge um máximo em setembro e decai um pouco em meados de outubro.

Analisando de um modo geral, os gráficos estão em completa concordância com os dados das imagens dos satélites.

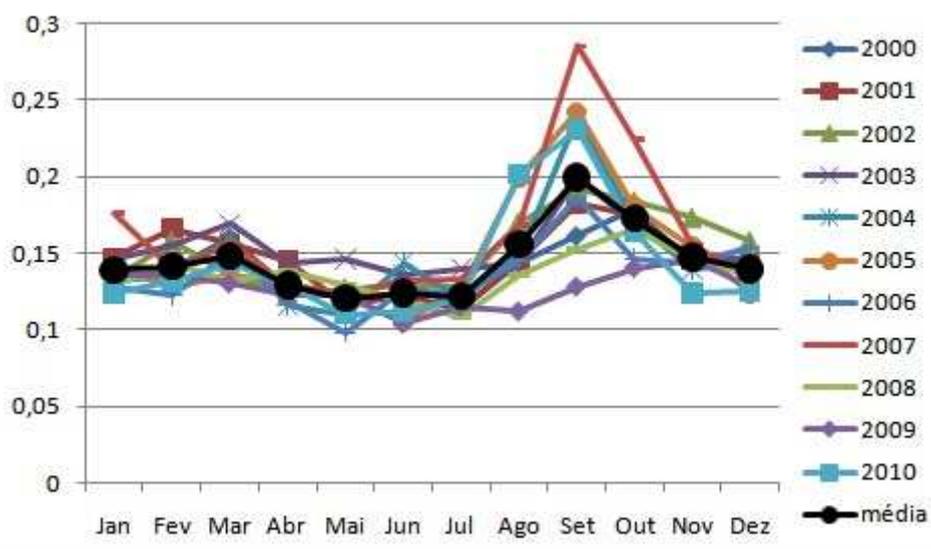


Figura 3 – Concentração média de Janeiro a Dezembro para Região centro-oeste do Brasil

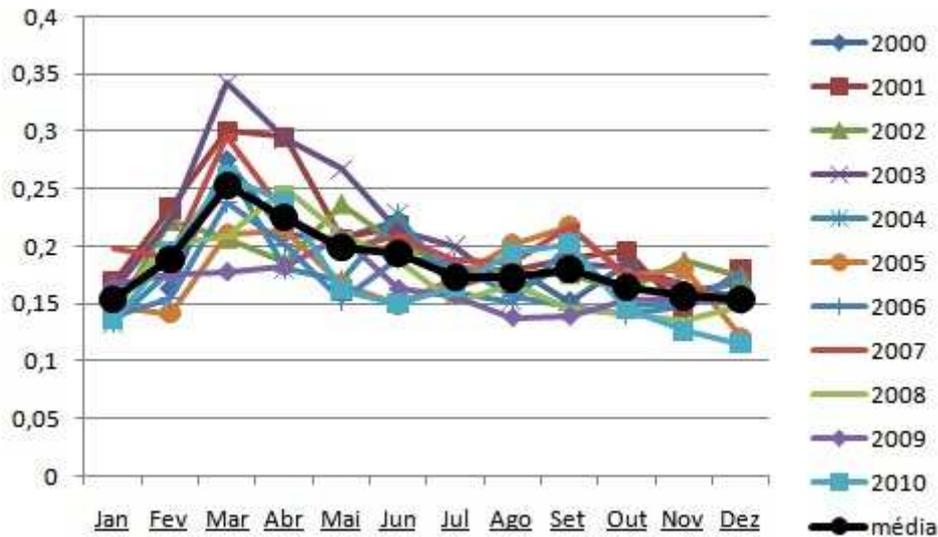


Figura 4 – Concentração média de Janeiro a Dezembro para Região Norte do Brasil

3.4 Estudo de caso: Vulcão chileno Puyehue:

Depois de analisar fatores antrópicos, podemos ainda citar fatores naturais que também causam variações na quantidade de aerossol na atmosfera terrestre. Um fato recente foi a erupção do vulcão Puyehue, no sul do Chile. Observando as imagens de satélite geradas pelo Giovanni Moddis, o vulcão entra em erupção no dia 4/06/11, entretanto somente no dia 5/06/11 é observado um pequeno ponto na faixa de 0,42 na concentração de aerossol. Logo, este ponto começa a se alastrar e a se intensificar cada vez mais, atingindo na escala valores que vão de 0,58-0,74 até mesmo um máximo em 0,9 na concentração de aerossol. Após alguns dias da erupção, há uma faixa estendida de aerossol que atinge até a região na Nova Zelândia.

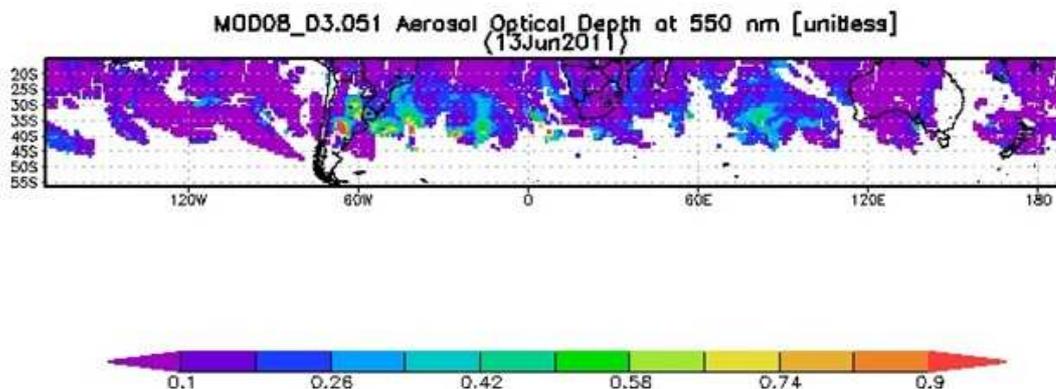


Figura 5 - Concentração de aerossol espalhada pela erupção do vulcão ao sul do Chile

4. CONCLUSÕES FINAIS

Foi observado que não só existem fatores naturais que causam alterações na concentração de aerossol na atmosfera, como também fatores causados pelo próprio homem com as queimadas, que foi o foco desta pesquisa a ser analisada.

Com base em todos os dados coletados, podemos concluir que as queimadas afetam e muito no aumento da concentração de aerossol, o que por sua vez, pode diminuir os núcleos de condensação das nuvens. Isso acarreta no processo de formação das chuvas, tornando o “tempo” mais seco. Como resultados preliminares, foram observados que os meses com maior intensificação das queimadas foram os meses entre Agosto a Outubro.

O maior número de focos de queimadas ocorre nas regiões nordeste e centro-oeste do Brasil, principalmente entre os estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, com maior destaque para o mês de Setembro.

Na região centro-oeste, os focos normalmente começam em áreas isoladas e se arrastam até atingirem a região nordeste do país. No extremo norte, região fronteira com os demais países vizinhos da América do Sul, os focos iniciam-se em Janeiro e vão até Abril. A presença de aerossol na costa norte da América do Sul, ocorre durante os meses de Março a Junho. Verificou-se que o período de maior valor de profundidade óptica ocorre durante o mês de Setembro, e sua intensidade varia entre 0,74 – 0,9. Posteriormente, ao decorrer dos anos, a intensidade da concentração de aerossol na região centro-oeste do Brasil aumenta bastante atingindo a escala máxima.

Observou-se que no ano de 2009 houve uma abrupta diminuição da concentração de aerossóis. Neste ano, notou-se que o número de queimadas foi muito menor do que anos anteriores. Entretanto, em 2010 a concentração volta a se intensificar no mês de Setembro, também atingindo escala máxima (acima de 1,0).

Próximas etapas do trabalho irão avaliar com mais detalhes a relação entre os focos de queimadas, a profundidade óptica do aerossol e o regime de precipitação sobre as regiões de estudo.

5. BIBLIOGRAFIA

- ARTAXO, Paulo; Efeitos Climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. Disponível em:
- www.rbmet.org.br/port/revista/revista_dl.php?id_artigo=216&id Data de acesso: 18 abr. de 2011.
- <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni> acesso constante desde Fevereiro 2011.