



ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE QUEIMADAS, AEROSSÓIS ATMOSFÉRICOS E PRECIPITAÇÃO

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 2012



Ministério da
Ciência e Tecnologia



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

PROJETO

**ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE QUEIMADAS, AEROSSÓIS
ATMOSFÉRICOS E PRECIPITAÇÃO**

PROCESSO: 155621/2010-6

Relatório elaborado por NATHÁLIA VELLOSO PRADO relativo ao período de agosto de 2011 a julho de 2012

Nathália Velloso Prado – Bolsista PIBIC/CNPq
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

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

Um muito obrigado especial a Deus e a Nossa Senhora que me guiam nessa caminhada e aos amigos que conquistei na DSA.

Agradeço também à minha orientadora pela oportunidade da continuidade do trabalho, aos meus pais pelo apoio que me veem dando nas minhas decisões.

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

	<u>Pág.</u>
Figura 1 - Concentração média de aerossol da região centro-oeste do Brasil para o período de 2000-2010 e a média climatológica.....	08
Figura 2 - Anomalia de AOD para a região centro-oeste do Brasil.....	09
Figura 3 - Taxa de precipitação (mm/h) de 2000-2010 para a região centro-oeste do Brasil.....	10
Figura 4 - Correlação entre a quantidade de AOD e a anomalia de precipitação para a região centro-oeste.....	11
Figura 5 - Relação observada entre a anomalia de precipitação e a carga de aerossóis atmosféricos para a região centro-oeste do Brasil para os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2000-2010.....	12

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 1 - Comparação dos campos mensais de profundidade óptica do aerossol e dos mapas mensais de focos de queimadas.....	06
Tabela 2 - Precipitação (mm/h) e média da profundidade óptica do aerossol no período de Agosto-Outubro (2000-2010) para a região centro-oeste do Brasil.....	12
Tabela 3 - Comparação das imagens geradas pelo AOD MODIS e pelo AOD geradas pelo software R.....	14

RESUMO

Este projeto, iniciado em junho de 2011, visa verificar a relação entre a propriedade óptica de aerossol atmosférico, as queimadas no Brasil e a taxa de precipitação sobre a América do Sul. Espera-se 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.

A primeira etapa deste estudo teve por objetivo realizar um levantamento da disponibilidade de dados de sensoriamento remoto referente ao aerossol e focos de queimadas. Neste estudo foram utilizados dados de profundidade óptica do aerossol inferidos pelo sensor MODIS a bordo dos satélites EOS-AQUA e EOS-TERRA operados pela NASA, e dados de precipitação do satélite TRMM. É importante mencionar que a presença de aerossóis na atmosfera pode ser observada através da variável chamada espessura óptica de aerossóis, AOT, (também chamado de profundidade óptica do aerossol, AOD). Esta variável 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.

Este trabalho consistiu de duas distintas partes. Na primeira etapa, uma análise qualitativa entre o número de queimadas e a emissão de aerossóis foi avaliada. Este estudo mostrou que existe uma grande variabilidade espacial e temporal da profundidade óptica do aerossol sobre a América do Sul. As regiões norte, nordeste e centro-oeste apresentam marcante espessura óptica nos meses de inverno, com pico em Agosto e início de Setembro. A região sudeste é afetada pela emissão de aerossol da região centro-oeste em decorrência da circulação geral.

Na segunda etapa, a relação entre profundidade óptica do aerossol e precipitação no período de Janeiro de 2000 a Dezembro de 2011 foi estudada. Foi estimada a correlação entre a espessura óptica de aerossol e a anomalia de precipitação.

As análises estatísticas mostraram uma correlação bastante negativa entre os

meses de Agosto a Outubro no período entre 2000-2010, indicando que tivemos uma alta concentração de aerossol e uma baixa taxa de chuva. Os meses restantes apresentaram uma correlação mais fraca e não significativa estatisticamente. Com essas observações sobre a análise da relação entre anomalias de precipitação e espessura óptica, nota-se uma clara e possível ligação emissão de aerossóis devido às queimadas e ao déficit de chuva. Estes resultados estão de acordo com aqueles que apresentam na literatura, que indicam que o aumento de concentração de aerossóis, aumentam os núcleos de condensação. Neste caso, a quantidade de vapor d'água 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.

STUDY THE RELATIONSHIP BETWEEN BURNINGS, ATMOSPHERIC AEROSOLS AND PRECIPITATION

ABSTRACT

This project, initiated in June 2011, aims to investigate the relationship between the atmospheric aerosol optical property of the fires in Brazil and the rate of precipitation over South America are expected to understand how the effects of the issuance of burning in the Amazon and other sources of aerosols can result in atmospheric composition and in the process of cloud formation.

The first step of this study aimed to survey the availability of remote sensing data related to aerosol and fire spots. This study used data from the aerosol optical thickness inferred by the MODIS sensor on board EOS-AQUA satellite EOS-TERRA and operated by NASA, and precipitation data from satellite Trimm. It is worth mentioning that the presence of aerosols in the atmosphere can be observed through the variable called aerosol optical thickness, AOT, (also called the aerosol optical depth, AOD). This variable is a measure (adimensional) extinction of radiation due to the interaction of radiation with aerosol particles in the atmosphere, mainly due to scattering and absorption processes.

This work consisted of two distinct parts. In the first step, a qualitative analysis of the number of fires and the emission of aerosol was evaluated. This study showed that there is a great variability spatial and temporal distribution of aerosol optical depth on the South American regions, northeast and midwest have remarkable optical thickness in the winter months, peaking in August and early September. The Southeast region is affected by the issue of aerosol Midwest as a result of general circulation. In the second step, the relationship between the aerosol optical depth and precipitation for the period January 2000 to December 2011 was studied.

The estimated correlation between the optical thickness of aerosol and precipitation anomaly. Statistical analyzes showed a rather negative correlation between the months of August to October in the period 2000-2010, indicating that we had a high concentration of aerosol and a low rate of rainfall. The remaining months showed a correlation weaker and not statistically significant. With these observations on the analysis of the relationship between precipitation anomalies and optical thickness, there is a clear connection and possible emission of aerosols due to fires and the shortage of rain.

These results are consistent with those presented in the literature, indicate that increasing the aerosol concentration, the increase condensation nuclei. In this case, the amount of water vapor to the formation of rain droplets is distributed to a greater number of nuclei of condensation so that the drops do not have in itself sufficient to precipitate size.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUÇÃO	01
2. MÉTODOS E DADOS	03
3. RESULTADOS	05
3.1 Análise espacial da profundidade óptica do aerossol.....	05
3.2 Análise da taxa de precipitação.....	09
3.3 Estudo da relação entre profundidade óptica do aerossol e anomalia da taxa de chuva.....	10
3.4 Estudo sobre o uso do software R para análise de dados.....	13
4. CONCLUSÕES FINAIS	17
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1. INTRODUÇÃO

A principal fonte de aerossóis no Brasil é devido às queimadas. A emissão de queimadas na Amazônia desregula a composição da atmosfera e o processo de formação de nuvens (ARTAXO, 2006).

As partículas de aerossóis estão relacionadas ao ciclo hidrológico pelo fato de constituírem os chamados núcleos de condensação de nuvens (NCN), 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 20 μ m de diâmetro) até a gota já formada (de 1 a 2 mm 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 puxadas 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 nuvens nem chegarem a chover. Assim, as gotas acabam evaporando e a água, juntamente dos aerossóis, não retornam ao chão e são levados pelos ventos à outros lugares. Se essas gotas passarem dos 6 ou 7 km de altura, elas congelam, pois o ar atinge temperaturas mais baixas.

2. MÉTODOS E DADOS

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 profundidade óptica de aerossol. Esta variável 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. Estes dados de profundidade óptica 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). Adicionalmente, foram utilizados dados de precipitação do satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission).

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. A relação entre queimadas e aerossóis foi analisada utilizando 11 anos (2000-2010) de dados de profundidade óptica do aerossol inferido pelo satélite TERRA/MODIS, e 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).

Na segunda etapa, a relação entre a profundidade óptica do aerossol e precipitação no período de Janeiro de 2000 a Dezembro de 2011 foi estudada para distintas regiões (região Norte, região nordeste, região centro-oeste, região sudeste e região oceânica). Neste estudo deu-se maior ênfase para a região centro-oeste, pelo fato dessa região apresentar maior intensificação na atividade das queimadas. Também foi estimada a correlação entre a profundidade óptica de aerossol e a anomalia de precipitação.

Na terceira etapa, os resultados encontrados deste estudo foram comparados com resultados da literatura, o qual indica que o aumento da concentração de água líquida

disponível à formação de gotículas de chuva é distribuída para maior número de núcleos de condensação.

Iniciando agora uma nova etapa, estão sendo feitas rodadas teste utilizando o R, um software livre para análises estatísticas e confeccionando os gráficos dos mapas mensais da América do Sul sobre a concentração da profundidade óptica de aerossol.

3. RESULTADOS

3.1 – Análise espacial da profundidade óptica do aerossol

Analisando os onze anos de estudo (2000-2010), num geral, nota-se que o período com maior intensificação das queimadas sobre o Brasil ocorre geralmente nos meses entre Agosto e Outubro com maior destaque 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 de 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. Os anos de destaque são mostrados na tabela 1 abaixo.

A maior concentração de aerossol no continente da América do Sul também é observada nos meses de Agosto, Setembro e Outubro. No entanto, o período de maior intensidade ocorre similarmente durante o mês de Setembro, e pode variar na escala entre 0,74 – 0,9.

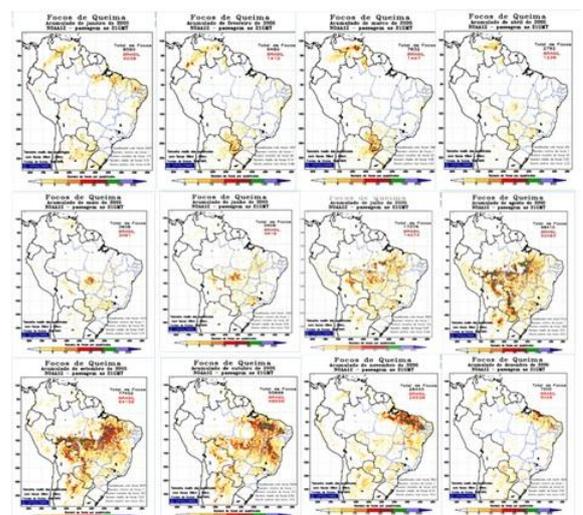
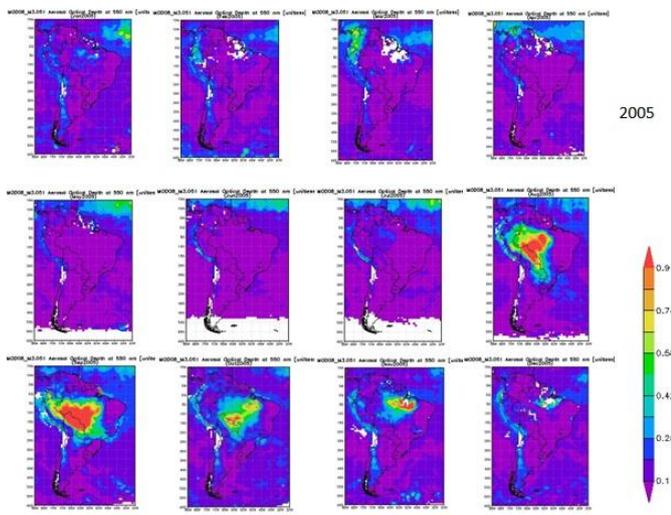
A tabela 1 mostra os anos de intensificação de focos de queimada e de concentração de aerossol (anos de 2005 e 2007, destacando-se este último por apresentar a maior área de concentração de aerossol com escala máxima) e como exceção obteve-se o ano de 2009 com uma abrupta diminuição da concentração. Nota-se que em ambos os casos, os meses de intensificação de queimada e do aumento da concentração de aerossol coincidem.

AOD MODIS

Focos de Queimadas

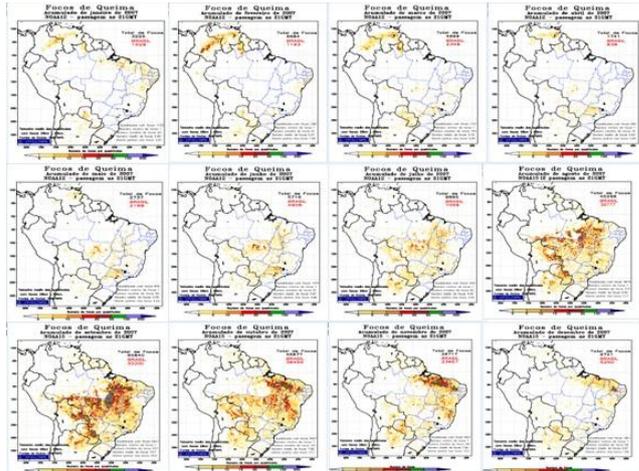
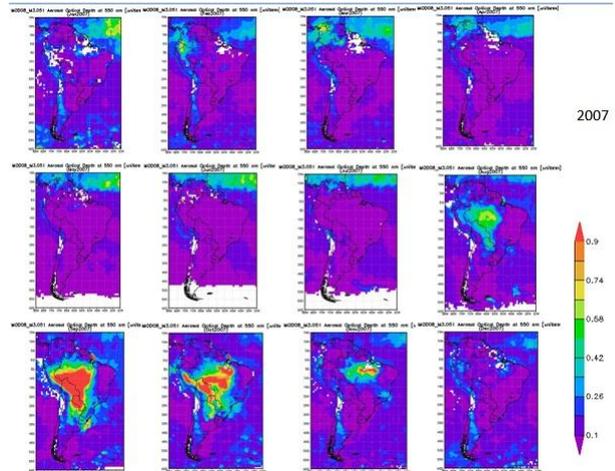
2005

2005



2007

2007



2009

2009

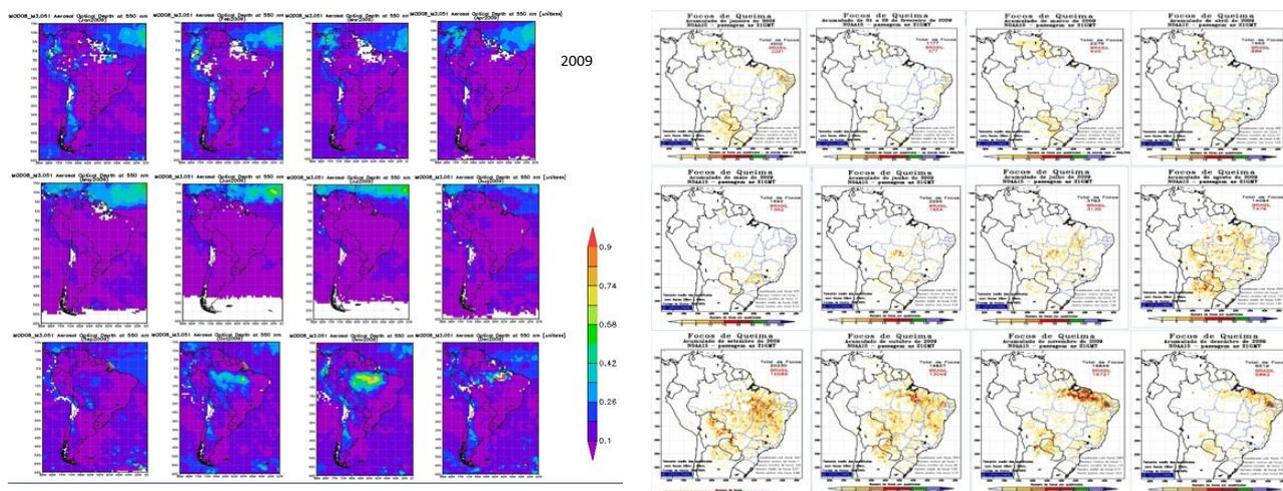


Tabela 1. Comparação dos campos mensais de profundidade óptica do aerossol e dos mapas mensais de focos de queimadas.

A figura 1 sobre a análise da variabilidade anual da profundidade óptica – no período de 2000 a 2010 – e a média climatológica para a região centro-oeste do Brasil.

Durante o ano de 2007 (com especial foco no estado de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul) foi registrada a 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 começa a se intensificar em agosto, atinge um máximo em setembro e decai um pouco em meados de outubro.

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. Interessante observar que Agosto de 2010 já apresenta valores de AOD de 0,2 superiores à média climatológica de 0,15 similares aos valores típicos do mês de Setembro.

Analisando a anomalia de AOD da região centro-oeste (Figura 2) observa-se o ano de 2007 apresentando a maior anomalia positiva, ultrapassando um valor de 0,08 na escala, pico este alcançado no mês de Setembro. Isto significa que houve uma enorme concentração de aerossol para esta região em especial no mês de Setembro.

Outro ano de destaque é 2009, representado pela maior curva de anomalia negativa nos onze anos de estudo, com um valor de -0,08 na escala de AOD, indicando que, para o mês de Setembro, ocorreu a menor concentração de AOD. A tabela 1 mostra que o ano de 2009 foi bastante atípico, os números de focos de queimadas foram bastante baixos. NO Brasil registraram-se aproximadamente 30.000 focos de queimadas em Setembro de 2009, metade do valor de 2010 (65.000). No Mato Grosso do Sul registraram-se 3319 focos de queimadas em Setembro de 2009, 20% a menos do que para o mesmo mês em 2010.

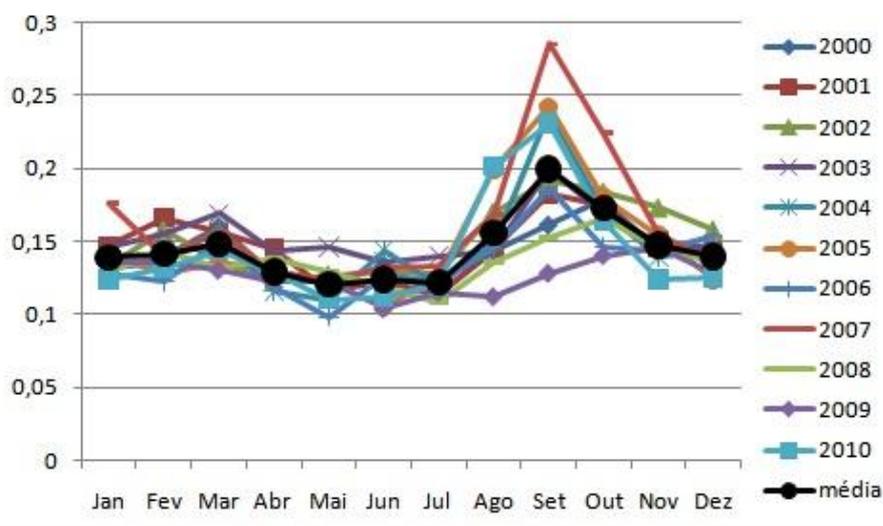


Figura 1. Concentração média de aerossol da região centro-oeste do Brasil para o período de 2000-2010 e a média climatológica.

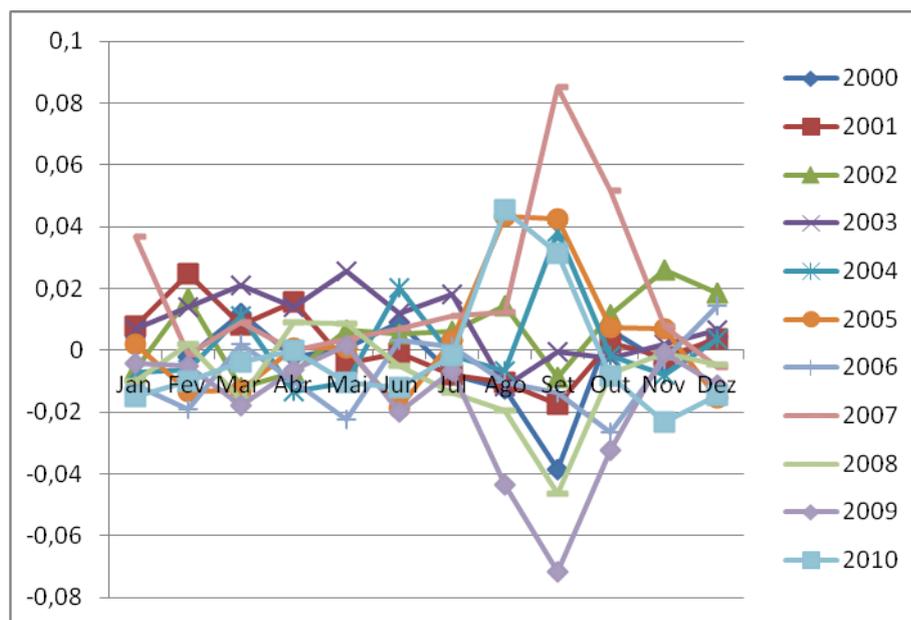


Figura 2. Anomalia de AOD para a região centro-oeste do Brasil.

3.2 – Análise da taxa de precipitação

Todos os anos de análise (2000-2010) apresentam uma curva com o mesmo comportamento, onde nos meses de inverno, que são períodos de estação seca (Junho, Julho e Agosto), a taxa de precipitação é bem baixa, (valores mínimos de 50 mm/h em Junho), posteriormente esta curva cresce nos meses que vão de meados de Setembro até alcançar os meses de verão (Dezembro e Janeiro). Nos meses de verão a taxa de chuva é aproximadamente de 350 mm/h.

Em 2005, no mês de Julho, um mínimo é alcançado de 19 mm/h na taxa de precipitação, ponto este abaixo da curva média que é de 28 mm/h. Em Agosto essa taxa é de 29 mm/h e aumenta consideravelmente em Agosto e Setembro até alcançar valores maiores nos meses de verão, chegando a 327 mm/h no mês de Janeiro.

A curva do ano de 2007 decresce até aproximar-se do mês de Junho, aumenta um pouco em Julho, volta a decrescer em Agosto (quase se aproximando de zero, indicando uma taxa de precipitação quase nula). Em Agosto chega a 10 mm/h, em Setembro aumenta um pouco para 31 mm/h e em Outubro atinge 210 mm/h.

O ano de 2009 é o qual apresenta uma curva de precipitação de menor concavidade, alcançando um ponto mínimo de 28 mm/h no mês de Junho. Foi o ano que obteve a curva mais acima da média, indicando que houve uma taxa de precipitação considerável.

Um ano que se destaca também é 2010, por apresentar as menores taxas de precipitação, abaixo da média (quase nulas em Junho e meados de Agosto e Setembro), chegando a 10 mm/h, 28 mm/h e 15 mm/h respectivamente.

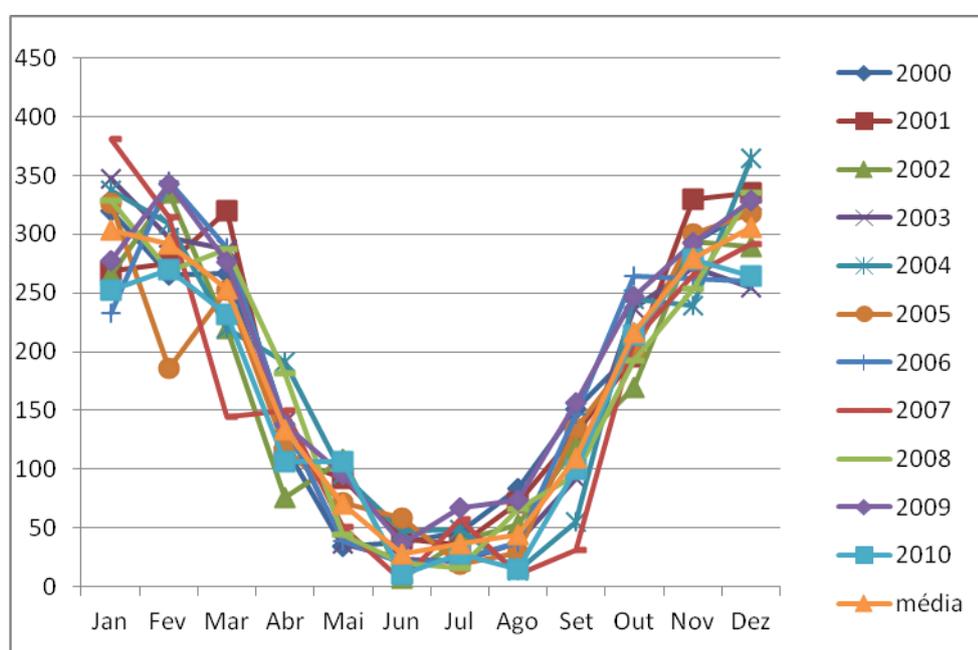


Figura 3. Taxa de precipitação (mm/h) de 2000-2010 para a região centro-oeste do Brasil.

3.3 – Estudo da relação entre AOD e anomalia de chuva

As análises estatísticas mostraram uma correlação significativamente negativa nos meses de Agosto a Outubro no período entre 2000-2010, para a região centro-oeste do Brasil, indicando alta concentração de aerossol e baixa taxa de chuva. Os meses restantes apresentaram uma correlação mais fraca e não significativa estatisticamente.

Na tabela 2 verifica-se a anomalia de precipitação no mês de Setembro de 2007 (-79,18mm), que foi a maior registrada nos onze anos de análise. Este mesmo ano, de 2007, é o qual possui um déficit de precipitação entre os três meses-pico analisados em questão (Agosto, Setembro e Outubro). Destaque para o ano de 2009 que teve a maior anomalia de precipitação positiva. 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 6 mostra a média da profundidade óptica do aerossol que aumenta monotonicamente com a diminuição da anomalia de chuva, apresentando um coeficiente de correlação negativo numa escala de -1 a 1. Para ambos os meses de Agosto a Outubro o coeficiente de correlação negativo está de acordo, uma vez que a reta é descendente, destacando-se o mês de Setembro, por obter o maior coeficiente de correlação negativo (-0,72).

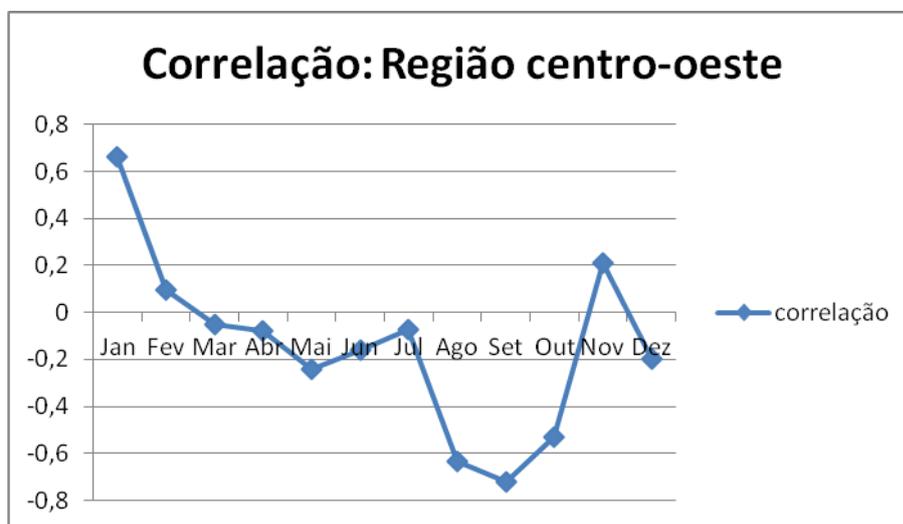


Figura 4. Correlação entre a quantidade de AOD e a anomalia de precipitação para a região centro-oeste.

Mês de Agosto			Mês de Setembro			Mês de Outubro		
Ano	MODIS AOD	Anomalia de Precipitação (mm/h)	Ano	MODIS AOD	Anomalia de Precipitação (mm/h)	Ano	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

Tabela 2. Precipitação (mm/h) e média da profundidade óptica do aerossol no período de Agosto-Outubro (2000-2010) para a região centro-oeste do Brasil.

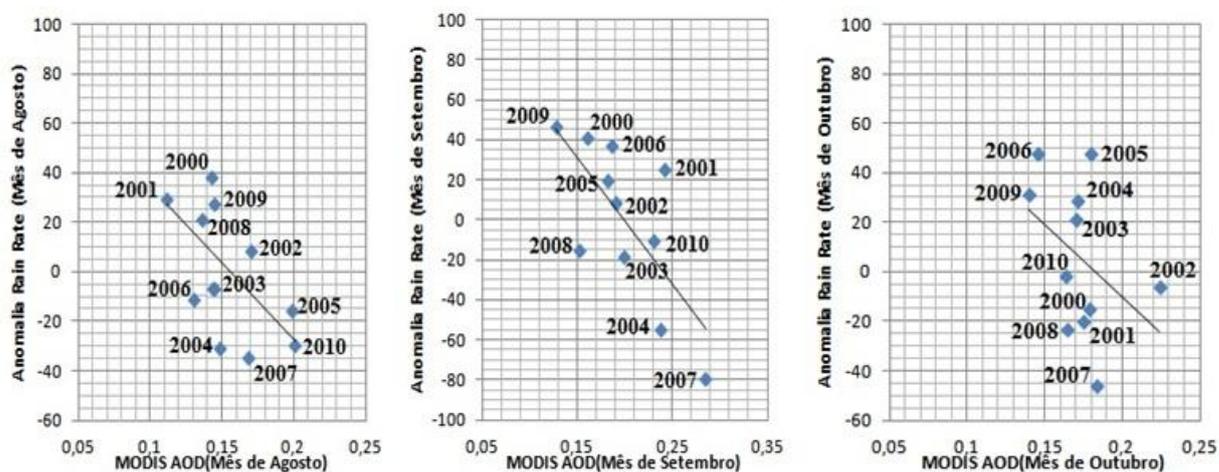


Figura 5. Relação observada entre a anomalia de precipitação e a carga de aerossóis atmosféricos para a região centro-oeste do Brasil para os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2000-201

3.4 – Estudo sobre o uso do software R para análise de dados

A tabela 3 mostra à esquerda os respectivos campos mensais e anos que obtiveram as maiores concentrações de profundidade óptica do aerossol gerados pelo Giovanni Modis, e, à direita da tabela, são apresentadas as concentrações de AOD gerados pelo R, um software livre para análises estatísticas e gráficos com ampla variedade de estatística (modelagem linear e não-linear, testes estatísticos clássicos, análise de séries temporais...) e técnicas gráficas.

Este estudo foi proposto a fim de comparar os resultados obtidos pelo programa do R criado em questão para rodadas teste e os dados fornecidos pela NASA através do MODIS.

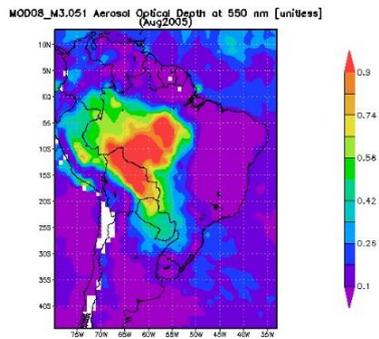
Nota-se visivelmente as áreas de maior intensidade na concentração de AOD em ambos os gráficos.

Num geral os gráficos coincidem e apresentam concordância, mostrando que realmente existe a relação entre a quantidade da profundidade óptica do aerossol, taxa de precipitação e queimadas.

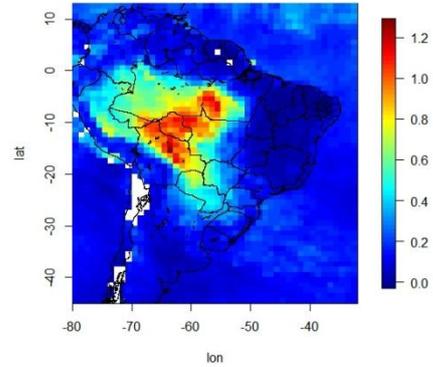
AOD gerado pelo MODIS

AOD gerado pelo software R

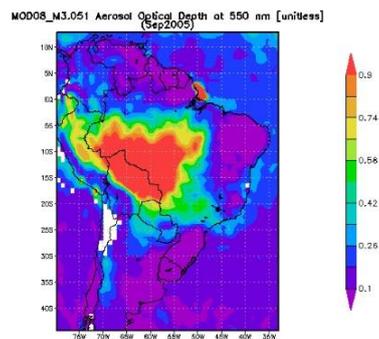
Mês de Agosto (2005)



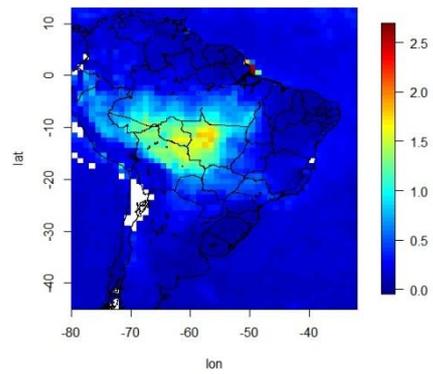
Mês de Agosto (2005)



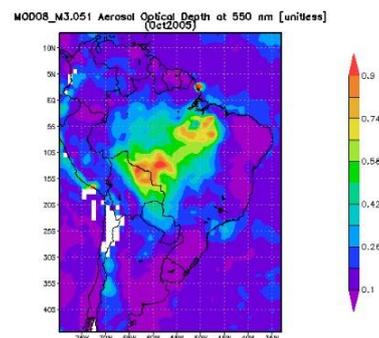
Mês de Setembro (2005)



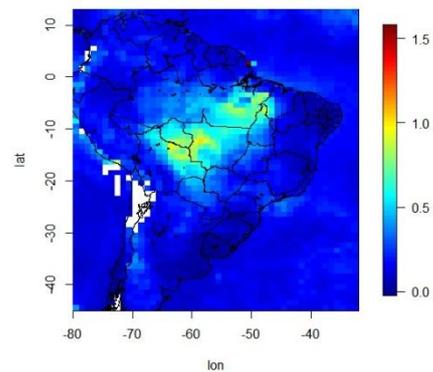
Mês de Setembro (2005)



Mês de Outubro (2005)

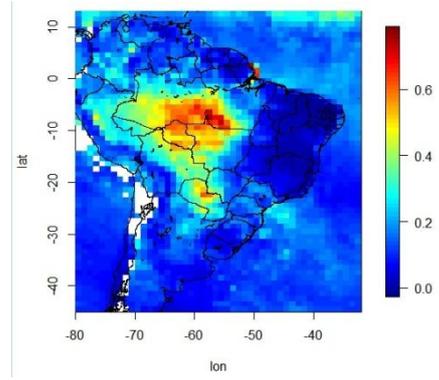
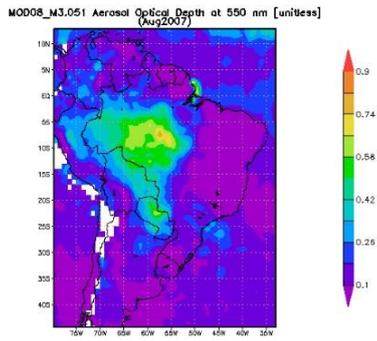


Mês de Outubro (2005)



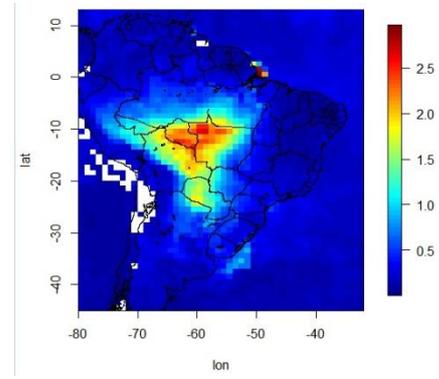
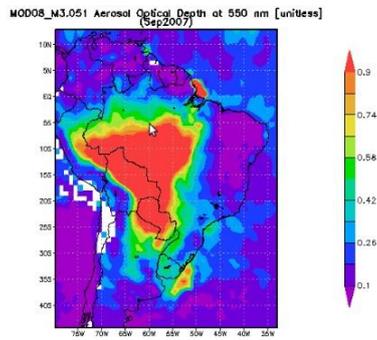
Mês de Agosto (2007)

Mês de Agosto (2007)



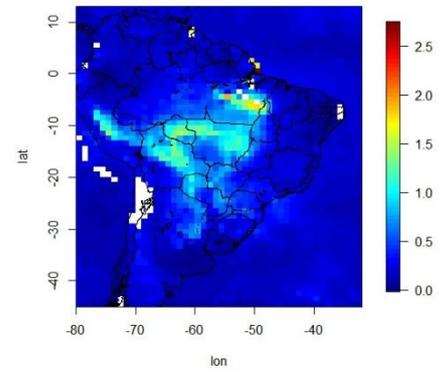
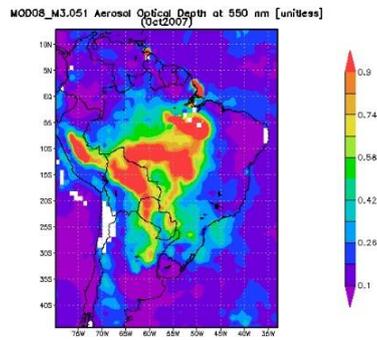
Mês de Setembro (2007)

Mês de Setembro (2007)

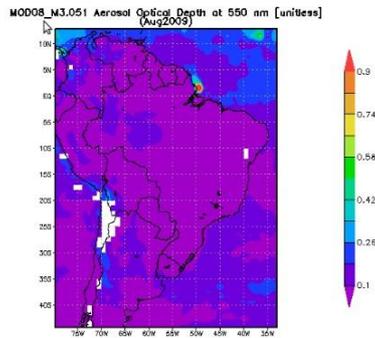


Mês de Outubro (2007)

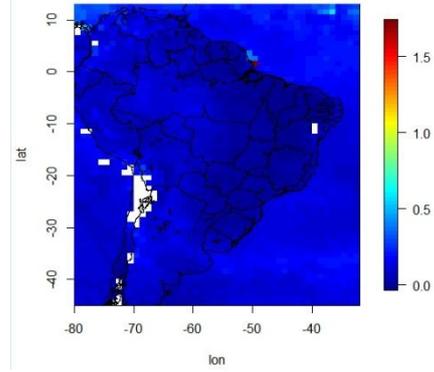
Mês de Outubro (2007)



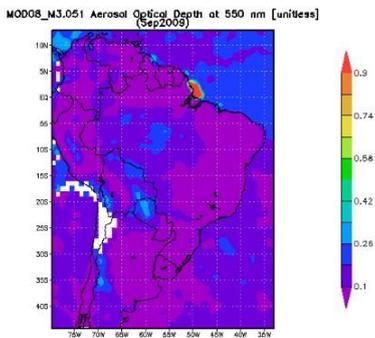
Mês de Agosto (2009)



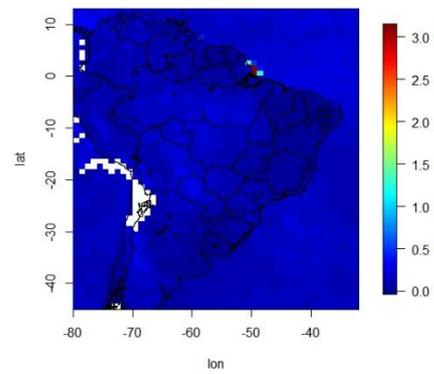
Mês de Agosto (2009)



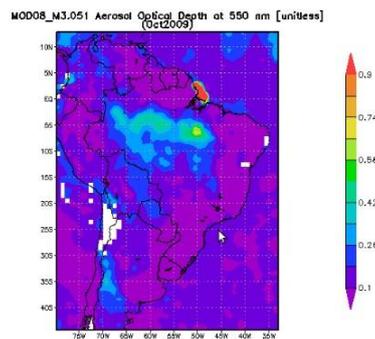
Mês de Setembro (2009)



Mês de Setembro (2009)



Mês de Outubro (2009)



Mês de Outubro (2009)

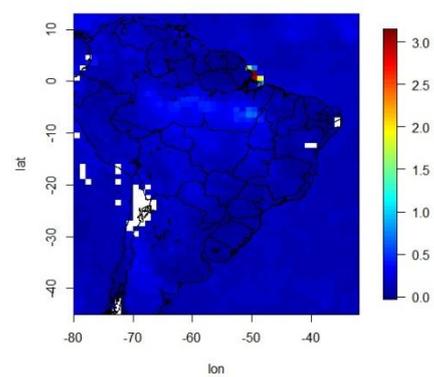


Tabela 3. Comparação das imagens geradas pelo AOD MODIS e pelo AOD geradas pelo software R.

4. CONCLUSÕES FINAIS

Este estudo mostrou que existe uma grande variabilidade espacial e temporal de profundidade óptica do aerossol sobre a América do Sul. As regiões norte, nordeste e centro-oeste apresentam marcante espessura óptica nos meses de inverno, com pico em Agosto e início de Setembro. A região Sudeste é afetada pela emissão de aerossol da região centro-oeste em decorrência da circulação geral.

Com essas observações sobre a análise da relação entre anomalias de precipitação e espessura óptica, nota-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 estação úmida. Estes resultados estão em plena concordância com aqueles que apresentam na literatura, que diz que a emissão de queimadas na Amazônia desregula a composição da atmosfera e o processo de formação de (ARTAXO, 2006), o qual indica que o aumento de concentração de aerossóis aumentam os núcleos de condensação. Neste caso, a quantidade de vapor de água 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.

A próxima etapa deste trabalho consiste em realizar uma análise espacial da relação da profundidade óptica de aerossol e a precipitação. Adicionalmente, o efeito do aerossol na radiação incidente à precipitação será avaliada.

5. 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.

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.