UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

ALFRINK HARUO KIKUCHI PORFÍRIO

Análise temporal dos aerossóis em quatro municípios de Mato Grosso do Sul através do sensor MODIS

CAMPO GRANDE
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

ALFRINK HARUO KIKUCHI PORFÍRIO

Análise temporal dos aerossóis em quatro municípios de Mato Grosso do Sul através do sensor MODIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Widinei Alves Fernandes

Aprovada em:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Widinei Alves Fernandes
Orientador - UFMS

Prof. Dr. Cláudio Arcanjo de Sousa
Titular – UFGD

Prof. Dr. Hamilton Germano Pavão
Titular - UFMS

Prof. Dr. Edson Kassar
Suplente – UFMS

CAMPO GRANDE

2011

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e meu irmão.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Widinei Alves Fernandes, pela orientação e amizade.

Ao PGTA – Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais pelo apoio incondicional.

A bolsa do CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Aos membros da banca Dr. Hamilton Germano Pavão, Dr. Edson Kassar e Dr. Cláudio Arcanjo de Sousa pela contribuição e observações dadas a este trabalho.

Aos meus amigos da NASA, que nem sabem que existo, mas levam ao extremo a máxima: “dados só têm valor se divulgados”.

Analyses and visualizations used in this study were produced with the Giovanni online data system, developed and maintained by the NASA GES DISC.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS 4
SUMÁRIO 5
LISTA DE FIGURAS 7
LISTA DE TABELAS 10
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS 11
RESUMO 13
ABSTRACT 14
1. INTRODUÇÃO 15
2. OBJETIVOS 18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 19
3.1. Composição da Atmosfera 19
3.2. Pressão e Densidade Atmosférica 20
3.3. Perfil vertical da temperatura 23
3.4. Qualidade do ar 24
3.5. Aerossol 26
4. METODOLOGIA 30
4.1. Municípios 30
4.2. Sensor MODIS 31
4.3. Áreas de Controle 36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 42
5.1. Campo Grande 42
5.2. Corumbá 49
5.3. Dourados 56
5.4. Três Lagoas 63

5.5. Compilação de Dados dos Municípios 70

6. CONCLUSÕES 73

7. SUGESTÕES 75

8. REFERÊNCIAS 76

9. ANEXOS 79

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Perfil vertical médio da pressão do ar. 22
FIGURA 2 - Perfil vertical médio de temperatura na atmosfera. 23
FIGURA 3 – Filtro da banda 4 do sensor MODIS. 34
FIGURA 4– O estado de Mato Grosso do Sul com os municípios analisados. 36
FIGURA 5 – Área de controle para o município de Campo Grande. 37
FIGURA 6– Área de controle para o município de Corumbá. 39
FIGURA 7– Área de controle para o município de Dourados. 40
FIGURA 8 – Área de controle para o município de Três Lagoas. 41
FIGURA 9 - Profundidade Óptica de Aerossóis acima de 1,5 para o município de Campo Grande. 43
FIGURA 10 – Número de eventos em que Profundidade Óptica de Aerossóis ultrapassou 1,5 no município de Campo Grande. 43
FIGURA 11 - Precipitação acumulada para Campo Grande para os anos de 2002 a 2010. 44
FIGURA 12 – Número de eventos com Profundidade Óptica maior que 1,5 em função dos dias da semana no município de Campo Grande. 45
FIGURA 13 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 22 de Setembro de 2005, 13:45h UTC, para valor de AOD em 4 no município de Campo Grande/MS. 46
FIGURA 14 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 16 de Setembro de 2004, 17:40h UTC, para valor de AOD em 4 no município de Campo Grande/MS. 46
FIGURA 15 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 31 de Maio de 2011, 13:20h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Campo Grande/MS. 47
FIGURA 16 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 04 de Junho de 2011, 17:15h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Campo Grande/MS. 47
FIGURA 17 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 30 de Outubro de 2010, 13:00h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Campo Grande/MS. 48
FIGURA 18 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 29 de Outubro de 2010, 16:405h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Campo Grande/MS. 48
FIGURA 19 - Profundidade Óptica de Aerossóis acima de 1,5 para o município de Corumbá. 49
FIGURA 20 - Número de eventos em que Profundidade Óptica de Aerossóis ultrapassou 1,5 no município de Corumbá. 50
FIGURA 21 - Precipitação acumulada para Corumbá para os anos de 2006 a 2010. 51
FIGURA 22 - Número de eventos com Profundidade Óptica maior que 1,5 em função dos dias da semana no município de Corumbá. 52

FIGURA 23 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 13 de Setembro de 2010, 13:40h UTC, para valor de AOD em 4 no município de Corumbá/MS. 53
FIGURA 24 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 24 de Setembro de 2010, 14:45h UTC, para valor de AOD em 5 no município de Corumbá/MS. 53
FIGURA 25 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 15 de Junho de 2011, 14:10h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Corumbá/MS. 54
FIGURA 26 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 17 de Junho de 2008, 16:40h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Corumbá/MS. 54
FIGURA 27 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 02 de Julho de 2011, 13:15h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Corumbá/MS. 55
FIGURA 28 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 01 de Julho de 2011, 17:00h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Corumbá/MS. 55
FIGURA 29 - Profundidade Óptica de Aerossóis acima de 1,5 para o município de Dourados. 56
FIGURA 30 - Número de eventos em que Profundidade Óptica de Aerossóis ultrapassou 1,5 no município de Dourados. 57
FIGURA 31 - Precipitação acumulada para Dourados para os anos de 2002 a 2010. 58
FIGURA 32 - Número de eventos com Profundidade Óptica maior que 1,5 em função dos dias da semana no município de Dourados. 59
FIGURA 33 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 09 de Outubro de 2004, 13:25h UTC, para valor de AOD em 4 no município de Dourados/MS. 60
FIGURA 34 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 16 de Setembro de 2004, 17:40h UTC, para valor de AOD em 4 no município de Dourados/MS. 60
FIGURA 35 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 06 de Janeiro de 2011, 14:10h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Dourados/MS. 61
FIGURA 36 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 17 de Abril de 2011, 17:150h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Dourados/MS. 61
FIGURA 37 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 06 de Julho de 2011, 12:55h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Dourados/MS. 62
FIGURA 38 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 05 de Julho de 2011, 16:35h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Dourados/MS. 62
FIGURA 39 - Profundidade Óptica de Aerossóis acima de 1,5 para o município de Três Lagoas. 63
FIGURA 40 - Número de eventos em que Profundidade Óptica de Aerossóis ultrapassou 1,5 no município de Três Lagoas. 64
FIGURA 41 - Precipitação acumulada para Três Lagoas para os anos de 2002 a 2010. 65

FIGURA 42 - Número de eventos com Profundidade Óptica maior que 1,5 em função dos dias da semana no município de Três Lagoas. 66
FIGURA 43 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 13 d Agosto de 2010, 14:25h UTC, para valor de AOD em 4 no município de Três Lagoas/MS. 67
FIGURA 44 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 25 de Setembro de 2010, 16:55h UTC, para valor de AOD em 4 no município de Três Lagoas/MS. 67
FIGURA 45 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 18 de Maio de 2011, 13:50h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Três Lagoas/MS..... 68
FIGURA 46 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 18 de Junho de 2011, 17:30h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Três Lagoas/MS..... 68
FIGURA 47 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 04 de Julho de 2011, 14:45h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Três Lagoas/MS..... 69
FIGURA 48 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 07 de Julho de 2011, 16:20h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Três Lagoas/MS..... 69
FIGURA 49 - Número de dias com cobertura de nuvens..... 70
FIGURA 50 - Número de dias com Profundidade Óptica acima de 1,5. 71
FIGURA 51 - Eventos com profundidade óptica para os municípios no período total..... 72
FIGURA 52 – Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Janeiro de 2007. ... 79
FIGURA 53 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Fevereiro de 2007. 80
FIGURA 54 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Março de 2007. 81
FIGURA 55 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Abril de 2007. 82
FIGURA 56 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Maio de 2007. 83
FIGURA 57 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Junho de 2007. 84
FIGURA 58 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Julho de 2007. 85
FIGURA 59 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Agosto de 2007. 86
FIGURA 60 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Setembro de 2007. 87
FIGURA 61 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Outubro de 2007. .. 88
FIGURA 62 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Novembro de 2007. 89
FIGURA 63 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Dezembro de 2007. 90

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Composição da Atmosfera Terrestre 19
TABELA 2 – Relação de poluentes, tempo de amostragem, padrões primários e secundários. 25
TABELA 3 – Tempo médio para sedimentação de partículas de vários diâmetros 27
TABELA 4 – Coordenadas dos municípios analisados e população 30
TABELA 5 – Usos, larguras de banda, Radiância espectral e taxa sinal-ruído 32
TABELA 6 – Área de controle para Campo Grande 37
TABELA 7 – Área de controle para Corumbá 38
TABELA 8 – Área de controle para Dourados 39
TABELA 9 – Área de controle para Três Lagoas 41
TABELA 10 – Atendimento à Resolução CONAMA Nº 3/1990 73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AERONET	Aerosol Robotic Network
AIRS	Atmospheric InfraRed Sounder
AMSR-E	Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS
AMSU-A	Advanced Microwave Sounding Unit
AOD	Aerosol Optical Depth
ASTER	Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CERES	Clouds and Earth's Radiant Energy System
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EOS	Earth Observing System
EPA	Environmental Protection Agency
GES DISC	Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center
GIOVANNI	GES DISC Interactive Online Visualization and Analysis Infrastructure
HSB	Humidity Sounder for Brazil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MISR	Multi-angle Imaging Spectro-Radiometer
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MOPITT	Measurements od Pollution in the Troposphere

MOVAS	MODIS Online Visualization and Analysis System
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCN	Núcleo de Condensação de Nuvens
PRONAR	Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
UNEP	United Nations Environment Programme

RESUMO

O estado de Mato Grosso do Sul caminha para o desenvolvimento industrial, abrigando indústrias de transformação com uma taxa de crescimento de 0,7%. (IBGE, 2011). Ainda que seus números de indústrias sejam de pouca monta, alguns de seus municípios sofrem com a poluição advinda principalmente pela queima de biomassa, e muito provavelmente de outros estados e até de países vizinhos. Casos de problemas de saúde e até mortes foram exaustivamente relacionados com poluição atmosférica, principalmente em situações desfavoráveis para sua dispersão. Foi utilizado o sensor MODIS presente nos satélites Terra e Aqua e a plataforma *Giovanni* para gerar os dados diários dos principais municípios do estado no período de 10.07.2002 a 10.07.2011: Campo Grande, Dourados, Corumbá e Três Lagoas. Foram verificados os dias com Profundidade Óptica acima de 1,5 que se relaciona com concentrações de poluentes acima de 150$\mu g.m^{-3}$, padrão estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 3/1990. Foram observados dias críticos (Profundidade Óptica acima de 1,5) em todos os municípios pelo menos uma vez ao ano, sendo o pior deles Corumbá com 66 dias críticos ao longo do período de aquisição de dados, seguido de Campo Grande com 28 dias, Dourados 25 dias e Três Lagoas com 15 dias. Esses eventos críticos ocorreram principalmente no período de Agosto a Outubro onde normalmente ocorrem as queimadas.

Palavras-chave: Aerossóis, Profundidade Óptica de Aerossóis, MODIS.

ABSTRACT

Mato Grosso do Sul is heading for the industrial development, by processing industries with a growth rate of 0.7 %. (IBGE, 2011). Even if its number of industries are minor, some of their communities suffering from the air pollution mainly by the burning of biomass, and very probably of other states and even of borderer countries. Cases of health problems and even deaths have been thoroughly related to air pollution, especially in adverse situations for its dispersion as low air humidity, thermal reversals and wind. It has been used the sensor MODIS installed in both satellites Terra and Aqua and the platform Giovanni to generate the daily data of the main towns of the state in the period of 07.10.2002 to 07.10.2011 : Campo Grande, Dourados, Corumbá and Três Lagoas. They have been verified the days with Aerosol Optical Depth above 1.5 that relates to concentrations of pollutants above 150$\mu g.m^{-3}$ standard set by CONAMA Resolution Number 3/1990. Have been observed critical days (Aerosol Optical Depth above 1.5) in all the municipalities at least once a year, and the worst of them, Corumbá with 66 days over the period of data acquisition, followed by Campo Grande with 28 days, Dourados 25 and Três Lagoas 15 days. These critical events occurred mainly in August to October, period of biomass burning.

Key-words: Aerosols, Aerosol Optical Depth, MODIS.

1. INTRODUÇÃO

O estado de Mato Grosso do Sul é uma das 27 unidades federativas do Brasil. Está localizado ao sul da região Centro-Oeste. Tem como limites os estados de Goiás a nordeste, Minas Gerais a leste, Mato Grosso ao norte, Paraná ao sul e São Paulo no sudeste; além de Bolívia a oeste e Paraguai a oeste e sul.

Com uma área de 357.145,836 km² possui uma população de 2.449.024 habitantes, de acordo com o censo 2010 do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Basicamente, sua economia está alicerçada na produção rural, indústria, extração mineral, turismo e prestação de serviços com uma taxa de unidades locais de empresas de alto crescimento, para a atividade de indústrias de transformação de 0,7%. (IBGE, 2011).

Os municípios de Campo Grande, Dourados, Corumbá e Três lagoas representam os municípios que figuram como os principais do estado, tanto economicamente quanto ao número de habitantes.

O estado possui clima tropical, com inverno seco, apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18ºC. As precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1800 mm. Este tipo de clima predomina principalmente no norte e noroeste do Estado de São Paulo; parte oeste do Triângulo Mineiro, praticamente toda a metade norte de Minas Gerais e no sudeste de Minas, na região de Muriaé – Cataguases – Leopoldina; litoral e serras do Ceará; norte do Maranhão, oeste da Bahia, centro do Mato Grosso, Pantanal Mato-Grossense, nordeste do Rio de Janeiro, oeste do Espírito Santo, serras do Rio Grande do Norte. Ocorre ainda, na faixa amazônica deste o noroeste do Tocantins, até Roraima; oeste de Mato Grosso e sul de Rondônia.

A relação entre efeitos à saúde e poluição atmosférica foi estabelecida a partir de episódios agudos de contaminação do ar e estudos sobre a ocorrência do excesso de milhares de mortes registradas em Londres, em 1948 e 1952. SALDIVA *et al*,(2001) encontrou relação entre mortalidade infantil e poluentes atmosféricos após um curto período de exposição, de 2 dias.

Na Região Metropolitana de São Paulo - RMSP, o crescimento desordenado verificado na Capital e nos municípios vizinhos, especialmente da região do ABC, a partir da 2ª Guerra Mundial, levou à instalação de indústrias de grande porte, sem a preocupação com o controle de emissões de poluentes atmosféricos, sendo possível a visualização de chaminés emitindo enormes quantidades de fumaça. (CETESB, 2011).

Há registros em jornais da década de 60 e especialmente de 70, de episódios agudos de poluição do ar que levaram a população ao pânico devido aos fortes odores, decorrentes do excesso de poluentes lançados pelas indústrias na atmosfera, na Região Metropolitana de São Paulo, causando mal-estar e lotando os serviços médicos de emergência. Esse crescimento rápido e desordenado levou, no início dos anos 60, à criação da Comissão Intermunicipal de Controle da Poluição das Águas e do Ar - CICPAA, envolvendo os municípios de Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul e Mauá. As medições de poluentes na atmosfera restringiam-se às taxas mensais de sulfatação, poeira sedimentável e corrosividade. (CETESB, 2011).

A medição sistemática da qualidade do ar é restrita a um número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos disponíveis para seu acompanhamento. (CETESB, 2011).

A *NASA*, através do *GES-DISC* desenvolveu sensores de satélite específicos para medidas de Profundidade Óptica de Aerossóis ao redor da Terra.

As partículas de aerossol possuem tamanhos que variam de nanômetros (nm) a dezenas de micrômetros (µm) de diâmetro. O particulado é naturalmente dividido em duas modas definidas por intervalos de tamanho onde se tem maior concentração de partículas: a moda das partículas finas, menores que 2,5µm de diâmetro aerodinâmico e a moda das partículas grossas, maiores que 2,5µm. Isto é conveniente, pois as frações de tamanhos possuem diferentes propriedades físicas e químicas, diferentes processos de emissão e remoção da atmosfera. A moda grossa é geralmente constituída por partículas primárias, formadas a partir de processos mecânicos, como ressuspensão do solo por ventos, sal marinho, cinzas de combustão e emissões biogênicas naturais. A moda fina contêm partículas primárias geradas por processos de combustão por indústrias, veículos e partículas secundárias, provenientes da formação de partículas na atmosfera a partir de gases como por exemplo a formação de sulfatos a partir do SO_2. (SEINFELD e PANDIS, 2006).

Os aerossóis podem reduzir a visibilidade, sendo motivo para o fechamento de aeroportos devido à ocorrência de nevoeiros. São responsáveis pela acidificação das chuvas, do solo e degradação de monumentos (chuva ácida devido à oxidação de SO_2 formando ácido sulfúrico). (CASTANHO, 1999).

Aerossóis participam do balanço radiativo da atmosfera, de forma direta, aquecendo ou resfriando sua temperatura, através da forçante radiativa. E de forma indireta atuando como Núcleo de Condensação de Nuvens, NCN.

Forçante Radiativa é definido como uma alteração artificial ou natural no balanço radiativo na troposfera, podendo ser negativo quando ocorre resfriamento e positivo quando ocorre aquecimento da atmosfera. (IPCC *apud* LEIVA, 2010).

REID *et al*, (1998), mostra que em regiões onde a Profundidade Óptica alcança valores superiores a 1,5 sua concentração de particulados está acima de 150 $\mu g.m^{-3}$, limite esse previsto na Resolução CONAMA Nº 3 de 28 de Junho de 1990, (BRASIL, 2011), que dispõe sobre padrões de qualidade do ar.

Mato Grosso do Sul, bem como outros estados do Brasil, estão em evidente crescimento econômico, mas são carentes de redes de coleta de dados de poluentes atmosféricos. Novas metodologias estão sendo desenvolvidas para auxiliar os tomadores de decisão a abordar sistematicamente a questão.

Os produtos dos sensores MODIS estão sendo usados por vários autores em várias frentes de pesquisa de monitoramento de qualidade do ar e propriedades ópticas dos aerossóis, assinatura espectral de áreas queimadas, resposta de relâmpagos para fumaça proveniente de fogos na região Amazônica, avaliação da Profundidade Óptica em outros locais, dentre outros.

2. OBJETIVOS

Analisar a série temporal de Profundidade Óptica de Aerossóis nos principais municípios de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Dourados, Corumbá e Três Lagoas através do sensor MODIS a bordo dos satélites Terra e Aqua, de modo a verificar dias com Profundidade Óptica acima de 1,5 considerados como dias críticos.

Verificar o atendimento à Resolução CONAMA Nº 3 de 28 de Junho de 1990 que dispõe sobre padrões de qualidade do ar.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Composição da Atmosfera

A atmosfera terrestre é uma mistura de gases dos quais o nitrogênio (N_2) é o mais abundante, com aproximadamente 80% em volume, enquanto que o Oxigênio é o principal constituinte do restante. Até uma altura de aproximadamente 100 quilômetros, a mistura dos gases é praticamente constante, isto é, a cada altura, a proporção da mistura de certo gás em relação ao todo se mantém. Nesta porção da atmosfera predomina a difusão turbulenta e acima disso a difusão molecular. (KIRCHHOFF, 1991).

A TABELA 1 mostra a constituição da atmosfera em relação aos gases e suas respectivas porcentagens conforme o volume ou conforme o número de moléculas de ar seco:

TABELA 1 - Composição da Atmosfera Terrestre.

Constituinte	**Porcentagem (%)**
Nitrogênio (N_2)	78,084
Oxigênio (O_2)	20,946
Argônio (Ar)	0,934
Gás Carbônico (CO_2)	0,031
Neônio (Ne)	$1,82 \times 10^{-3}$
Hélio (He)	$5,24 \times 10^{-4}$
Metano (CH_4)	$1,5 \times 10^{-4}$
Criptônio (Kr)	$1,14 \times 10^{-4}$
Hidrogênio (H_2)	5×10^{-5}
Óxido Nitroso (N_2O)	3×10^{-5}
Xenônio (Xe)	$8,7 \times 10^{-6}$
Monóxido de Carbono (CO)	10^{-5}

Ozônio (O_3)	Até 10^{-5}
Água (média)	Até 1

Fonte: GODOY e WALKER, 1975.

Segundo GRIMM (2011), além de gases, a atmosfera terrestre contém um sistema de pequenas partículas, líquidas e sólidas imersas em gases denominadas aerossóis. Alguns aerossóis - gotículas de água e cristais de gelo - são visíveis em forma de nuvens. A maior concentração é encontrada na baixa atmosfera, próximo a sua fonte principal, a superfície da Terra. Eles podem originar-se de queima de biomassa, erosão do solo pelo vento, cristais de sal marinho dispersos pelas ondas que se quebram, emissões vulcânicas e de atividades agrícolas e industriais.

Embora a concentração dos aerossóis seja relativamente pequena, eles participam de processos meteorológicos importantes. Em 1° lugar, alguns aerossóis agem como núcleos de condensação para o vapor d'água e são importantes para a formação de nevoeiros, nuvens e precipitação. Em 2° lugar, alguns podem absorver ou refletir a radiação solar incidente, influenciando a temperatura. Assim, quando ocorrem erupções vulcânicas com expressiva liberação de poeira, a radiação solar que atinge a superfície da Terra pode ser sensivelmente alterada. Em 3° lugar, a poeira no ar contribui para um fenômeno ótico conhecido: as várias tonalidades de vermelho e laranja no nascer e pôr-do-sol. (GRIMM, 2011).

3.2. Pressão e Densidade Atmosférica

Segundo KIRCHHOFF (1991), a pressão atmosférica representa o peso da massa de ar acima do nível da superfície terrestre, por unidade de área. Sua variação com a altura pode ser deduzida da seguinte forma, pela Lei Hidrostática

$$\frac{dp}{dh} = \rho g \qquad (1)$$

e Lei dos gases perfeitos

$$p = n.k.T \qquad (2)$$

Onde h é a altura, p a pressão, ρ a densidade, g a aceleração da gravidade (m/s^2), n densidade numérica ou concentração do gás, k a constante de Boltzmann ($1{,}38 \times 10^{-23}\, J.K^{-1}$), T a temperatura absoluta (K). Densidade ρ e concentração n relacionam-se através da massa m da partícula gasosa, por

$$\rho = n.m \qquad (3)$$

A massa molecular M de um gás (em unidade de massa atômica) dividida pela massa m é igual à constante de Avogadro N.

$$N = \frac{R}{k} = \frac{M}{m}\ 6{,}02 \times 10^{26} \qquad \text{(unidade no MKS)}$$

Sendo R a constante dos gases. Com a combinação das equações anteriores, temos:

$$-\frac{dp}{p.dh} = \frac{m.g}{k.T} \qquad (4)$$

A relação $k.T/m.g$ recebe o nome de escala de altura (de pressão, ou simplesmente escala de altura) e é designada por H. Portanto:

$$-\frac{dp}{p} = \frac{dh}{H} \qquad (5)$$

Integrando-se:

$$p = p_0.exp\left(\int_{h_0}^{h} -\frac{dh}{H}\right) \qquad (6)$$

Onde p_0 é a expressão do nível de referência h_0. No caso particular em que H não varia com altura

$$p = p_0.exp[-(h - h_0)/H] \qquad (7)$$

Então a pressão atmosférica, neste caso, varia exponencialmente com a altura. O parâmetro H, portanto, representa um intervalo de altura no qual a pressão cai de $1/e$. A expressão (7) é rigorosamente correta apenas no caso em que H é constante com a altura. A grosso modo é costume dizer que a pressão atmosférica varia exponencialmente com a altura,

o mesmo se aplicando para a densidade. A FIGURA 1 mostra o perfil vertical médio para a pressão do ar:

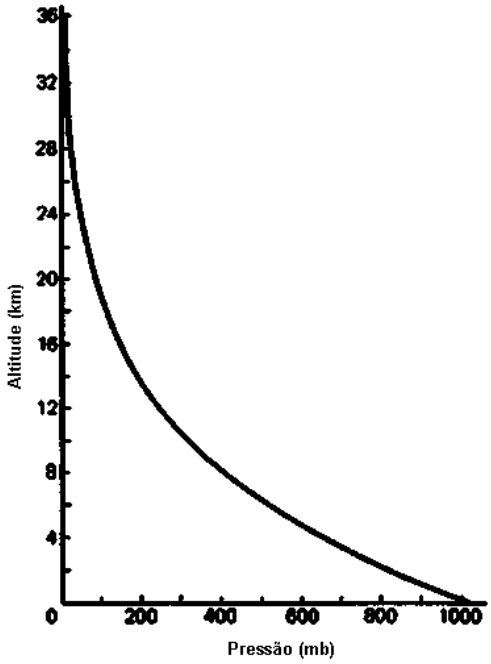

FIGURA 1 - Perfil vertical médio da pressão do ar.

Fonte: GRIMM, 2011.

O decréscimo da densidade do ar com a altura é bastante rápido (decréscimo exponencial) de modo que na altitude de ~5,6 km a densidade já é a metade da densidade ao nível do mar e em ~16 km já é de apenas 10% deste valor e em ~32 km apenas 1%.

3.3. Perfil vertical da temperatura

Segundo KIRCHHOFF (1991), a divisão das camadas da atmosfera depende de sua variação de temperatura. A FIGURA 2 mostra o perfil vertical da atmosfera em função de sua temperatura:

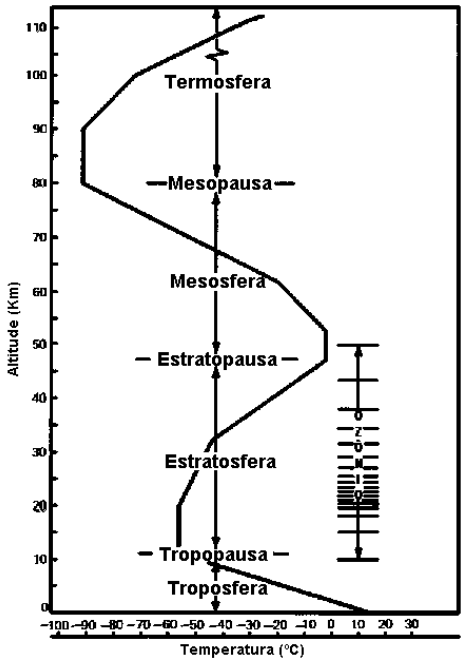

FIGURA 2 - Perfil vertical médio de temperatura na atmosfera.

Fonte: GRIMM, 2011.

A camada mais próxima da superfície é denominada Troposfera, onde ocorrem os principais eventos meteorológicos, estendendo-se até uma altura de aproximadamente 15 km, com sua temperatura decrescendo com a altura. (GRIMM, 2011).

A camada seguinte, a Estratosfera, se estende até uma altura de 50 km, onde sua temperatura aumenta com a altura, devido à concentração de ozônio. Na Mesosfera, a temperatura volta a decrescer com a altura, até a Mesopausa, em torno de 80 km. Após a Mesopausa e sem limite superior definido, está a Termosfera, onde a temperatura cresce com a altura até atingir o limite máximo que é a temperatura exosférica. (KIRCHHOFF, 1991).

Os limites das camadas, as chamadas pausas, são caracterizadas pelos pontos de inflexão em que o gradiente térmico é nulo. (KIRCHHOFF, 1991).

3.4. Qualidade do ar

LISBOA (2008) cita os vários usos do ar pelo Homem, alguns deles indiscriminadamente como em usos metabólicos pelo homem, animas e vegetação; benefícios advindos dos fenômenos meteorológicos; comunicação; transporte; combustão; processos industriais e como receptor e transportador de resíduos da atividade humana.

As regiões tropicais constituem um exemplo notável de mudanças no uso da terra e da cobertura vegetal nas últimas décadas, como resultado do desflorestamento induzido pelo homem (LUCAS *et al.* 2000 *apud* LIBONATI, 2011), estimando-se que esta região seja responsável por cerca de 32% da emissão global de carbono para a atmosfera (ANDREAE 1991 *apud* LIBONATI, 2011). A queima de biomassa aparece como parâmetro chave no contexto do Protocolo de Kyoto (UNEP/UN, 1998 *apud* LIBONATI, 2011), o qual enfatiza a necessidade de melhorar a qualidade dos dados e de metodologias utilizadas para estimar as emissões de gases para a atmosfera.

A Resolução CONAMA N° 03 de 28 de Junho de 1990, (BRASIL, 2011), que dispõe sobre Padrões de Qualidade do Ar, previstos no PRONAR (Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – Resolução CONAMA N° 5 de 15 de Junho de 1989) versa:

> *Art. 1°- São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Parágrafo único. Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:*
>
> *I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;*
>
> *II - inconveniente ao bem-estar público;*
>
> *III - danoso aos materiais, à fauna e flora;*
>
> *IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.*
>
> *Art. 2°- Para os efeitos desta Resolução ficam estabelecidos os seguintes conceitos:*

> *I - Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, se ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.*
>
> *II - Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.*

A TABELA 2 mostra a compilação dos poluentes atmosféricos considerados na Resolução CONAMA Nº 03 de 28 de Junho de 1990, bem como tempo de amostragem e seus padrões primários e secundários. (BRASIL, 2011).

TABELA 2 – Relação de poluentes, tempo de amostragem, padrões primários e secundários.

POLUENTE	**TEMPO DE AMOSTRAGEM**	**Padrão primário ($\mu g.m^{-3}$)**	**Padrão secundário ($\mu g.m^{-3}$)**
Partículas totais em suspensão	24 horas[1]	240	150
	MGA[2]	80	60
Partículas inaláveis	24 horas[1]	150	150
	MAA[3]	50	50
Fumaça	24 horas[1]	150	100
	MAA[3]	60	40
Dióxido de enxofre	24 horas[1]	365	100
	MAA[3]	80	40
Monóxido de carbono	1 hora[1]	40.000	40.000
		35ppm	35ppm
	8 horas[1]	10.000	10.000
		9ppm	9ppm
Dióxido de nitrogênio	1 hora[1]	320	190
	MAA[3]	100	100
Ozônio	1 hora[1]	160	160

Fonte: Adaptado de Resolução CONAMA nº 03/90.

1 – não deve ser excedido mais que uma vez ao ano;

2 – média geométrica anual;

3 – média aritmética anual.

Padrão primário de qualidade do ar são as concentrações de poluentes que se ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Padrão secundário de qualidade do ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à flora, à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral. (BRASIL, 2011).

Partículas na atmosfera surgem de fontes naturais como tempestades de areia, vulcões e spray marinho e de atividades antropogênicas como a queima de combustíveis fósseis e queima de biomassa.(SEINFELD e PANDIS, 2006; LISBOA, 2008).

A EPA/USA define aerossol como uma complexa mistura de partículas extremamente pequenas e gotas de líquidos com grande variedade de componentes químicos, incluindo ácidos, substâncias orgânicas, metais e partículas de solo ressuspenso em um gás.

O material particulado possui, em geral, tempo de permanência de dias a semanas na atmosfera (SEINFELD e PANDIS, 1998 *apud* CASTANHO, 2005). Pode ser, portanto, transportado a longas distâncias por correntes de ar, interferindo na química e na física da atmosfera, não somente em escala local, mas também em escala regional e até global. Os aerossóis possuem papel definitivo no balanço radiativo da atmosfera. (CASTANHO, 2005).

Partículas de fumaça provenientes da queima da biomassa possuem diâmetro $d_p<1\mu m$ em aproximadamente 80%-90% de seu volume. As partículas de fumaça são compostas de aproximadamente 50% a 60% de carbono orgânico e de 5% a 10% do chamado *black carbon*. Essas partículas efetivamente absorvem e espalham a radiação solar. (REID *et al.*, 2005).

3.5. Aerossol

O aerossol é definido como a suspensão de partículas sólidas ou líquidas na atmosfera, excluindo-se água pura, com tamanhos microscópicos ou sub-microscópicos maiores do que as dimensões moleculares. (SEINFELD e PANDIS, 2006).

Partículas de aerossol são caracterizadas pela sua distribuição de tamanhos e composição. A distribuição de tamanhos é a variação da concentração em função do seu tamanho. (JACOBSON, 2002).

Emitidos diretamente como partículas (aerossol primário) ou formados na atmosfera através de processos de conversão gás-partícula (aerossol secundário), aerossóis atmosféricos são geralmente considerados como partículas, possuindo diâmetros que variam da ordem de nanômetros a micrômetros.(SEINFELD e PANDIS, 2006).

Partículas de aerossóis possuem um intervalo de tamanho entre 0,001 a cerca de 100 µm, sendo este parâmetro o mais importante para caracterizar o comportamento dos aerossóis. (SEINFELD e PANDIS, 2006).

A TABELA 3 mostra o tamanho da partícula e seu tempo médio para sedimentação para uma distância de 1 quilômetro.

TABELA 3 – Tempo médio para sedimentação de partículas de vários diâmetros.

Diâmetro da partícula(µm)	**Tempo para sedimentação (1km)**
0,02	228 anos
0,1	36 anos
1,0	328 dias
10,0	3,6 dias
100,0	1,1 horas
1.000,0	4 minutos
5.000,0	1,8 minutos

Fonte: Adaptado de JACOBSON, 2002.

As partículas diminutas, presentes nos aerossóis, podem demorar dias e até anos para sedimentar, portanto, podemos entender que a poluição causada por esse sistema de poluição atmosférica pode transpassar fronteiras políticas, promovendo degradação da qualidade de vida para populações que não compartilham da premissa de queima de biomassa como prática de manejo.

Mas além do processo de sedimentação, as partículas podem ser removidas da atmosfera por absorção através das gotas de chuva. (BAIRD, 1998).

Partículas na atmosfera podem mudar seu tamanho e composição através de condensação de vapor, evaporação, coagulação com outras partículas, reações químicas ou formando neblinas na presença de vapor de água supersaturado. Partículas menores que 1µm geralmente são encontradas em concentrações que variam de 10 a 1000 cm^{-3}. As maiores que

1 μm são normalmente encontradas em concentrações menores que 1 cm^{-3}. (SEINFELD e PANDIS, 2006).

Partículas provenientes da queima da biomassa afetam não só regionalmente, mas globalmente a química da atmosfera e o clima. (REID *et al*.,1998). Profundidade Óptica de Aerossóis em regiões de cerrado e Bacia Amazônica alcançaram o valor 3 nos períodos secos, podendo levar a forçante radiativa a -36 $W.m^{-2}$. (CHRISTOPHER *et al*., 1996 *apud* REID *et al.*,1998).

A Profundidade Óptica de aerossol é um indicativo da quantidade e eficiência de extinção de radiação solar pela matéria opticamente ativa em um dado comprimento de onda. (ARTAXO *et al.*, 2002).

Os aerossóis participam no balanço radiativo da Terra de forma direta, espalhando e absorvendo a radiação solar que chega à atmosfera, e de forma indireta, atuando como Núcleo de Condensação de Nuvens, entre muitas outras formas. (ARTAXO *et al.*, 2002).

O conceito de forçante radiativa é definido como uma alteração artificial ou natural no balanço radiativo na troposfera, podendo ser negativo quando há o resfriamento ou positivo quando há o aquecimento da atmosfera. As forçantes radiativas negativas reduzem a quantidade de radiação (alguns aerossóis ricos em enxofre refletem grande parte da radiação incidente, proporcionando um balanço radiativo final negativo). Já as forçantes radiativas positivas aumentam a quantidade de energia disponível (outros aerossóis possuem alta capacidade de absorção da radiação, os ricos em carbonos negros, provocando um aumento na temperatura). (LEIVA, 2010).

Os aerossóis podem influenciar o clima atuando principalmente como Núcleos de Condensação de Nuvens (NCN) e como núcleos de gelo. (ANDREAE *et al.*, 2004; LOREN *et al*., 2004; ROSENFELD, 1999 *apud* FERNANDES, 2005).

Altas concentrações de NCN criam gotículas pequenas de nuvens, coalescendo muito ineficientemente em gotas de chuva. Uma conseqüência disso é a redução de chuvas sobre regiões poluídas. (ARTAXO *et al*., 2002;FERNANDES, 2005; LEIVA, 2010).

Na região da floresta Amazônica ocorrem queimadas de grandes proporções, anualmente, no período de estação seca, como ferramenta agrícola de limpeza de solo. Essas queimadas afetam não somente a região amazônica, mas também são exportados esses

aerossóis para a região sudeste do Brasil e países vizinhos como a Bolívia, tal a quantidade de material particulado emitido nessas ocasiões. (FREITAS *et al.* 2005 *apud* ARTAXO, 2002).

Em função da não uniformidade na distribuição espacial das queimadas, o Brasil apresenta grandes contrastes entre regiões fonte e não fonte de queimada. Esses contrastes são decorrentes de fatores climáticos (período de grande estiagem) e regionais (predominância de atividades agropecuárias). No entanto, nestas regiões de pouca queima, medem-se, às vezes, concentrações elevadas de gases traço gerados por queimadas. Em outras palavras, as regiões de muita queima, ou regiões fonte, exportam gases gerados de queima de biomassa para regiões não fonte. Por meio de cálculos de trajetória de massas de ar é possível determinar o caminho do transporte de massas de ar em altitudes definidas. Resultados obtidos através dessa técnica evidenciam a existência de um "corredor de circulação de massas de ar" entre regiões fonte e não fonte de queimada, no continente brasileiro em baixas altitudes (cerca de 0 a 4 km). (AIRES & KIRCHHOFF, 2001).

Os aerossóis predominam próximos à superfície, na camada limite planetária com cerca de 3 km a 4 km em regiões tropicais (REID *et al*., 1998). Segundo MATOS (2007) *apud* LEIVA (2010), a camada limite planetária é a faixa mais próxima da superfície da Terra com interferências diretas dos processos ou eventos orográficos e termodinâmicos que ocorrem na superfície.

As concentrações de aerossóis decrescem rapidamente com a altura na troposfera. Para o caso dos gases presentes na atmosfera, as taxas de redução das concentrações com a altura são menos pronunciadas (LIOU, 1980 *apud* LEIVA, 2010).

Problemas atmosféricos que envolvem valores de radiação solar direta podem ser tratados pela lei de Beer-Bougher-Lambert da transferência radiativa. A teoria da transferência radiativa expressa a interação da radiação com a matéria, descrevendo como um feixe de fótons é afetado pela presença de partículas (átomos, moléculas ou aerossóis) em seu caminho de propagação. A lei de Beer-Bougher-Lambert é a combinação de duas leis inicialmente separadas para a atenuação da radiação, a lei de Lambert-Bouguer que relaciona a quantidade de luz absorvida e a distância que ela viaja através de um meio homogêneo absorvedor, e a lei de Beer, que relaciona a absorção de luz e a concentração da substância absorvente no caso do meio ser constituído por uma solução diluída de uma substância absorvente num solvente não absorvente. (SOUZA e SCHUCH, 2001 *apud* LEIVA, 2010).

Dentro do período total de 10.07.2002 a 10.07.2011, foram selecionados eventos críticos de atenuação da radiação solar, τ550nm >1,5 – valor reportado em alguns trabalhos em ambientes influenciados por queima de biomassa com concentrações acima de 150μg.m^{-3}. (REID *et al*., 1998).

4. METODOLOGIA

4.1. Municípios

Visando analisar a variação temporal da Profundidade Óptica de Aerossóis através dos sensores MODIS, este trabalho analisou os dados gerados do *Giovanni* para o período de 10.07.2002 a 10.07.2011. Os dados da plataforma *Giovanni* estão disponíveis online em http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni. Os dados foram compilados para os principais municípios de Mato Grosso do Sul, Dourados, Corumbá, Três Lagoas, incluindo sua capital Campo Grande.

A TABELA 4 mostra a localização geográfica dos municípios analisados.

TABELA 4 – Coordenadas dos municípios analisados e população.

Município	**Latitude**	**Longitude**	**População**
Campo Grande	-20° 26’ 34”	-54° 38’ 47”	786.797
Dourados	-22° 13’ 16”	-54° 48’ 20”	196.035
Corumbá	-19° 00’ 33”	-57° 39’ 12”;	103.703
Três Lagoas	-20° 45’ 04”	51° 40’ 42”	101.791

As imagens relativas a cada município foram geradas através da rede AERONET/MODIS/NASA (http://aeronet.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/type_one_station_opera_v2_new?site=Campo_Grande_SONDA&nachal=2&level=3&place_code=10) tomando como base os dados gerados na plataforma *Giovanni*. Os dias com maiores valores de Profundidade

Óptica, valores zero e valores -1,00E+09 da base *Giovanni* foram lançados na rede AERONET de modo a serem geradas as imagens para os respectivos dias.

Os dias com valores zero de Profundidade Óptica foram compilados de modo a termos os dias mais próximos ao final do período total. O mesmo acontecendo para os dias com valores -1,00E+09.

4.2. Sensor MODIS

Os sensores MODIS (*MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer*) estão a bordo nos satélites Terra (*EOS AM*) e Aqua (*EOS PM*). O MODIS-Terra está instalado no satélite Terra no qual observa o planeta durante a manhã. Nesse período as observações de superfície são melhores devido à reduzida cobertura de nuvens.

O MODIS-Aqua está a bordo no satélite Aqua, na qual faz observações do planeta no início da tarde. Neste período, a cobertura de nuvens é maior, no entanto, as observações de Profundidade Óptica de aerossóis não são prejudicadas.

O satélite Terra possui órbita circular, quase polar, heliossíncrona, a 705 Km de altura ao redor da Terra passando do Norte ao Sul cruzando a linha do Equador pela manhã. Este satélite carrega os sensores ASTER, CERES, MISR, MOPITT e MODIS. O satélite Terra foi lançado em 18 de Dezembro de 1999.

O satélite Aqua também possui órbita quase polar, heliossíncrona, a 705 Km de altitude, mas passando do Sul ao Norte pela linha do Equador pela tarde. O satélite foi lançado em 04 de Maio de 2002, levando 6 sensores: AIRS, AMSU-A, HSB, AMSR-E CERES e MODIS. Cada um tem características e capacidades únicas que somadas permitem uma completa observação do planeta.

A órbita heliossíncrona é um caso particular de uma quase órbita polar. O satélite viaja do pólo norte para o pólo sul e vice-versa, mas o seu plano de órbita é sempre fixo para um observador que esteja postado no Sol. Assim o satélite sempre passa aproximadamente sobre o mesmo ponto da superfície da Terra todos os dias na mesma hora. Desta forma ele pode

transmitir todos os dados coletados para uma antena fixa terrestre, durante suas órbitas. Geralmente os satélites hélio-síncronos são satélites de média e baixa órbita, com altitudes variando de 550 até 850 km. Orbitam com uma inclinação em relação ao equador de 97 a 98º.

Os sensores MODIS presentes nesses satélites adquirem dados de toda a superfície terrestre a cada 1 ou 2 dias em 36 bandas espectrais ou grupo de comprimentos de onda. Estes dados nos permitem avaliar os processos e a dinâmica global que estão ocorrendo em terra, nos oceanos e na baixa atmosfera, tendo sido o primeiro sensor a ser desenvolvido com características específicas para o estudo de aerossóis. (ARTAXO *et al.*, 2011).

A TABELA 5 mostra as larguras de bandas, as radiâncias espectrais e taxa sinal-ruído em função dos usos:

TABELA 5 – Usos, larguras de banda, Radiância espectral e taxa sinal-ruído

Usos	**Banda**	**Largura Banda[1]**	**de Radiância Espectral[2]**	**Taxa sinal-ruído[3]**
Terra/Nuvens/Limites de Aerossóis	1	620 - 670	21.8	128
	2	841 - 876	24.7	201
Terra/Nuvens/Propriedades dos Aerossóis	3	459 - 479	35.3	243
	4	545 - 565	29.0	228
	5	1230 - 1250	5.4	74
	6	1628 - 1652	7.3	275
	7	2105 - 2155	1.0	110
Cor do Oceano/Fitoplâncton/Biogeoquímica	8	405 - 420	44.9	880
	9	438 - 448	41.9	838
	10	483 - 493	32.1	802
	11	526 - 536	27.9	754
	12	546 - 556	21.0	750
	13	662 - 672	9.5	910
	14	673 - 683	8.7	1087
	15	743 - 753	10.2	586
	16	862 - 877	6.2	516

Vapor de água atmosférico	17	890 - 920	10.0	167
	18	931 - 941	3.6	57
	19	915 - 965	15.0	250

Uso	Banda	Largura de Banda[1]	Radiância Espectral[2]	NE[delta]T(K)[4] Requerido
Superfície/Temperatura das nuvens	20	3.660 - 3.840	0.45(300K)	0.05
	21	3.929 - 3.989	2.38(335K)	2.00
	22	3.929 - 3.989	0.67(300K)	0.07
	23	4.020 - 4.080	0.79(300K)	0.07
Temperatura atmosférica	24	4.433 - 4.498	0.17(250K)	0.25
	25	4.482 - 4.549	0.59(275K)	0.25
Vapor de água de nuvens cirrus	26	1.360 - 1.390	6.00	150(SNR)
	27	6.535 - 6.895	1.16(240K)	0.25
	28	7.175 - 7.475	2.18(250K)	0.25
Propriedades das nuvens	29	8.400 - 8.700	9.58(300K)	0.05
Ozônio	30	9.580 - 9.880	3.69(250K)	0.25
Superfície/ Temperatura das nuvens	31	10.780 - 11.280	9.55(300K)	0.05
	32	11.770 - 12.270	8.94(300K)	0.05
Altura do topo de nuvem	33	13.185 - 13.485	4.52(260K)	0.25
	34	13.485 - 13.785	3.76(250K)	0.25
	35	13.785 - 14.085	3.11(240K)	0.25
	36	14.085 - 14.385	2.08(220K)	0.35

[1] Bandas 1 a 19 estão em nm; Bandas 20 a 36 estão em µm

[2] Unidades dos valores de Radiância Espectral estão em W/m^2 µm sr

[3] SNR = Signal-to-noise ratio

[4] NE(delta)T = Noise-equivalent temperature difference

Fonte: NASA MODIS brochure modificado.

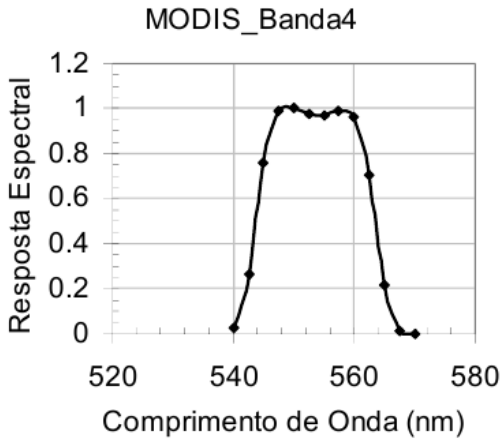

FIGURA 3 – Filtro da banda 4 do sensor MODIS.

Fonte: CASTANHO, 2005.

A FIGURA 3 mostra a resposta espectral em função do comprimento de onda para a Banda 4 do sensor MODIS, mostrando que há uma melhor resposta para o comprimento 550 nm. Os aerossóis refletem, respectivamente, 0,007 a 0,048% e 0,006 a 0,04% da radiação incidente nos canais 490nm e 550nm. (LEIVA, 2010). Portanto, justifica-se a utilização da Profundidade Óptica de aerossóis no canal 550nm neste trabalho.

O produto de aerossóis do MODIS tem resolução nominal de 10 x 10 km, considerando-se uma passagem de cada satélite sobre uma determinada região. (ARTAXO *et al.*, 2011).

Os dados foram disponibilizados pela plataforma *Giovanni*, através do período total e das áreas de controle.

Giovanni é uma aplicação web desenvolvida pelo GES DISC que proporciona uma maneira simples e intuitiva de vizualização, análise e acesso a dados de sensoriamento remoto sem a necessidade de download de dados. *Giovanni* significa GES-DISC (*Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center) Interactive Online Visualization ANd aNalysis Infrastructure.*

Dados dos sensores MODIS a bordo dos satélites Terra e Aqua estão disponibilizados no MOVAS, com início de dados do MODIS-Terra em Fevereiro de 2000 e do MODIS-Aqua em Julho de 2002.

MOVAS significa *MODIS (MOderate-resolution Imaging Spectroradiometer) Online Visualization and Analysis System* criado pela equipe técnica do GES DISC como parte do *Giovanni*. Lançado em Maio de 2007, o MOVAS gera dados diários de sensoriamento.

Os dados disponíveis no MOVAS relacionados ao MODIS são dados referentes as condições ópticas da atmosfera.

Existem 12 tipos de visualização e análise de dados no MOVAS:

- *Animation;*
- *Overlay of Lat-Lon Maps (Comparison Plot);*
- *Latitude-Time Hovmöller diagram;*
- *Longitude-Time Hovmöller diagram;*
- *Lat-lon map, time-averaged;*
- *Correlation map;*
- *Lat-Lon map of time-averaged differences;*
- *Scatter plot;*
- *Scatter plot, time-averaged;*
- *Time-series;*
- *Time Series, Area-Averaged Differences;*
- *Time Series, Area Statistics;*

Neste trabalho foi utilizado *lat-lon map, time-averaged* para análise de dados diários.

A área de interesse pode ser selecionada de dois modos:

- Pelo mapa Java: pode-se clicar e arrastar e formar uma caixa de seleção para delimitar a área de interesse;
- Coordenadas geográficas: este foi o método utilizado neste trabalho. As coordenadas das áreas de controle foram inseridas nas caixas de controle, gerando a área selecionada.

A FIGURA 4 mostra uma visão geral do estado de Mato Grosso do Sul com as áreas de controle dos municípios analisados. AC-CG1 e AC-CG2 representam a área de controle para Campo Grande; AC-DDOS1 e AC-DDOS2 representam a área de controle para Dourados; AC-CRB1 e AC-CRB2 para Corumbá e AC-TL1 e AC-TL2 para Três Lagoas.

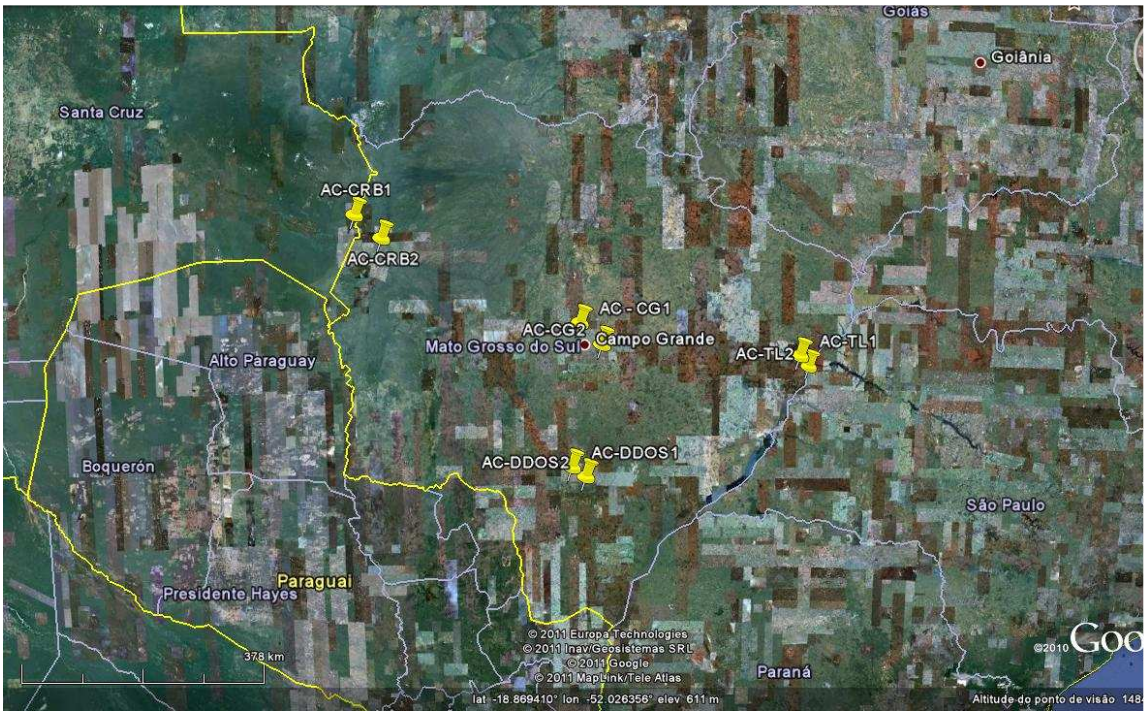

FIGURA 4– O estado de Mato Grosso do Sul com os municípios analisados.

4.3. Áreas de Controle

As áreas de controle foram delimitadas de modo a cobrir a maior área habitada dos municípios analisados, de modo a gerar dados diários de Profundidade Óptica, através da plataforma *Giovanni*:

Para Campo Grande

A TABELA 6 mostra as coordenadas dos pontos que determinam a área de controle para o município de Campo Grande. As coordenadas desses pontos, contidos nos vértices do retângulo formado, foram inseridos no *Giovanni* para processamentos dos dados.

TABELA 6 – Área de controle para Campo Grande.

Ponto	Latitude	Longitude
AC-CG1	-20,350942°	-54,773822°
AC-CG2	-20,624414°	-54,473976°

A FIGURA 5 mostra a imagem do município de Campo Grande com seus pontos de controle. A área de controle para Campo Grande é de 948,2 km² para superfície de projeção UTM e Datum WGS 84.

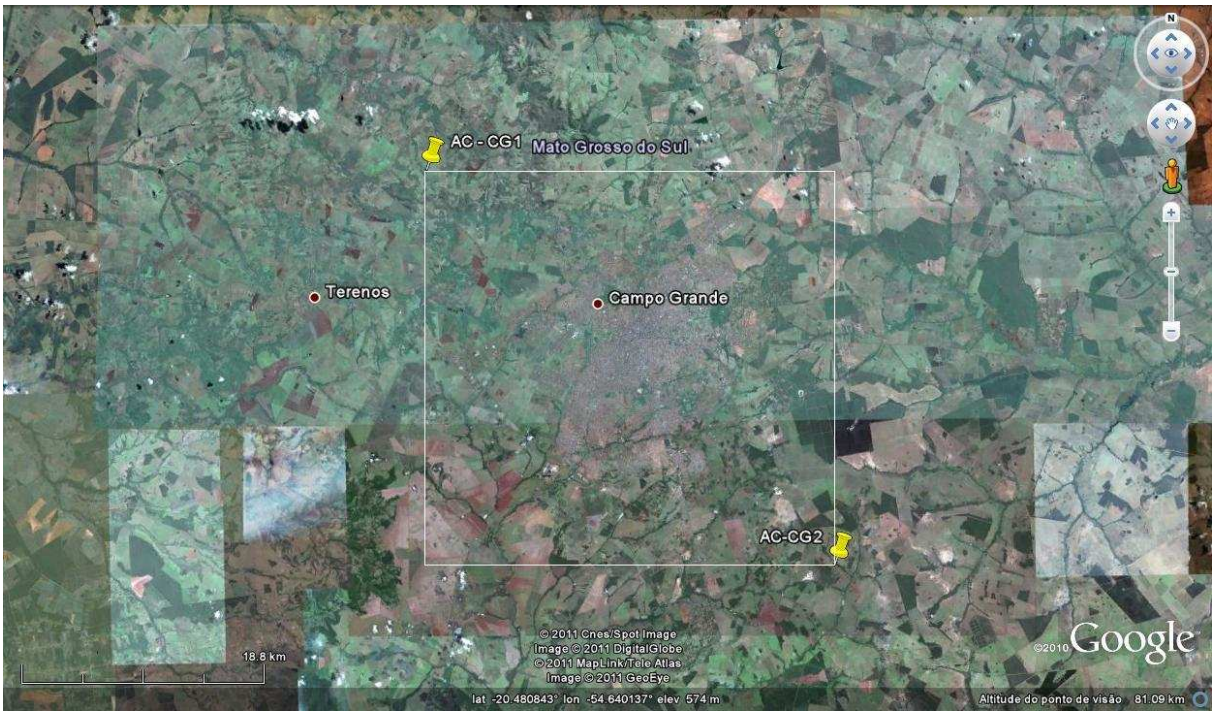

FIGURA 5 – Área de controle para o município de Campo Grande.

Para Corumbá

A TABELA 7 mostra as coordenadas dos pontos que determinam a área de controle para o município de Corumbá.

TABELA 7 – Área de controle para Corumbá.

Ponto	Latitude	Longitude
AC-CRB1	-18,937152°	-57,839994°
AC-CRB2	-19,243326°	-57,472768°

A FIGURA 6 mostra a imagem do município de Corumbá com seus pontos de controle. Para Corumbá, a área de controle levou em consideração os municípios de Corumbá e Ladário e as cidades de Puerto Quijarro, Puerto Suárez, Naranjo e Guachalla na Bolívia, principalmente pela proximidade com o município brasileiro e por considerar que poluição atmosférica não se restringe a fronteiras políticas. A área de controle para Corumbá é de 1307,5 km² para superfície de projeção UTM e Datum WGS 84.

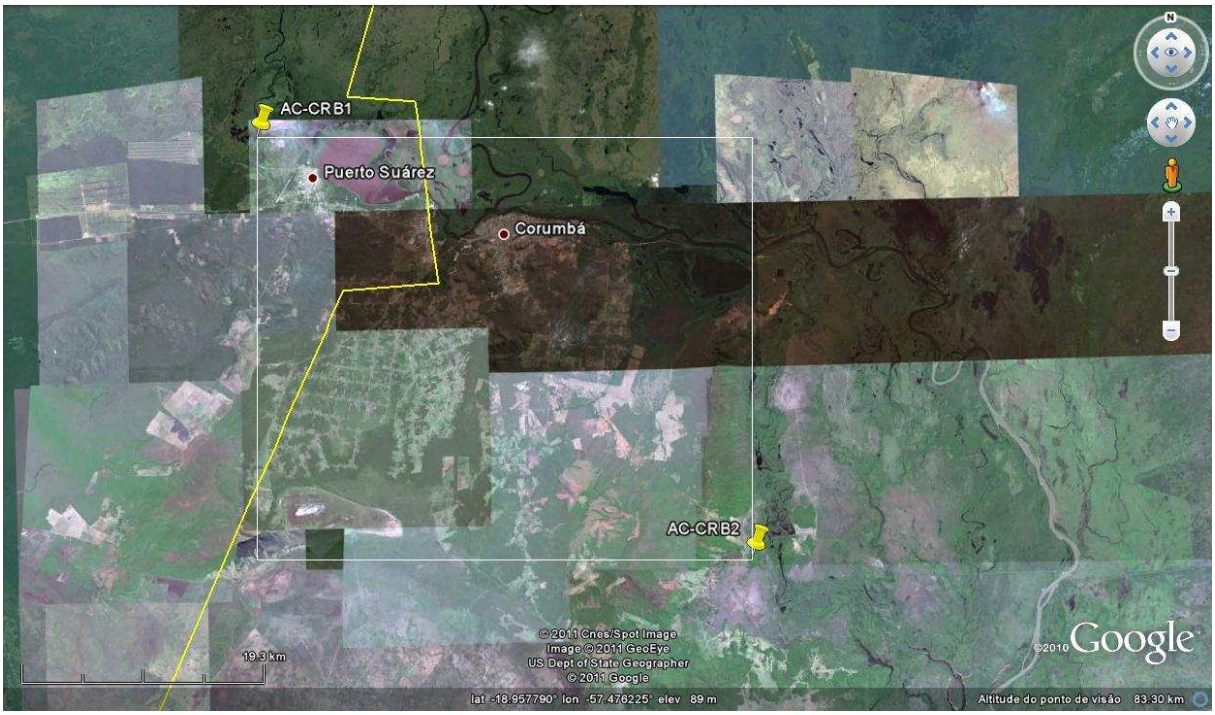

FIGURA 6– Área de controle para o município de Corumbá.

Para Dourados

A TABELA 8 mostra as coordenadas dos pontos que determinam a área de controle para o município de Dourados.

TABELA 8 – Área de controle para Dourados.

Ponto	Latitude	Longitude
AC-DDOS1	-22,187809°	-54,885970°
AC-DDOS2	-22,310479°	-54,694198°

A FIGURA 7 mostra a imagem do município de Dourados com seus pontos de controle. A área de controle para Dourados é de 271,5 km² para superfície de projeção UTM e Datum WGS 84.

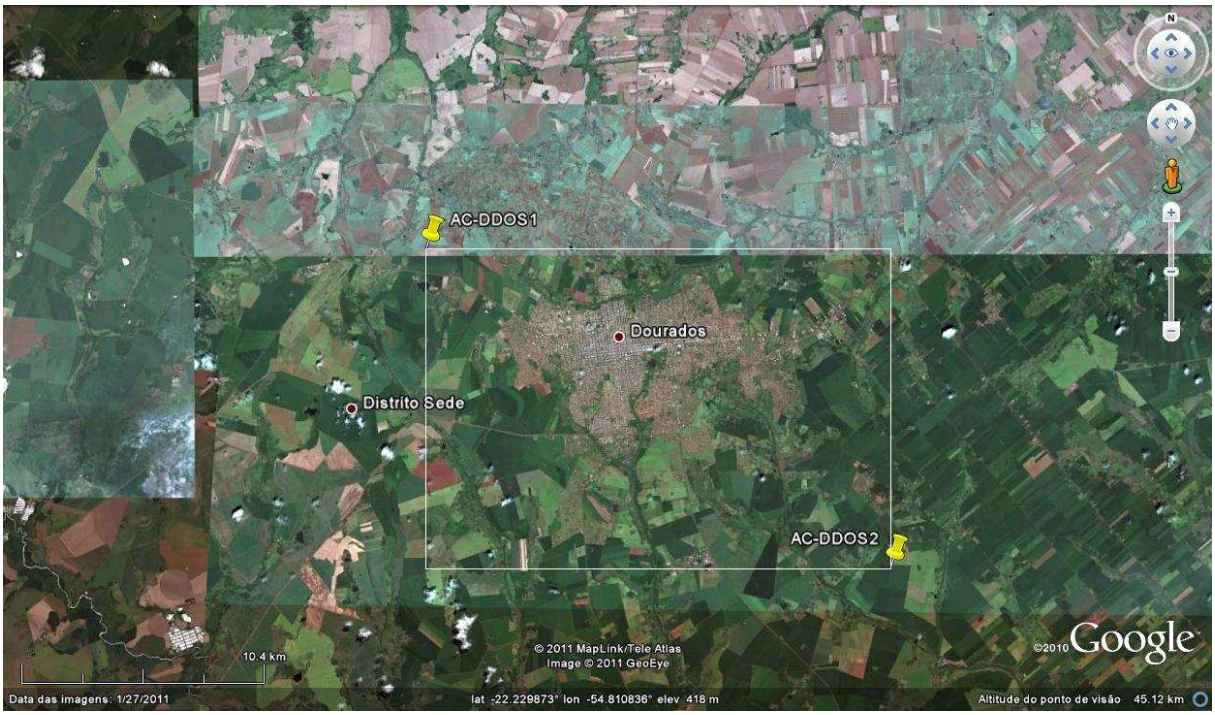

FIGURA 7– Área de controle para o município de Dourados.

Para Três Lagoas

A TABELA 9 mostra as coordenadas dos pontos que determinam a área de controle para o município de Três Lagoas.

TABELA 9 – Área de controle para Três Lagoas.

Ponto	Latitude	Longitude
AC-TL1	-20,746566°	-51,771000°
AC-TL2	-20,862459°	-51,641619°

A FIGURA 8 mostra a imagem do município de Três Lagoas com seus pontos de controle. A área de controle para Três Lagas é de 161,7 km² para superfície de projeção UTM e Datum WGS 84.

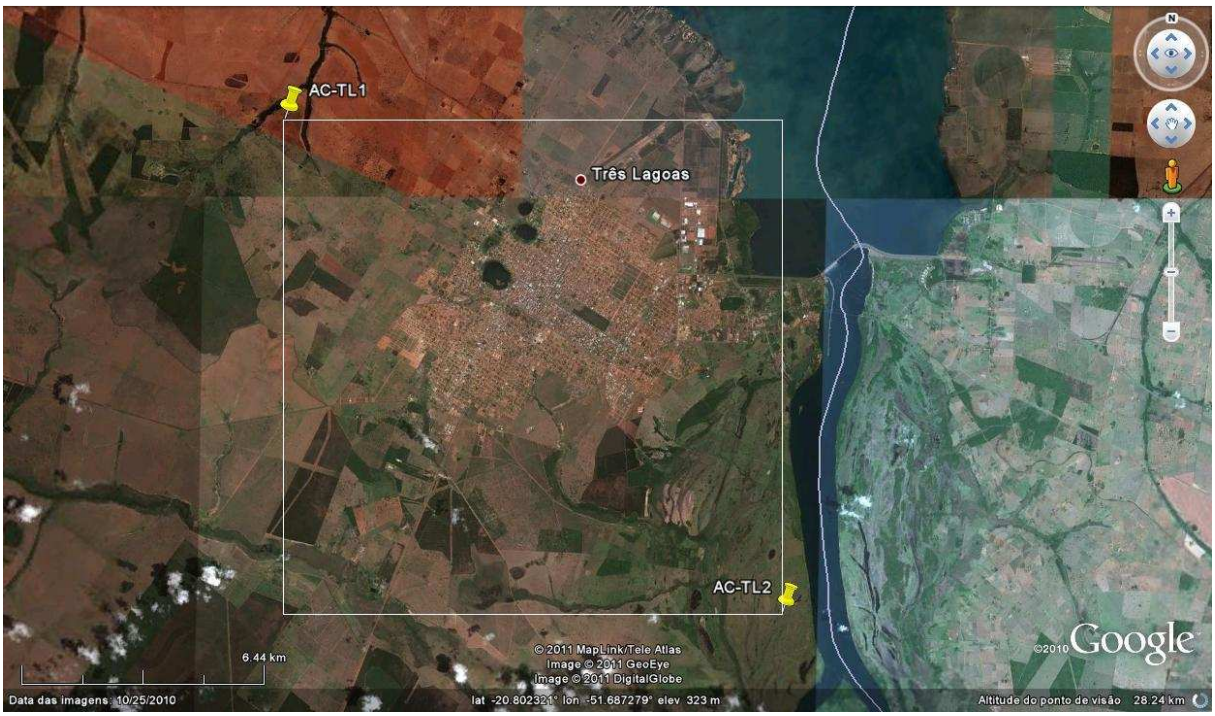

FIGURA 8 – Área de controle para o município de Três Lagoas.

Os dados de Profundidade Óptica foram disponibilizados pelo *Giovanni* em vários formatos: *.hdf, *.ncd, *.asc e *.kmz.

Os dados do período total foram baixados em formato *.asc e *.kmz, e posteriormente processados em planilha eletrônica., excluindo-se os menores resultados de Profundidade Óptica, para o mesmo dia.

Para o satélite Terra, os dados dos produtos de aerossóis do MODIS foram codificados como *MOD08_D3.051.Optical_Depht_Land_and_Ocean_Mean."período".G3.output*, enquanto que para o satélite Aqua, a codificação utilizada foi *MYD08_D3.051.Optical_Depht_Land_and_Ocean_Mean."período".G3.output.*

Os valores -1,00E +09 correspondem a dados em que houveram coberturas de nuvens no local analisado. Dados com valores -1,00E +09 não são considerados desprezíveis. Eles podem ser uma fonte importante de informações a respeito de dias de coberturas de nuvens.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Campo Grande

A FIGURA 9 mostra os valores de profundidade óptica acima de 1,5. Os eventos com profundidade óptica acima de 1,5 concentraram-se entre os meses de Agosto a Outubro, estação seca no Estado. Está claro a sazonalidade de acontecimento de eventos que podemos considerar como críticos em relação à profundidade óptica acima de 1,5 que está relacionada com concentrações de aerossóis inaláveis acima de 150$\mu g.m^{-3}$.

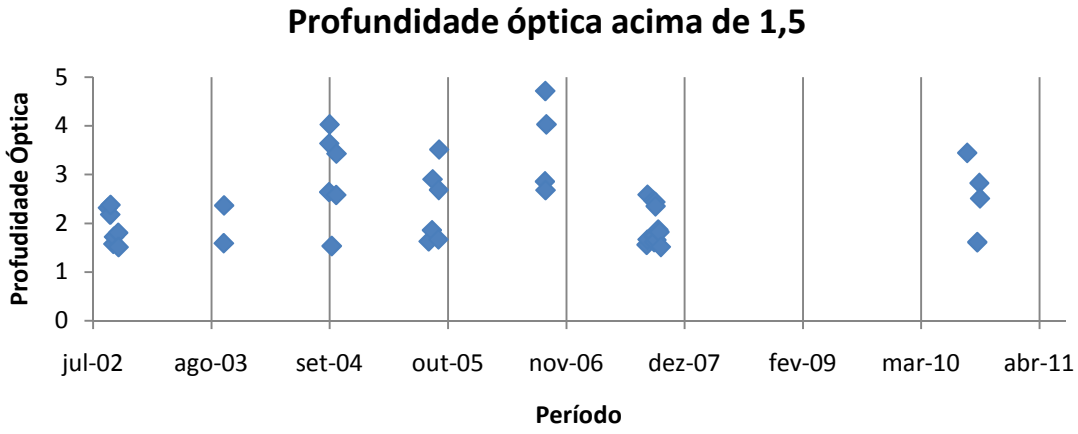

FIGURA 9 - Profundidade Óptica de Aerossóis acima de 1,5 para o município de Campo Grande.

A FIGURA 10 mostra a quantidade de eventos com espessura óptica acima de 1,5, relacionada com concentrações acima de 150µg.m^{-3}.

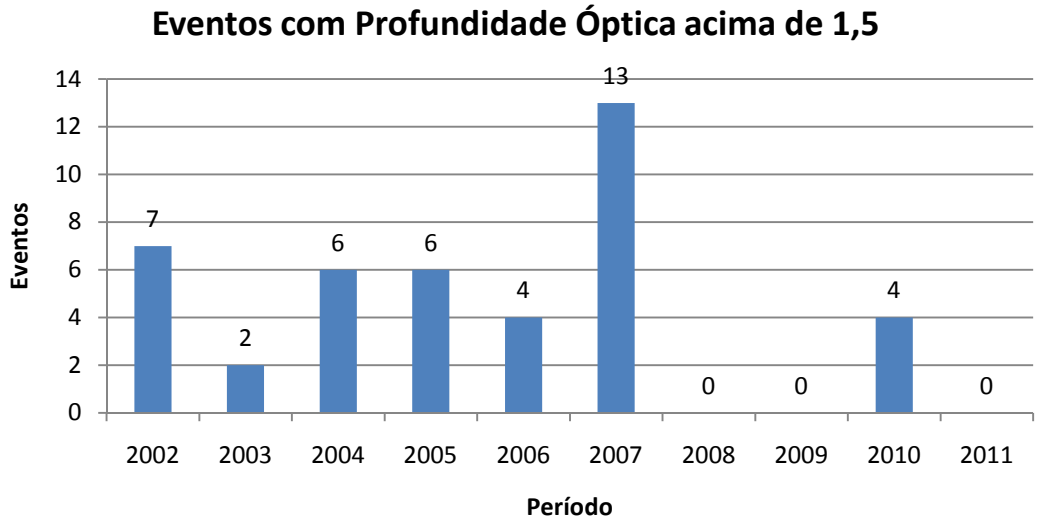

FIGURA 10 – Número de eventos em que Profundidade Óptica de Aerossóis ultrapassou 1,5 no município de Campo Grande.

Uma observação deve ser feita para o ano de 2006 e 2007. O ano de 2006 obteve 4 eventos críticos com o máximo em 4,71 em 16 de Setembro de 2006. No entanto, em 2007 houveram 13 dias com Espessura Óptica acima de 1,5 mas alcançando valor máximo de 2,59.

A FIGURA 11 mostra a precipitação acumulada para o período de 2002 a 2010 para o município de Campo Grande. No ano de 2008 observamos 1300 mm de precipitação e em 2009 uma precipitação acumulada de 1719,6 mm.

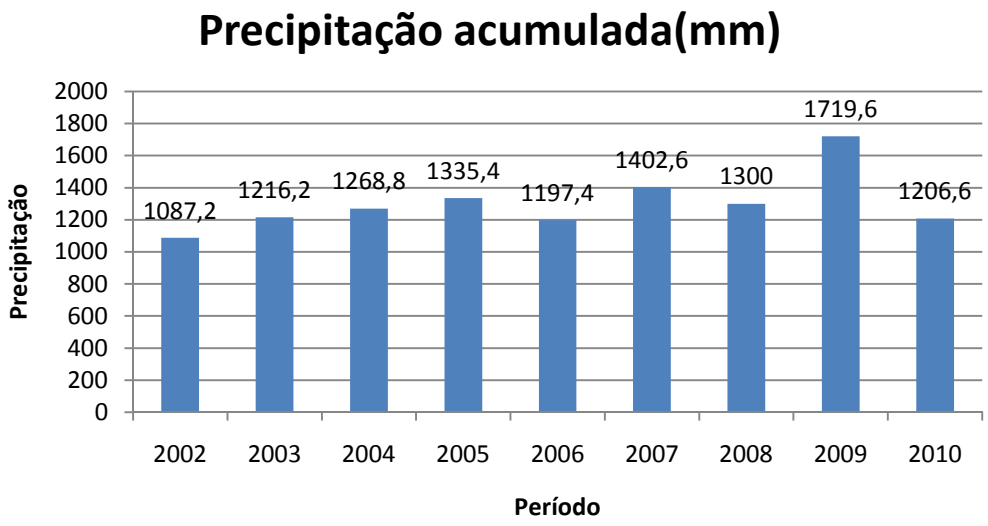

FIGURA 11 - Precipitação acumulada para Campo Grande para os anos de 2002 a 2010.

Fonte: INMET

A FIGURA 12 mostra os eventos com Profundidade Óptica acima de 1,5 em função dos dias de semana.

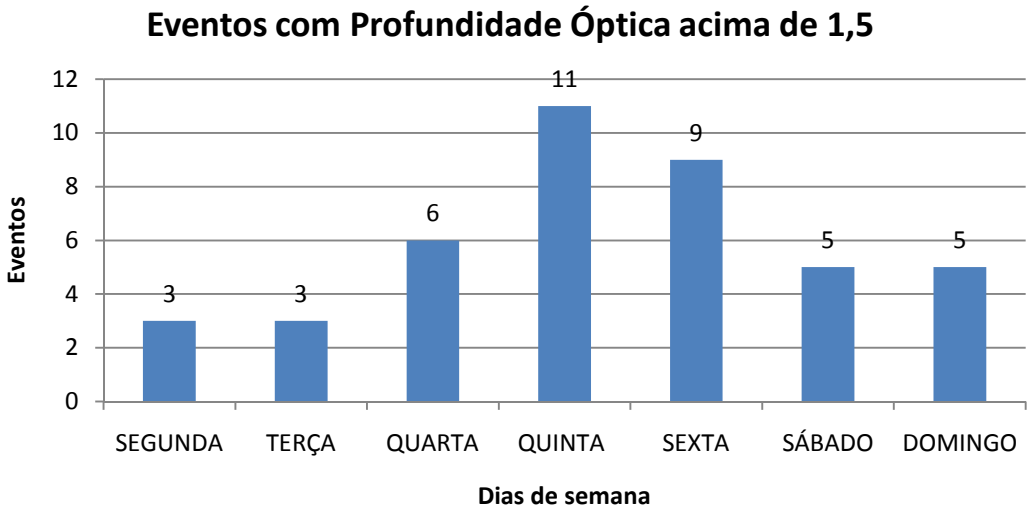

FIGURA 12 – Número de eventos com Profundidade Óptica maior que 1,5 em função dos dias da semana no município de Campo Grande.

Observamos uma certa sazonalidade de acontecimentos de eventos considerados críticos, com a maioria dos eventos acontecendo no meio da semana, de quarta a sábado, com pico de eventos na quinta.

O satélite Terra forneceu dados de Espessura Óptica para o período de 10.07.2002 a 10.07.2011, totalizando 3288 observações, sendo 96,70%(1551 dias) correspondente a eventos com Espessura Óptica menor que 1,0 com mínimo em zero; eventos com Espessura Óptica acima de 1,0 totalizaram 3,30%(53 dias) e eventos com Espessura óptica acima de 1,5 totalizaram 1,75%(28 dias) das medições.

O satélite Aqua forneceu dados de Espessura Óptica para o período de 10.07.2002 a 10.07.2011, totalizando 3288 valores, sendo 96,57%(1492 dias) correspondente a eventos com Espessura Óptica menor que 1,0 com mínimo em zero; eventos com Espessura Óptica acima de 1,0 totalizaram 3,43%(53 dias) e eventos com Espessura óptica acima de 1,5 totalizaram 1,88%(29 dias) das medições.

As FIGURAS 13, 14, 15, 16, 17 e 18 mostram as imagens coletadas pelos sensores MODIS/Terra e MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de

calor, para eventos com Profundidade Óptica elevados, com valores zero e com valores -1,00E +09.

Os dados de valores -1,00E +09 para o satélite Terra totalizaram 981 dados ou 29,84% dos dias com coberturas de nuvens. Para o Aqua, os dados foram de 1219 dias com cobertura de nuvens ou 37,07% do total de dados adquiridos.

As FIGURAS 13 e 14 mostram a pluma de aerossol sobre o Estado de Mato Grosso do Sul, com dados para o município de Campo Grande. Estes dias críticos obtiveram valor 4 de AOD em 22 de Setembro de 2005 pelo sensor MODIS/Terra e em 16 de Setembro de 2004 pelo sensor MODIS/Aqua.

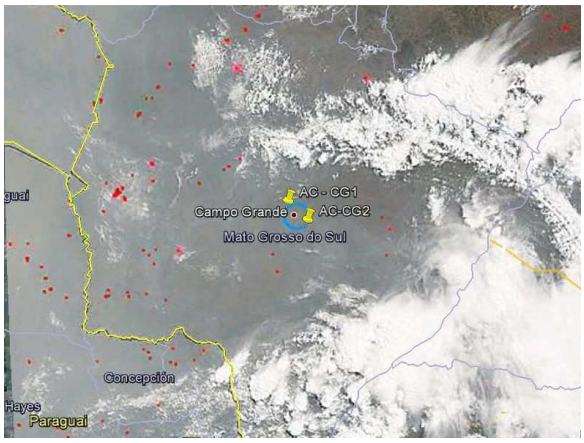

FIGURA 13 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 22 de Setembro de 2005, 13:45h UTC, para valor de AOD em 4 no município de Campo Grande/MS.
Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

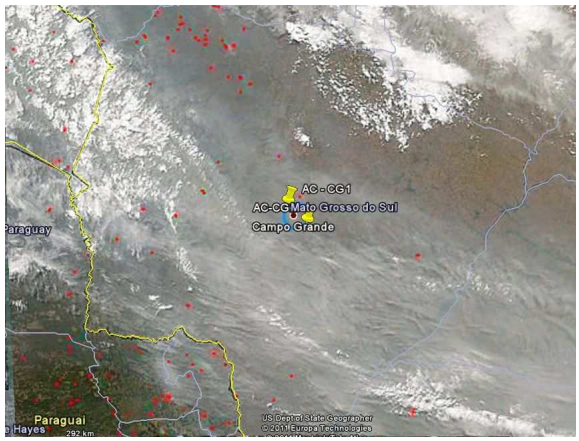

FIGURA 14 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 16 de Setembro de 2004, 17:40h UTC, para valor de AOD em 4 no município de Campo Grande/MS.
Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

As FIGURAS 15 e 16 mostram o Estado de Mato Grosso do Sul, com dados para o município de Campo Grande. Estes dias obtiveram valor 0 de AOD em 31 de Maio de 2011 pelo sensor MODIS/Terra e em 04 de Junho de 2011 pelo sensor MODIS/Aqua.

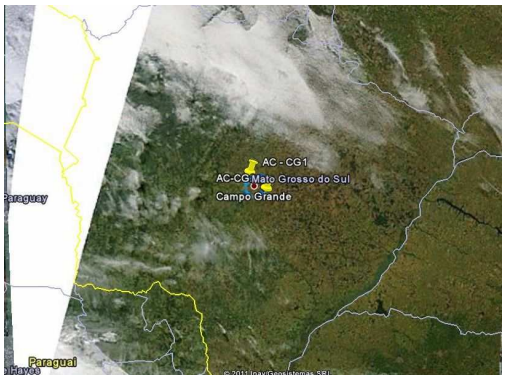

FIGURA 15 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 31 de Maio de 2011, 13:20h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Campo Grande/MS. Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

FIGURA 16 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 04 de Junho de 2011, 17:15h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Campo Grande/MS. Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

As FIGURAS 17 e 18 mostram o Estado de Mato Grosso do Sul, com dados para o município de Campo Grande. Estes dias obtiveram valor -1,00E +090 de AOD em 30 de Outubro de 2010 pelo sensor MODIS/Terra e em 29 de Outubro de 2010 pelo sensor MODIS/Aqua.

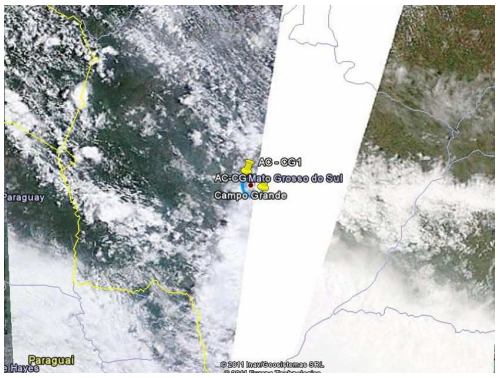

FIGURA 17 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 30 de Outubro de 2010, 13:00h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Campo Grande/MS.

Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

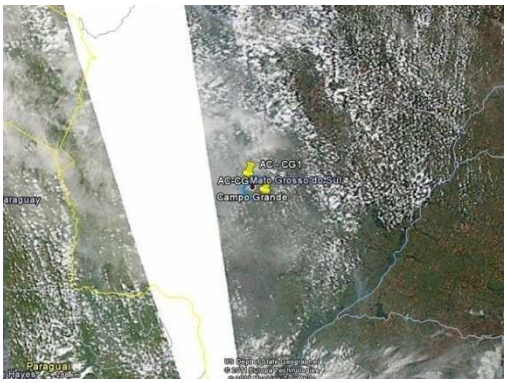

FIGURA 18 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 29 de Outubro de 2010, 16:405h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Campo Grande/MS.

Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

5.2. Corumbá

A FIGURA 19 mostra os valores de profundidade óptica acima de 1,5. Os eventos com profundidade óptica acima de 1,5 concentraram-se entre os meses de Agosto a Outubro, estação seca no Estado. Está claro a sazonalidade de acontecimento de eventos que podemos considerar como críticos em relação à profundidade óptica acima de 1,5 que está relacionada com concentrações de aerossóis inaláveis acima de 150µg.m^{-3}.

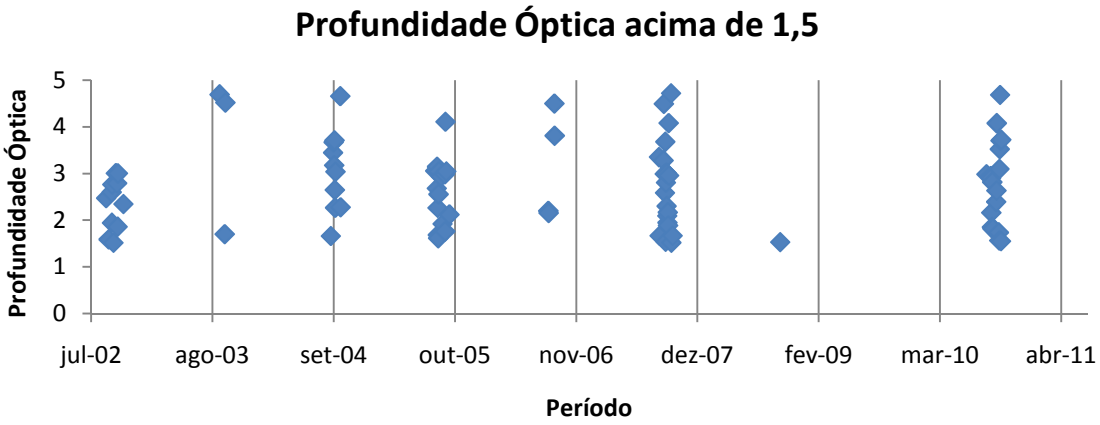

FIGURA 19 - Profundidade Óptica de Aerossóis acima de 1,5 para o município de Corumbá.

A FIGURA 20 mostra a quantidade de eventos com espessura óptica acima de 1,5, relacionada com concentrações acima de 150µg.m^{-3}.

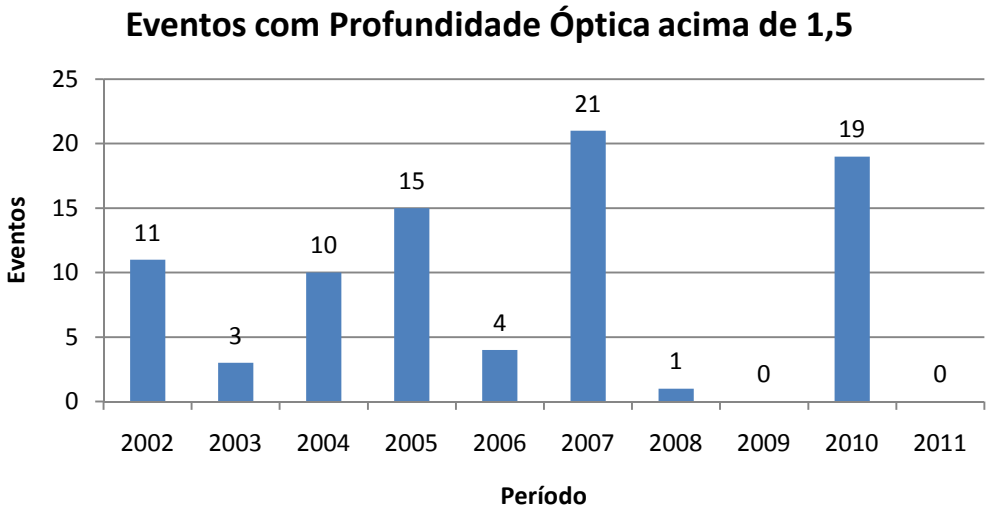

FIGURA 20 - Número de eventos em que Profundidade Óptica de Aerossóis ultrapassou 1,5 no município de Corumbá.

A FIGURA 20 mostra que Corumbá foi o município mais afetado por aerossóis em concentrações acima de 150µg.m^{-3}, relacionado com Profundidades Ópticas acima de 1,5.

O ano de 2002 contou com 11 eventos com um máximo em 3,01.

2003 contou com 3 eventos e máximo em 4,70.

2004 obteve 10 eventos com máximo em 4,66.

2005 contou com 15 eventos e máximo de 4,11.

2006 obteve 4 eventos e máximo de 4,50.

Para o ano de 2007 obtivemos 21 dias com AOD acima de 1,5 com um máximo em 4,72 em 05 de Outubro de 2007.

2008 contou com 1 evento com máximo em 1,53.

Em 2010, Corumbá sofreu impacto de 19 dias com AOD acima de 1,5 com um máximo de 4,69 em 24 de Setembro de 2010.

O ano de 2008, mesmo contando com apenas um evento de AOD acima de 1,5 com valor em 1,53 não atendeu ao previsto no CONAMA 03/90, em seu Art. 3º, inciso III, alínea a, itens 1 e 2:

> *III - Partículas Inaláveis*
>
> *a) Padrão Primário e Secundário*
>
> *1 - concentração média aritmética anual de 50 (cinqüenta) microgramas por metro cúbico de ar.*
>
> *2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinqüenta) micro-gramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.*

A FIGURA 21 mostra a precipitação acumulada para o período de 2006 a 2010 para o município de Corumbá.

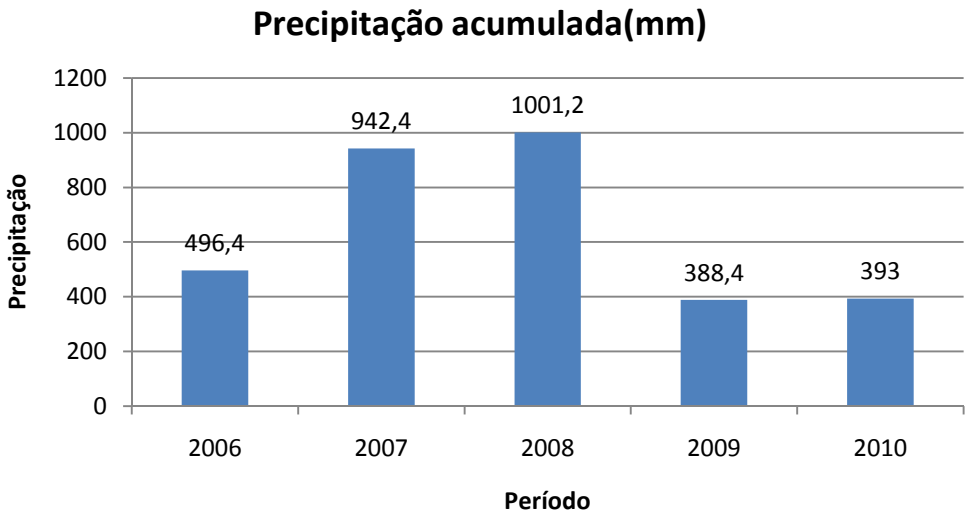

FIGURA 21 - Precipitação acumulada para Corumbá para os anos de 2006 a 2010.

Fonte: INMET.

Para o ano de 2006, os dados de precipitação foram insuficientes para se fazer uma análise mais completa do período.

O ano de 2007 registrou uma precipitação acumulada de 942,4 mm, com 21 eventos com Profundidade Óptica acima de 1,5.

O ano de 2008 contou com 1001,2 mm de precipitação contando apenas com um evento com Profundidade Óptica acima de 1,5 em 29 de Setembro de 2008.

O ano de 2009 registrou 388,4 mm de precipitação acumulados, mas não houveram eventos com Profundidade Óptica maiores que 1,5 no período. Vale lembrar que Corumbá foi o município que registrou as menores precipitações acumuladas no período.

2010 contou com anomalias em dados de precipitação de Maio a Setembro, mas contou com 19 eventos críticos, com Profundidade Óptica acima de 1,5.

A FIGURA 22 mostra os eventos com Profundidade Óptica acima de 1,5 em função dos dias de semana.

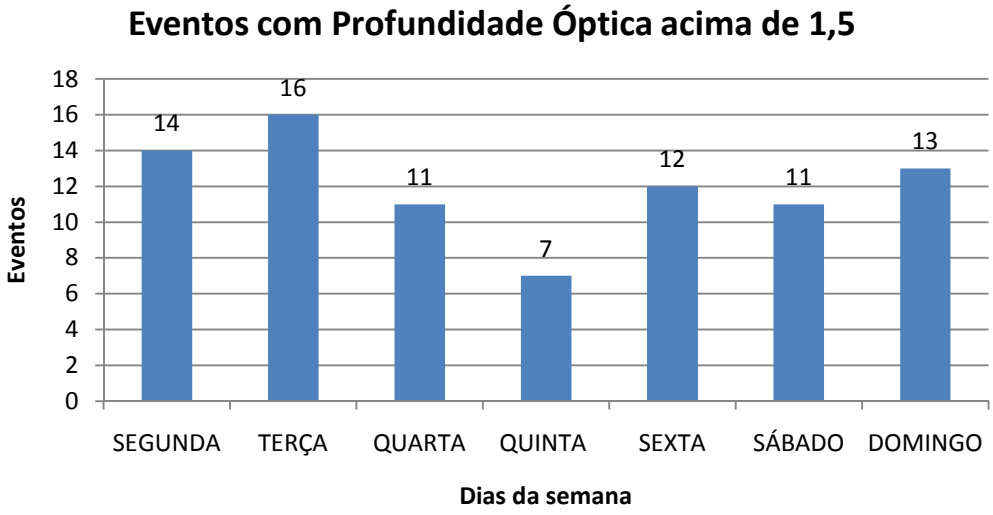

FIGURA 22 - Número de eventos com Profundidade Óptica maior que 1,5 em função dos dias da semana no município de Corumbá.

A FIGURA 22 mostra que em praticamente todos os dias da semana, Corumbá sofre um considerável número de eventos críticos.

O satélite Terra forneceu dados de Espessura Óptica para o período de 10.07.2002 a 10.07.2011, totalizando 3288 valores, sendo 94,94%(2215 dias) correspondente a eventos

com Espessura Óptica menor que 1,0 com mínimo em zero; eventos com Espessura Óptica acima de 1,0 totalizaram 5,06%(118 dias) e eventos com Espessura óptica acima de 1,5 totalizaram 2,83%(66 dias) das medições.

O satélite Aqua forneceu dados de Espessura Óptica para o período de 10.07.2002 a 10.07.2011, totalizando 3287 valores, sendo 95,76%(2256 dias) correspondente a eventos com Espessura Óptica menor que 1,0 com mínimo em zero; eventos com Espessura Óptica acima de 1,0 totalizaram 4,24%(100 dias) e eventos com Espessura óptica acima de 1,5 totalizaram 2,33%(55 dias) das medições.

Os dados de valores -1,00E +09 para o satélite Terra totalizaram 819 dados ou 24,91% dos dias com coberturas de nuvens. Para o Aqua, os dados foram de 852 dias com cobertura de nuvens ou 25,95% do total de dados adquiridos.

As FIGURAS 23 e 24 mostram a pluma de aerossol sobre o Estado de Mato Grosso do Sul, com dados para o município de Corumbá. Estes dias críticos obtiveram valor 4 de AOD em 13 de Setembro de 2010 pelo sensor MODIS/Terra e AOD 5 em 24 de Setembro de 2010 pelo sensor MODIS/Aqua.

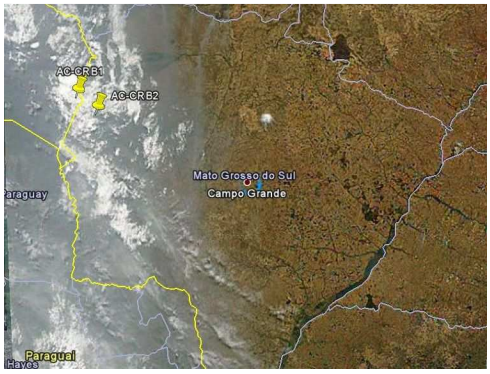

FIGURA 23 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 13 de Setembro de 2010, 13:40h UTC, para valor de AOD em 4 no município de Corumbá/MS.

Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

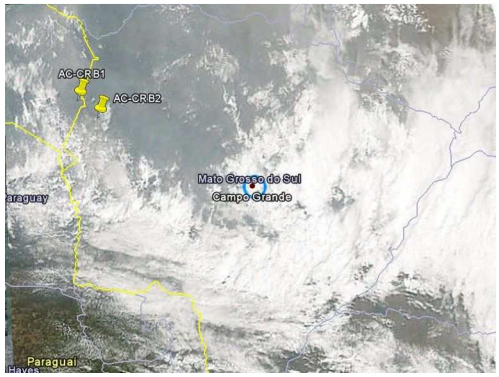

FIGURA 24 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 24 de Setembro de 2010, 14:45h UTC, para valor de AOD em 5 no município de Corumbá/MS.

Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

As FIGURAS 25 e 26 mostram o Estado de Mato Grosso do Sul, com dados para o município de Corumbá. Estes dias obtiveram valor 0 de AOD em 15 de junho de 2011 pelo sensor MODIS/Terra e em 17 de Junho de 2008 pelo sensor MODIS/Aqua.

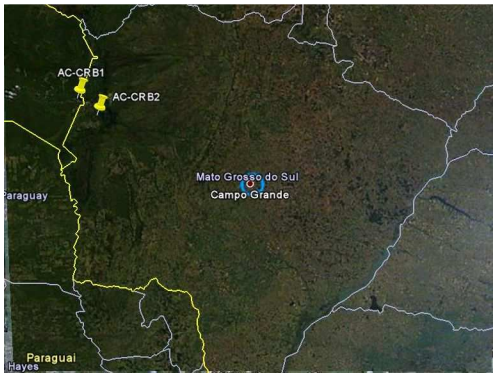

FIGURA 25 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 15 de Junho de 2011, 14:10h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Corumbá/MS.
Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

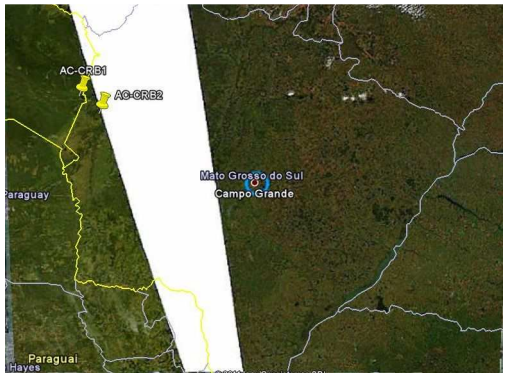

FIGURA 26 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 17 de Junho de 2008, 16:40h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Corumbá/MS.
Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

As FIGURAS 27 e 28 mostram o Estado de Mato Grosso do Sul, com dados para o município de Corumbá. Estes dias obtiveram valor -1,00E +090 de AOD em 02 de Julho de 2011 pelo sensor MODIS/Terra e em 01 de Julho de 2011 pelo sensor MODIS/Aqua.

FIGURA 27 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 02 de Julho de 2011, 13:15h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Corumbá/MS.

Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

FIGURA 28 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 01 de Julho de 2011, 17:00h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Corumbá/MS.

Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

5.3. Dourados

A FIGURA 29 mostra os valores de profundidade óptica acima de 1,5. Os eventos com profundidade óptica acima de 1,5 concentraram-se entre os meses de Agosto a Outubro, estação seca no Estado. Está claro a sazonalidade de acontecimento de eventos que podemos considerar como críticos em relação à profundidade óptica acima de 1,5 que está relacionada com concentrações de aerossóis inaláveis acima de 150µg.m^{-3}.

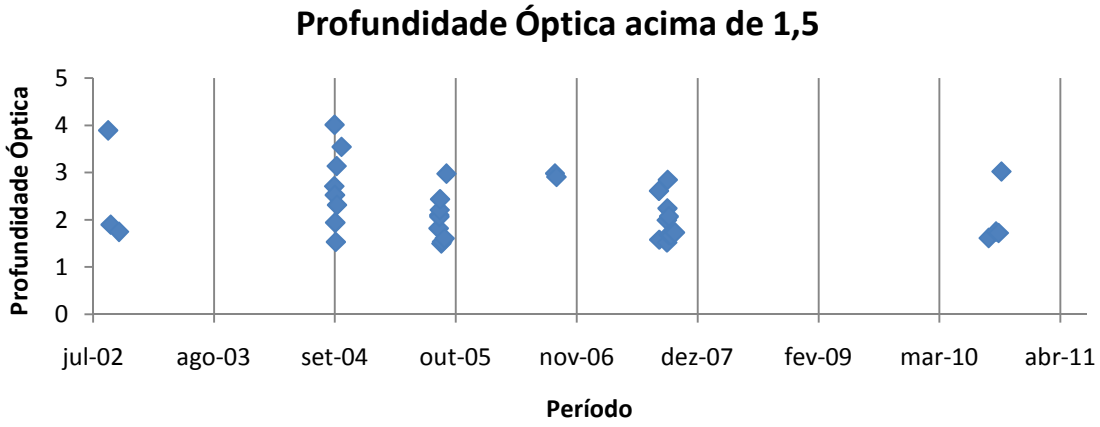

FIGURA 29 - Profundidade Óptica de Aerossóis acima de 1,5 para o município de Dourados.

A FIGURA 30 mostra a quantidade de eventos com espessura óptica acima de 1,5, relacionada com concentrações acima de 150µg.m^{-3}, para o período de 10.07.2002 a 10.07.2011.

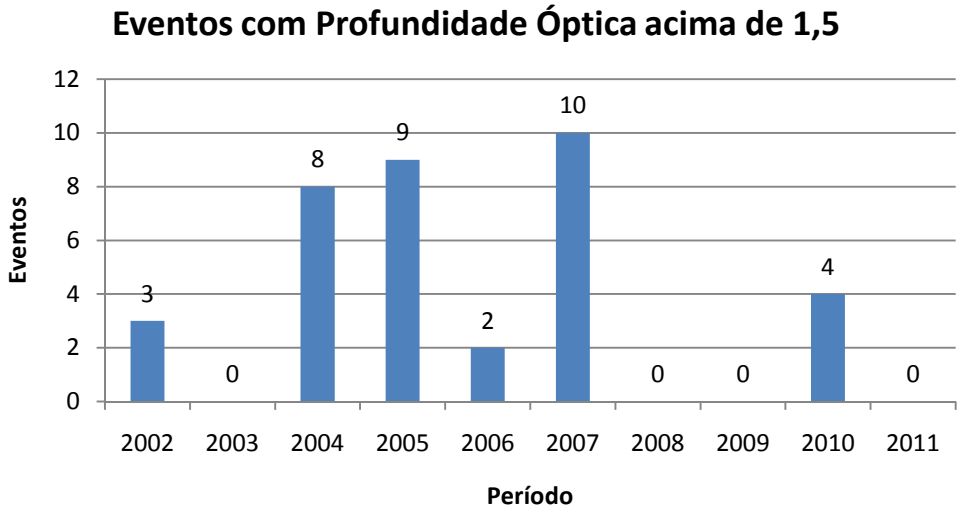

FIGURA 30 - Número de eventos em que Profundidade Óptica de Aerossóis ultrapassou 1,5 no município de Dourados.

2002 obteve 3 eventos com máximo em 3,89.

2004 contou com 8 eventos e máximo de 4,01.

2005 obteve 9 eventos e máximo em 2,98.

O ano de 2006 obteve 2 eventos críticos com o máximo em 2,98 em 15 de Setembro de 2006.

Em 2007 houveram 10 dias com Espessura Óptica acima de 1,5 mas alcançando valor máximo de 2,85 em 23 de Setembro de 2007.

2010 obteve 4 eventos com máximo em 3,02.

Os anos de 2003, 2008 e 2009 não tiveram eventos com Profundidade Óptica acima de 1,5.

A FIGURA 31 mostra a precipitação acumulada para o período de 2006 a 2010 para o município de Dourados. O ano de 2006 obteve precipitação acumulada de 391,6 mm, 2007 com 1492,6 mm de chuva, 2008 com 881,2 mm, 2009 com 1459,4 e 2010 com 558,8 mm.

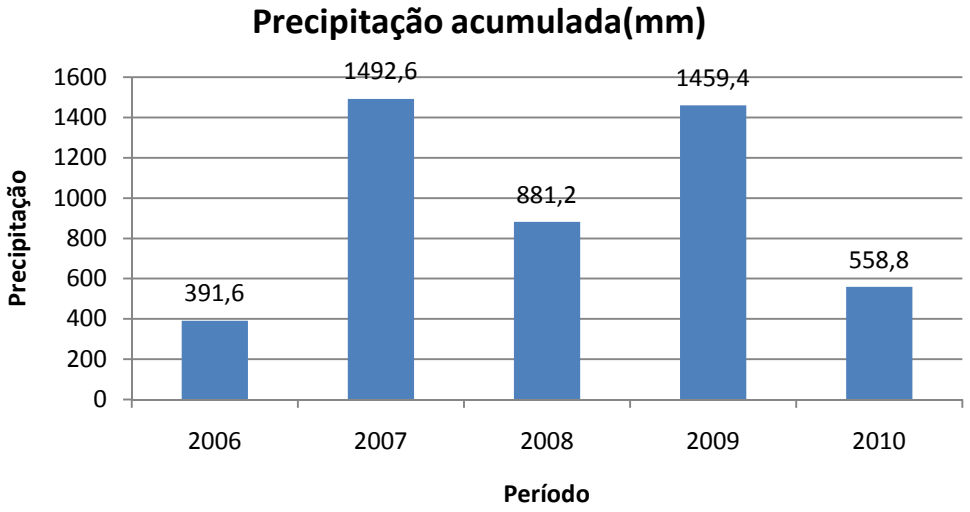

FIGURA 31 - Precipitação acumulada para Dourados para os anos de 2002 a 2010.

Fonte: INMET.

Os anos de 2002 a 2006 não contaram com dados suficientes para serem compilados.

2007 contou com uma precipitação acumulada de 1492,6 mm, no entanto foram registrados 10 eventos com Profundidade Óptica acima de 1,5.

2008 teve a terceira maior precipitação acumulada com 881,2 mm, com nenhum registro de eventos com Profundidade Óptica acima de 1,5.

Para 2009 não houveram eventos com Profundidade Óptica acima de 1,5 mas contou com uma precipitação acumulada de 1459,4 mm, o segundo maior valor do período.

Os registros para o ano de 2010 não foram consistentes para uma análise da situação.

A FIGURA 32 mostra os eventos com Profundidade Óptica acima de 1,5 em função dos dias de semana.

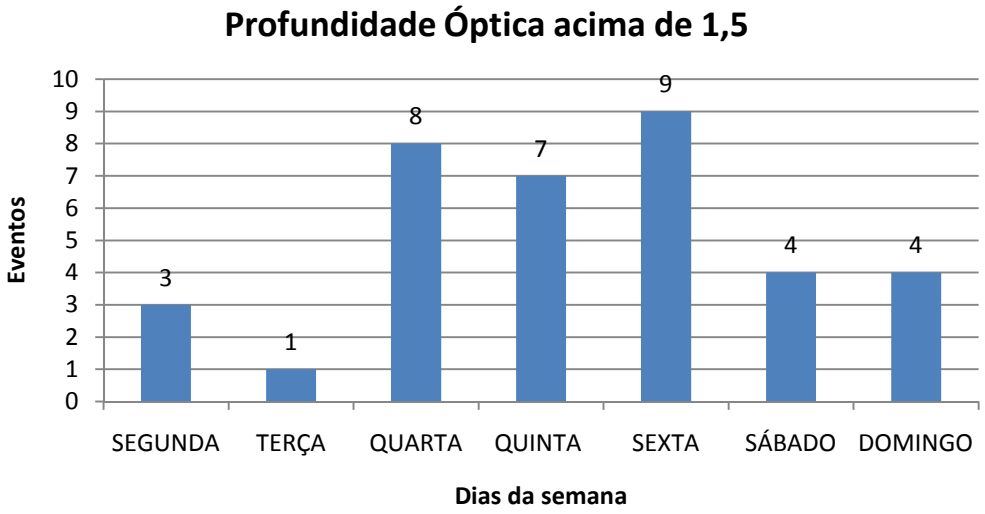

FIGURA 32 - Número de eventos com Profundidade Óptica maior que 1,5 em função dos dias da semana no município de Dourados.

Observamos uma certa sazonalidade de acontecimentos de eventos considerados críticos, com a maioria dos eventos acontecendo no meio da semana, de quarta a sexta.

O satélite Terra forneceu dados de Espessura Óptica para o período de 10.07.2002 a 10.07.2011, totalizando 3288 valores, sendo 97,07%(1525 dias) correspondente a eventos com Espessura Óptica menor que 1,0 com mínimo em zero; eventos com Espessura Óptica acima de 1,0 totalizaram 2,93%(46 dias) e eventos com Espessura óptica acima de 1,5 totalizaram 1,59%(25 dias) das medições.

O satélite Aqua forneceu dados de Espessura Óptica para o período de 10.07.2002 a 10.07.2011, totalizando 3288 valores, sendo 97,20%(1525 dias) correspondente a eventos com Espessura Óptica menor que 1,0 com mínimo em zero; eventos com Espessura Óptica acima de 1,0 totalizaram 2,80%(44 dias) e eventos com Espessura óptica acima de 1,5 totalizaram 1,47%(23 dias) das medições.

FIGURAS 33, 34, 35, 36, 37 e 38 mostram as imagens coletadas pelos sensores MODIS/Terra e MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de

calor, para eventos com Profundidade Óptica elevados, com valores zero e com valores -1,00E +09.

Os dados de valores -1,00E +09 para o satélite Terra totalizaram 1145 dados ou 34,82% dos dias com coberturas de nuvens. Para o Aqua, os dados foram de 1203 dias com cobertura de nuvens ou 36,59% do total de dados adquiridos.

As FIGURAS 33 e 34 mostram a pluma de aerossol sobre o Estado de Mato Grosso do Sul, com dados para o município de Dourados. Estes dias críticos obtiveram valor 4 de AOD em 09 de Outubro de 2004 pelo sensor MODIS/Terra e AOD 4 em 16 de Setembro de 2004 pelo sensor MODIS/Aqua.

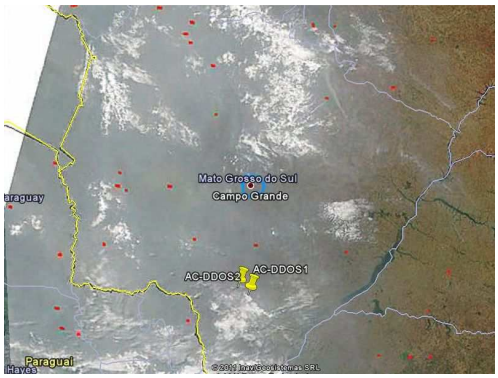

FIGURA 33 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 09 de Outubro de 2004, 13:25h UTC, para valor de AOD em 4 no município de Dourados/MS.

Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

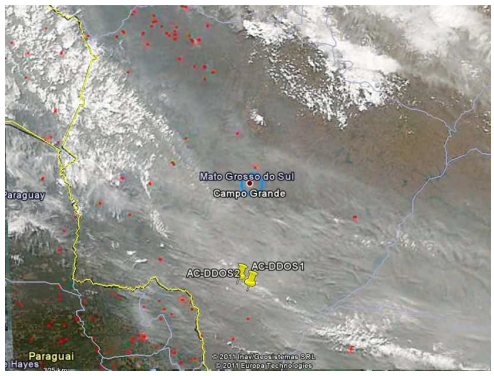

FIGURA 34 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 16 de Setembro de 2004, 17:40h UTC, para valor de AOD em 4 no município de Dourados/MS.

Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

As FIGURAS 35 e 36 mostram o Estado de Mato Grosso do Sul, com dados para o município de Dourados. Estes dias obtiveram valor 0 de AOD em 06 de Janeiro de 2011 pelo sensor MODIS/Terra e em 17 de Abril de 2011 pelo sensor MODIS/Aqua.

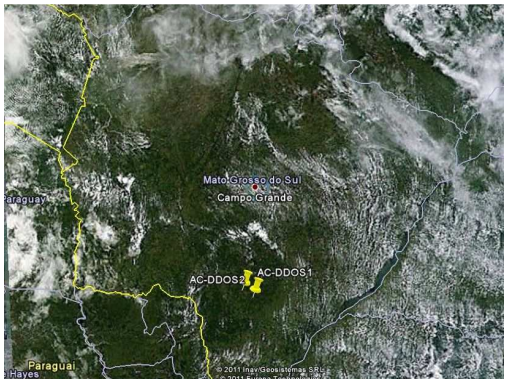

FIGURA 35 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 06 de Janeiro de 2011, 14:10h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Dourados/MS.
Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

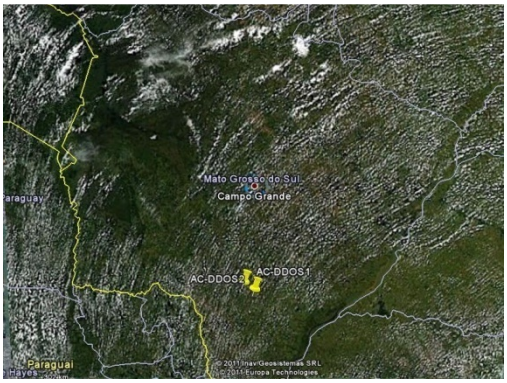

FIGURA 36 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 17 de Abril de 2011, 17:150h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Dourados/MS.
Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

As FIGURAS 37 e 38 mostram o Estado de Mato Grosso do Sul, com dados para o município de Dourados. Estes dias obtiveram valor -1,00E +090 de AOD em 06 de Julho de 2011 pelo sensor MODIS/Terra e em 05 de Julho de 2011 pelo sensor MODIS/Aqua.

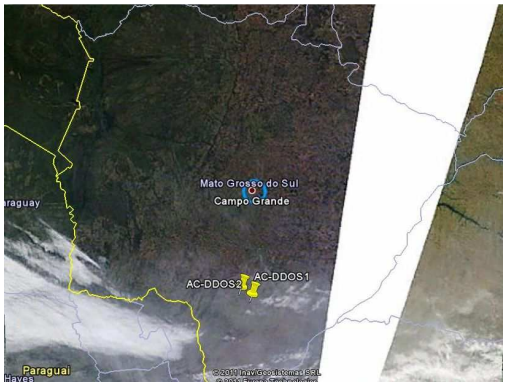

FIGURA 37 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 06 de Julho de 2011, 12:55h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Dourados/MS.

Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

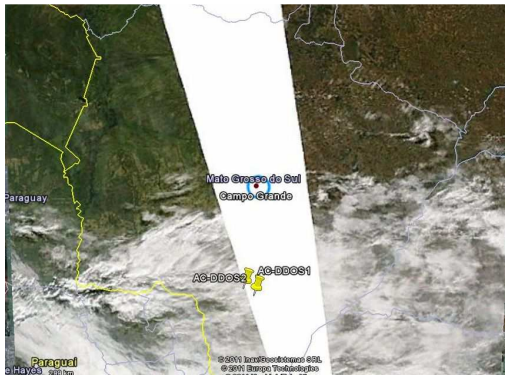

FIGURA 38 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 05 de Julho de 2011, 16:35h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Dourados/MS.

Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

5.4. Três Lagoas

A FIGURA 39 mostra os valores de profundidade óptica acima de 1,5 para o período de 10.07.2002 a 10.07.2011. Os eventos com profundidade óptica acima de 1,5 concentraram-se entre os meses de Agosto a Outubro, estação seca no Estado. Está claro a sazonalidade de acontecimento de eventos que podemos considerar como críticos em relação à profundidade óptica acima de 1,5 que está relacionada com concentrações de aerossóis inaláveis acima de 150µg.m^{-3}.

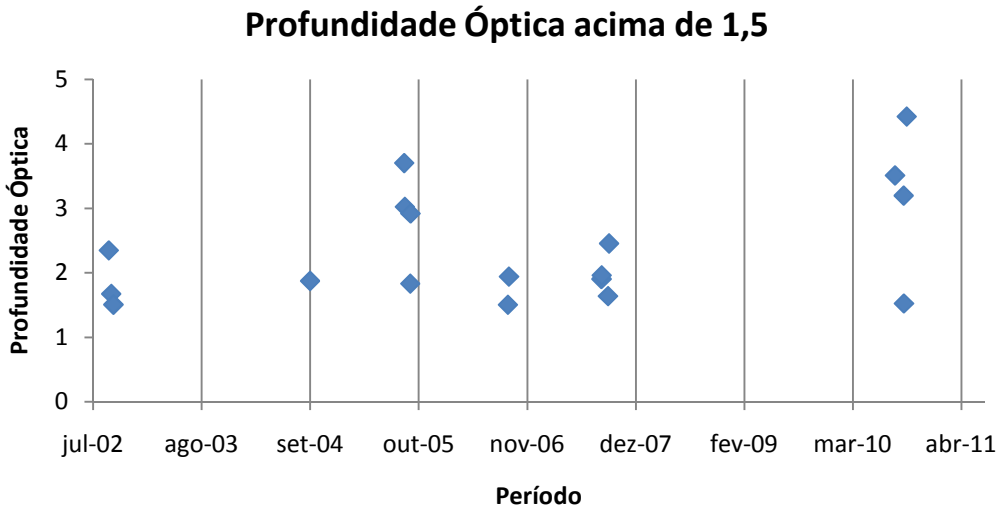

FIGURA 39 - Profundidade Óptica de Aerossóis acima de 1,5 para o município de Três Lagoas.

A FIGURA 40 mostra a quantidade de eventos com espessura óptica acima de 1,5, relacionada com concentrações acima de 150µg.m^{-3}.

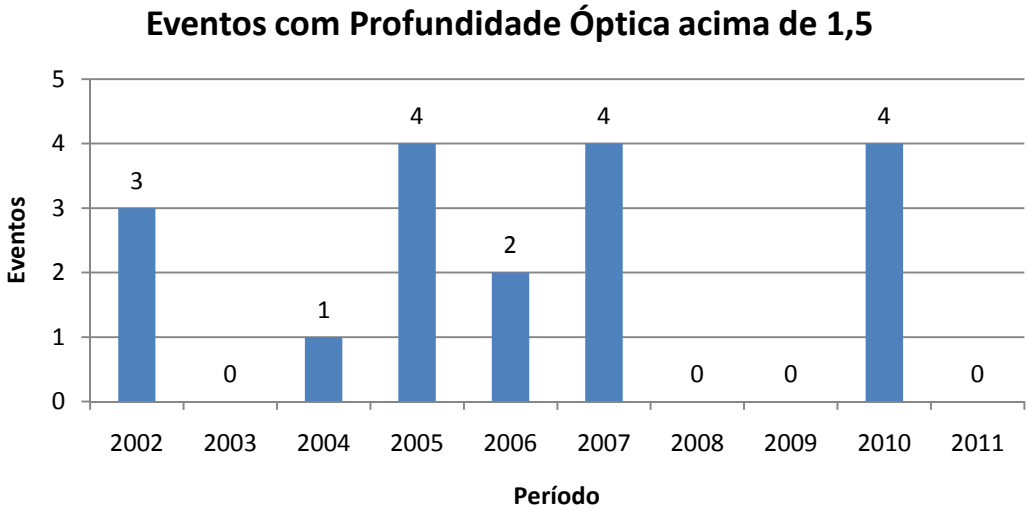

FIGURA 40 - Número de eventos em que Profundidade Óptica de Aerossóis ultrapassou 1,5 no município de Três Lagoas.

O ano de 2002 registrou 3 eventos com Profundidade Óptica acima de 1,5 obtendo valor máximo de 2,35.

2004 contou com 1 evento e máximo de 1,87.

Para o ano de 2005 foram observados 4 eventos com máximo em 3,70.

O ano de 2006 obteve 2 eventos com máximo em 1,94.

2007 obteve 4 eventos com máximo em 2,46.

2010 observou 4 eventos com máximo em 4,43.

Os anos de 2003, 2008 e 2009 não sofreram eventos com Profundidade Óptica acima de 1,5.

A FIGURA 41 mostra a precipitação acumulada para o período de 2006 a 2010 para o município de Três Lagoas.

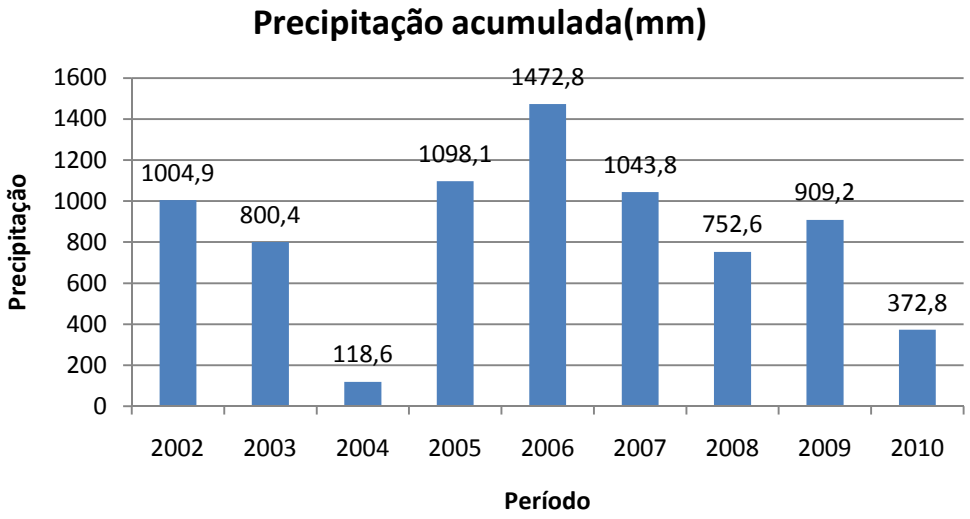

FIGURA 41 - Precipitação acumulada para Três Lagoas para os anos de 2002 a 2010.

Fonte: INMET.

2002 contou com 1004,9 mm de precipitação acumulada e 3 eventos críticos com máximo em 2,35.

2005 observou uma precipitação acumulada de 1098,1 com um total de 4 eventos críticos com o máximo em 3,7.

O ano de 2006 obteve precipitação acumulada de 1472,8 mm. Observamos, também, que para esse ano foram registrados 2 eventos com Profundidade Ótica acima de 1,5 com máximo em 1,94.

2007 obteve 1043,8 mm com 4 eventos críticos com máximo em 2,46.

2008 com 752,6 mm de precipitação acumulada, mas nenhum registro de eventos críticos. Os registros de precipitação acumulada para os anos de 2003, 2004, 2009 e 2010 não foram consistentes para uma análise da situação com os dados de eventos com Profundidade Óptica acima de 1,5.

A FIGURA 42 mostra os eventos com Profundidade Óptica acima de 1,5 em função dos dias de semana.

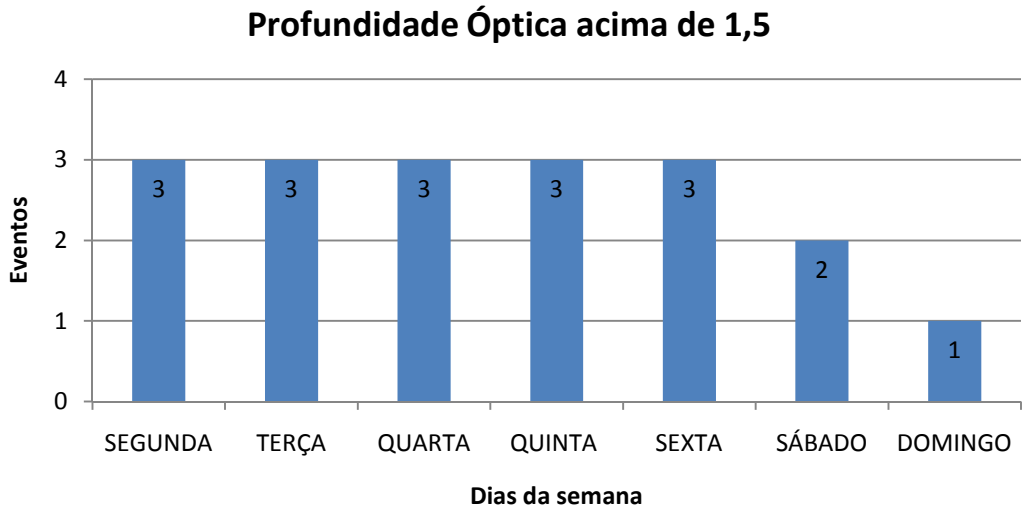

FIGURA 42 - Número de eventos com Profundidade Óptica maior que 1,5 em função dos dias da semana no município de Três Lagoas.

A FIGURA 42 mostra a quantidade de eventos em função dos dias de semana para o período total de análise de dados. Podemos perceber que praticamente a totalidade da semana é marcada por eventos com Profundidade Óptica acima de 1,5.

O satélite Terra forneceu dados de Espessura Óptica para o período de 10.07.2002 a 10.07.2011, totalizando 3288 valores, sendo 98,45%(11782 dias) correspondente a eventos com Espessura Óptica menor que 1,0 com mínimo em zero; eventos com Espessura Óptica acima de 1,0 totalizaram 1,55%(28 dias) e eventos com Espessura óptica acima de 1,5 totalizaram 0,83%(15 dias) das medições.

O satélite Aqua forneceu dados de Espessura Óptica para o período de 10.07.2002 a 10.07.2011, totalizando 3288 valores, sendo 98,58%(1809 dias) correspondente a eventos com Espessura Óptica menor que 1,0 com mínimo em zero; eventos com Espessura Óptica acima de 1,0 totalizaram 1,42%(26 dias) e eventos com Espessura óptica acima de 1,5 totalizaram 0,44%(8 dias) das medições.

As FIGURAS 43, 44, 45, 46, 47 e 48 mostram as imagens coletadas pelos sensores MODIS/Terra e MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, no período de 10.07.2002 a 10.07.2011,

com produtos de indicação de focos de calor, para eventos com Profundidade Óptica elevados, com valores zero e com valores -1,00E +09.

Os dados de valores -1,00E +09 para o satélite Terra totalizaram 939 dados ou 28,56% dos dias com coberturas de nuvens. Para o Aqua, os dados foram de 1018 dias com cobertura de nuvens ou 30,96% do total de dados adquiridos.

As FIGURAS 43 e 44 mostram a pluma de aerossol sobre o Estado de Mato Grosso do Sul, com dados para o município de Três Lagoas. Estes dias críticos obtiveram valor 4 de AOD em 13 de Agosto de 2010 pelo sensor MODIS/Terra e AOD 4 em 25 de Setembro de 2010 pelo sensor MODIS/Aqua.

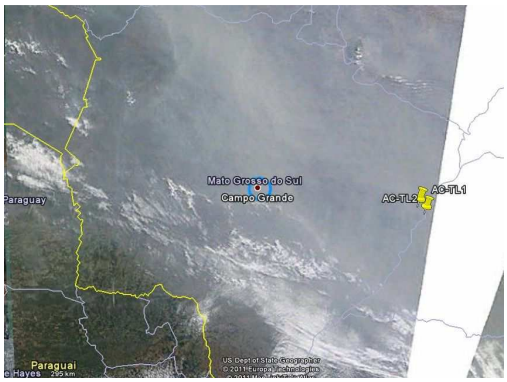

FIGURA 43 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 13 d Agosto de 2010, 14:25h UTC, para valor de AOD em 4 no município de Três Lagoas/MS.

Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

FIGURA 44 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, com produtos de indicação de focos de calor, em 25 de Setembro de 2010, 16:55h UTC, para valor de AOD em 4 no município de Três Lagoas/MS.

Fonte: AERONET/MODIS/NASA.

As FIGURAS 45 e 46 mostram o Estado de Mato Grosso do Sul, com dados para o município de Três Lagoas. Estes dias obtiveram valor 0 de AOD em 18 de Maio de 2011 pelo sensor MODIS/Terra e em 18 de Junho de 2011 pelo sensor MODIS/Aqua.

FIGURA 45 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 18 de Maio de 2011, 13:50h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Três Lagoas/MS.
Fonte: AERONET/MODIS/NASA

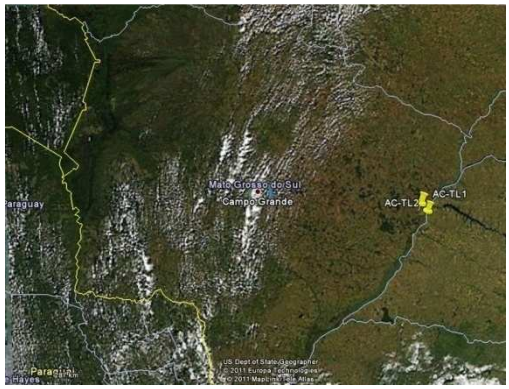

FIGURA 46 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 18 de Junho de 2011, 17:30h UTC, para valor de AOD em 0 no município de Três Lagoas/MS.
Fonte: AERONET/MODIS/NASA

As FIGURAS 47 e 48 mostram o Estado de Mato Grosso do Sul, com dados para o município de Três Lagoas. Estes dias obtiveram valor -1,00E +090 de AOD em 04 de Julho de 2011 pelo sensor MODIS/Terra e em 07 de Julho de 2011 pelo sensor MODIS/Aqua.

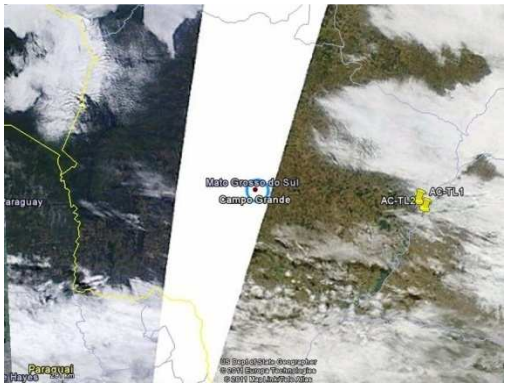

FIGURA 47 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Terra RGB extensão *.kmz, em 04 de Julho de 2011, 14:45h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Três Lagoas/MS.

Fonte: AERONET/MODIS/NASA

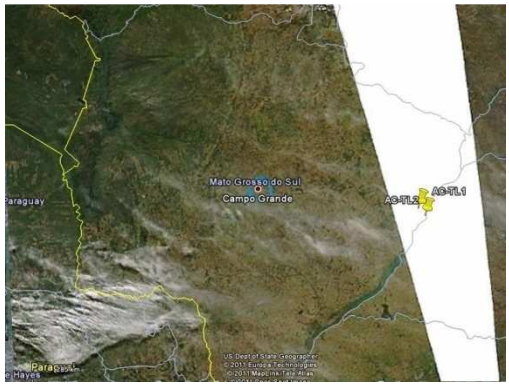

FIGURA 48 - Imagem coletada pelo sensor MODIS/Aqua RGB extensão *.kmz, em 07 de Julho de 2011, 16:20h UTC, para valor de AOD em -1,00E +09 no município de Três Lagoas/MS.

Fonte: AERONET/MODIS/NASA

5.5. Compilação de Dados dos Municípios

A FIGURA 49 mostra os dias com cobertura de nuvens para os quatro municípios analisados.

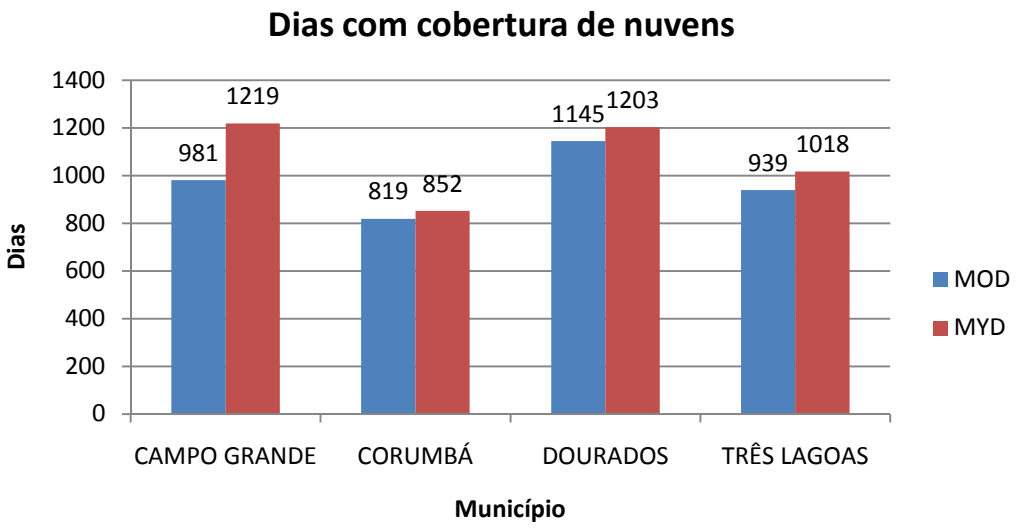

FIGURA 49 - Número de dias com cobertura de nuvens.

A legenda mostra a codificação para os dois satélites: MOD para o Terra e MYD para o Aqua. Dos 3288 dias amostrados, Corumbá é o município que contou com menos dias com cobertura de nuvens.

A FIGURA 50 mostra o número de dias com Profundidade Óptica acima de 1,5 para os municípios analisados. Corumbá foi o mais afetado com 84 dias críticos, seguido de Campo Grande, com 42 dias; Dourados com 25 dias e Três Lagoas com 18 dias.

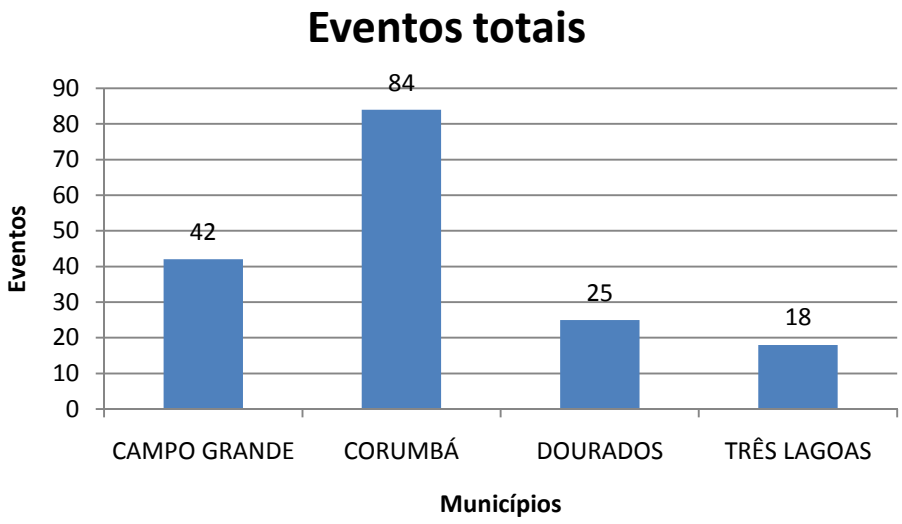

FIGURA 50 - Número de dias com Profundidade Óptica acima de 1,5.

A FIGURA 51 mostra os eventos com Profundidade Óptica de Aerossóis acima de 1,5 para os municípios no período total de aquisição de dados.

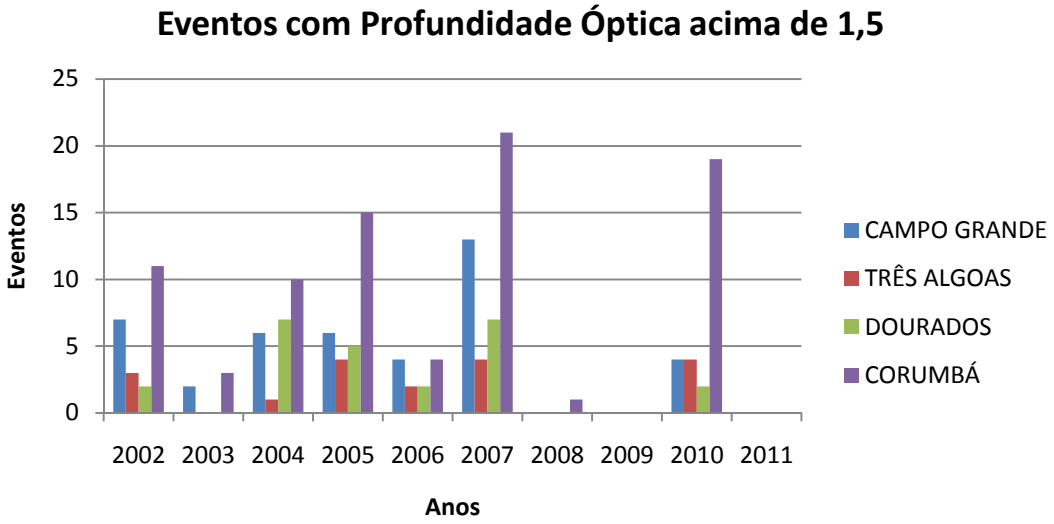

FIGURA 51 - Eventos com profundidade óptica para os municípios no período total.

As FIGURAS 52 a 63, presentes no ANEXO, mostram o número total mensal de queimadas no Brasil no ano de 2007, por estados. O ano de 2007 foi o mais crítico com relação aos eventos críticos, relacionados com Profundidade Óptica acima de 1,5.

Podemos observar que Mato Grosso do Sul, mesmo em época de estiagem, obteve menor número de focos de queimadas se comparados com os estados de Mato Grosso, Pará e Maranhão, por exemplo.

Essa situação sugere que os episódios críticos de Profundidade Óptica acima de 1,5 são influenciados por queima de biomassa de estados vizinhos, principalmente Mato Grosso e Pará.

A TABELA 10 mostra o atendimento à Resolução CONAMA Nº 3/1990 para todos os municípios no período total, e, que em praticamente todo o período de aquisição de dados, os municípios analisados não atendem à Resolução CONAMA Nº 3/1990, onde Campo Grande e Corumbá foram os mais afetados.

TABELA 10 – Atendimento à Resolução CONAMA Nº 3/1990.

	2002	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**
CAMPO GRANDE	X	X	X	X	X	X	✓	✓	X	✓
CORUMBÁ	X	X	X	X	X	X	X	✓	X	✓
DOURADOS	X	✓	X	X	X	X	✓	✓	X	✓
TRÊS LAGOAS	X	✓	X	X	X	X	✓	✓	X	✓

Legenda: X (não atendeu);

✓ atendeu

6. CONCLUSÕES

Observou-se uma sazonalidade de eventos com Profundidade Óptica de Aerossóis acima de 1,5, correspondendo aos meses de Agosto a Outubro, para todos os municípios, correspondendo ao período de estiagem.

Os dados mostram que todos os municípios analisados sofreram pelo menos um evento com Profundidade Óptica acima de 1,5 para o ano correspondente.

O município de Campo Grande obteve eventos críticos em praticamente todos os anos do período total de análise, salvo para os anos de 2008, 2009 e 2011. O ano de 2007 foi a ano com maior número de eventos críticos, recebendo valor 13 com valor de Profundidade Óptica de 2,59. Observou-se uma maior concentração de eventos críticos de quarta a domingo, com máximo na quinta.

O município de Corumbá foi o mais afetado e obteve os maiores valores de Profundidade Óptica e o maior período de tempo exposto a concentrações de poluentes acima de 150 $\mu g.m^{-3}$ em um total de 84 dias. O ano de 2007 foi o mais crítico com 21 dias com Profundidade Óptica acima de 1,5. Segunda e terça são os dias da semana mais afetados com eventos críticos.

O município de Dourados obteve eventos críticos em praticamente todos os anos do período total de análise, salvo para os anos de 2003, 2008, 2009 e 2011. O ano de 2007 foi a ano com maior número de eventos críticos, com valor 10 e valor de Profundidade Óptica de 2,85. Observou-se uma maior concentração de eventos críticos de quarta a sexta, com máximo na sexta.

O município de Três Lagoas obteve eventos críticos em todos os anos do período total de análise, salvo para os anos de 2003, 2008, 2009 e 2011. Os anos de 2005, 2007 e 2010 obtiveram o mesmo valor para eventos críticos, 4 e valores de Profundidade Óptica de 3,70; 2,46 e 4,43 respectivamente. Observou-se uma maior concentração de eventos críticos de segunda a sexta, com igual número de eventos, 3.

Comparando os eventos com Profundidade Óptica de Aerossóis para o período total de 10.07.2002 a 10.07.2011, com a Resolução CONAMA Nº3 de 28 de Junho de 1990, observamos que os municípios não atendem ao padrão de qualidade do ar para aerossóis, salvo anos em que não houveram eventos com AOD>1,5.

O acumulado de chuvas no período não mostra relação com eventos críticos. A distribuição das chuvas pode mostrar alguma relação.

As FIGURAS 52 a 63 mostraram os totais mensais de queimadas no Brasil, por estados. Podemos observar que Mato Grosso do Sul, mesmo em época de estiagem, obteve menor número de focos de queimadas se comparados com os estados de Mato Grosso, Pará e Maranhão, por exemplo. Essa situação sugere que os episódios críticos de Profundidade Óptica acima de 1,5 são influenciados por queima de biomassa de estados vizinhos, principalmente Mato Grosso e Pará.

7. SUGESTÕES

Monitorar regiões com intenso processo de industrialização ou mudança na composição da vegetação para monitoramento de possível mudança na qualidade do ar seja no processo de implantação ou na operação de empreendimentos potencialmente poluidores.

Estabelecer relações matemáticas entre Profundidade Óptica de Aerossóis com medidas de concentrações na superfície.

Estabelecer relações matemáticas entre Profundidade Óptica de Aerossóis com medidas de concentrações de outros poluentes, principalmente o O_3.

Proceder elaboração de Inventário de Poluentes Primários Industriais e Automotivos para o estado de Mato Grosso do Sul.

Verificar relação entre eventos com Profundidade Óptica acima de 1,5 e problemas respiratórios para os municípios mais afetados em conjunto com estudos das propriedades químicas e físicas dos aerossóis.

Verificar origem e destino dos aerossóis através de técnicas de *back trajectory* cruzando com dados de queimadas.

8. REFERÊNCIAS

AERONET. **AERONET: AEROSOL ROBOTIC NETWORK. Data Display – Site: Campo_Grande_SONDA.** Disponível em :<http://aeronet.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/type_one_station_opera_v2_new?site=Campo_Grande_SONDA&nachal=2&level=3&place_code=10>. Acesso em: 20 Outubro 2011.

AIRES, C.B. and KIRCHHOFF, V.W.J.H.. **Transporte de monóxido de carbono gerado em queimadas para regiões onde não se queima**. Rev. Bras. Geof. [online]. 2001, vol.19, n.1, pp. 61-74. ISSN 0102-261X.

ARTAXO, P., Paixão M. A., Pires C., Correia A.; **Climatologia das propriedade ópticas do aerossol na Amazônia com base na rede AERONET**. Disponível em <http://www.cbmet.com.br, 2002>. Acesso em: 20 Outubro 2011.

ARTAXO, P., CASTANHO, A. D. de A., CORREIA, A., MARTINS, J. V., LONGO, K., YAMASOE, M. **PRODUTO DE AEROSSÓIS.** Disponível em <http://sigma.cptec.inpe.br/aerossois/documentos/Cap_05_Produto_de_Aerossois-VERSAO-REVISADA-FINAL-alex.pdf>. Acesso em: 04 Novembro 2011.

BAIRD, C. **Environmental chemistry.** W. H. Freeman and Company.1998.

BRASIL. Leis etc. **Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR:** Resolução CONAMA 03 de 28/06/1990, complementação da Resolução N°5/89. Publicada do DOU, de 22/08/1990, Seção I, páginas 15937-15939. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>. Acesso em: 18 Outubro 2011.

CASTANHO, A. D. de A. **A Determinação Quantitativa de Fontes de Material Particulado na Atmosfera da Cidade de São Paulo.** São Paulo. 1999. 140 p. Dissertação Mestrado.

CASTANHO, A. D. de A. **Propriedades ópticas das partículas de aerossol e uma nova metodologia para a obtenção de espessura óptica via satélite sobre São Paulo.** São Paulo. 2005. 250 p. Tese Doutorado.

CPTEC. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.** Disponível em <http://www.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 23 Novembro 2011.

CETESB. **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.** Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/informacoes-basicas/20-historico>. Acesso em: 24 Outubro 2011.

FERNADES, W. A. **Características dos relâmpagos gerados por nuvens de tempestades em ambientes sob a influência das queimadas em Rondônia.** São José dos Campos, 2005.182 p. Tese Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Giovanni. **GES DISC: Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center.** Disponível em: <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>. Acesso em 20 Outubro 2011.

GODOY, R. M., WALKER, J. C. G. **Atmosferas Planetárias.** São Paulo, Edgar Bluncher, 1975.

GRIMM, A. M. **Meteorologia Básica – Notas de Aula.** Disponível em; <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap1/cap1-2.html>. Acesso em 01 Novembro 2011.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em: <http:/www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em 28 Outubro 2011.

KIRCHHOFF, V. W. J. H.; **Introdução à geofísica espacial.** São Paulo: Nova Stella, Editora da Universidade de São Paulo: FAPESP, 1991.

JACOBSON, M. Z. **Atmospheric pollution: history, science and regulation**. Cambridge University Press, 2002.

LEIVA, E. **Climatologia de curto prazo dos aerossóis em Campo Grande/MS a partir de dados radiométricos.** 129 p. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Física Aplicada – UFMS, Campo Grande, 2010).

LIBONATI, R., MORELLI, F., SETZER, A., CAMARA, A. da, PEREIRA, J. M. **Assinatura espectral de áreas queimadas em produtos MODIS.** Anais do CBMET – Congressos Brasileiros de Meteorologia. Disponível em <http://www.cbmet.com/cbm-files/14-1f59f64cc135c2de6755ae6c6234fb61.pdf> Acesso em: 19 Outubro 2011.

LISBOA, H. de M. **Controle da poluição atmosférica.** Florianópolis, 2008.

REID. J. S., Hobbs V. P., Ferek, J. R., Blake, R. D., Martins, V. J., Dunlap, M. R., Liousse, C., **Physical, chemical, and, optical properties of regional hazes dominated by smoke in Brazil**. Journal of Geophysical Research, Vol. 103; pages: 32059 – 32080; December of 1998.

REID, J. S.; KOPPMANN, R.; ECK, T. F.; ELEUTERIO, D. P. **A review of biomass burning emissions part II: intensive physical properties of biomass burning particles.** Atmospheric Chemistry and Physics, 5, 799-825, 2005.

SALDIVA, P. H. N. *et al.* **Air Pollution and Child Mortality: A Time-Series Study in São Pulo, Brazil.** Environ Health Perspect 109(suppl 3):347–350 (2001).

SEINFELD, J. H. ; PANDIS, S. N. **Atmospheric Chemistry and Physics - From Air Pollution to Climate Change (2nd Edition).** 2006 John Wiley & Sons.

9. ANEXOS

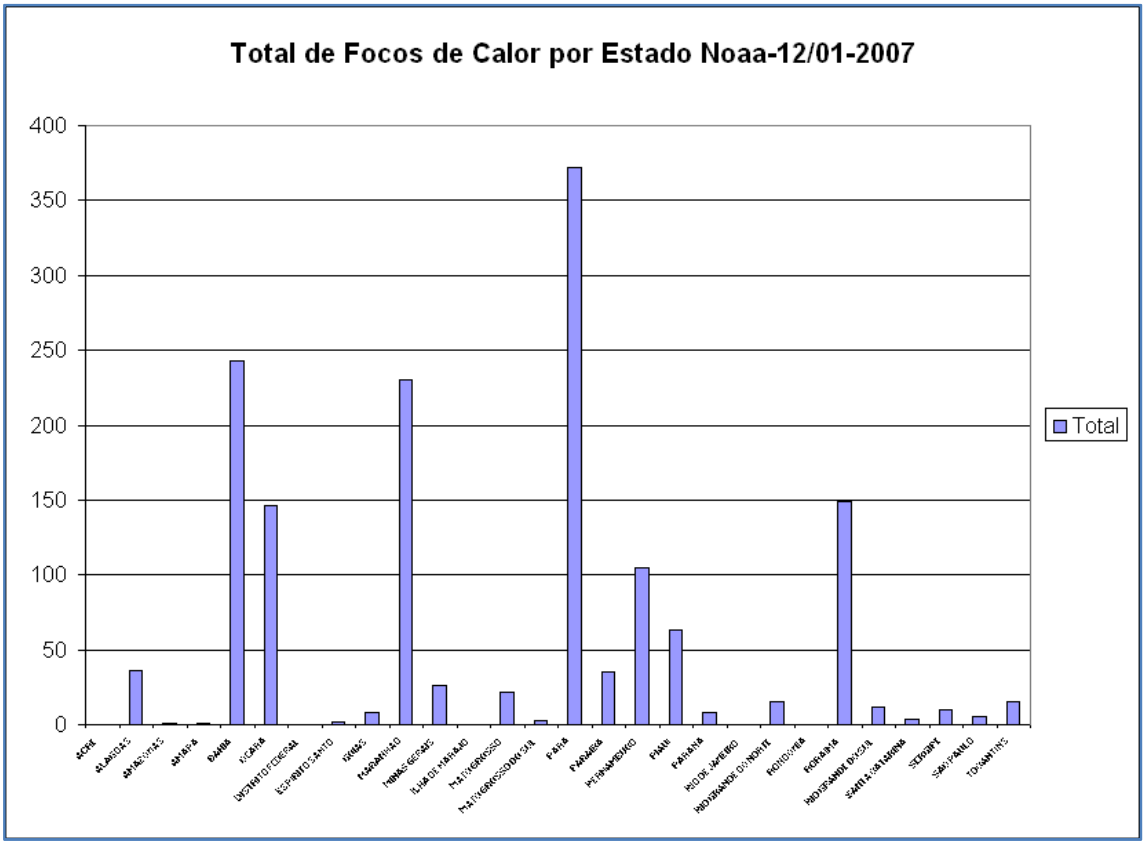

FIGURA 52 – Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Janeiro de 2007.

Fonte: CPTEC/INPE.

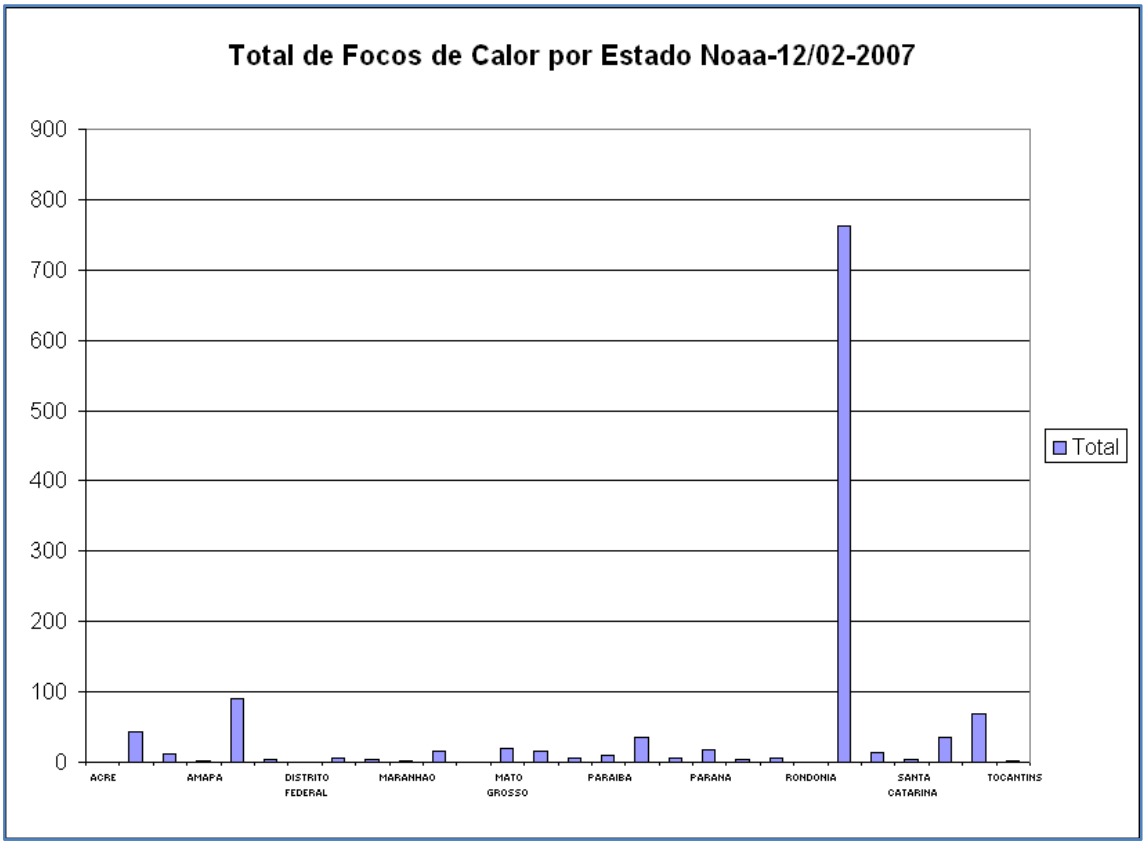

FIGURA 53 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Fevereiro de 2007.

Fonte: CPTEC/INPE.

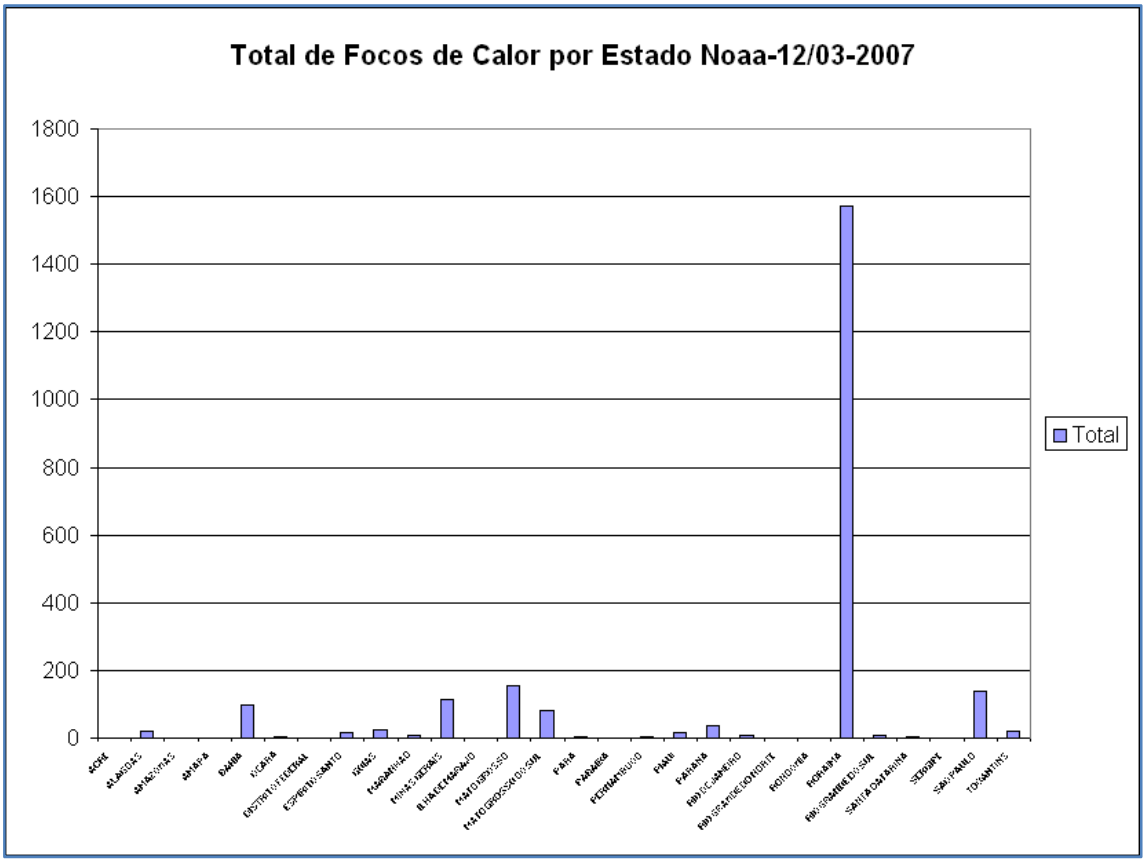

FIGURA 54 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Março de 2007.

Fonte: CPTEC/INPE.

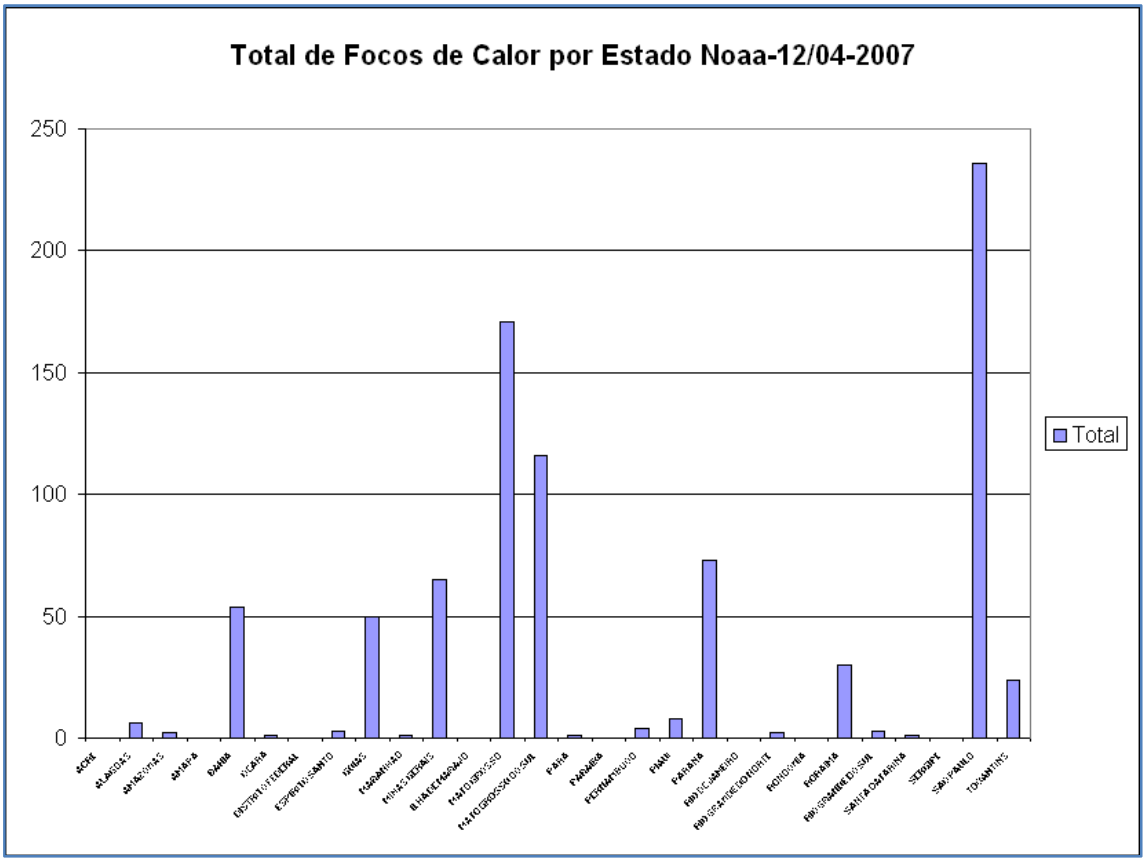

FIGURA 55 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Abril de 2007.

Fonte: CPTEC/INPE.

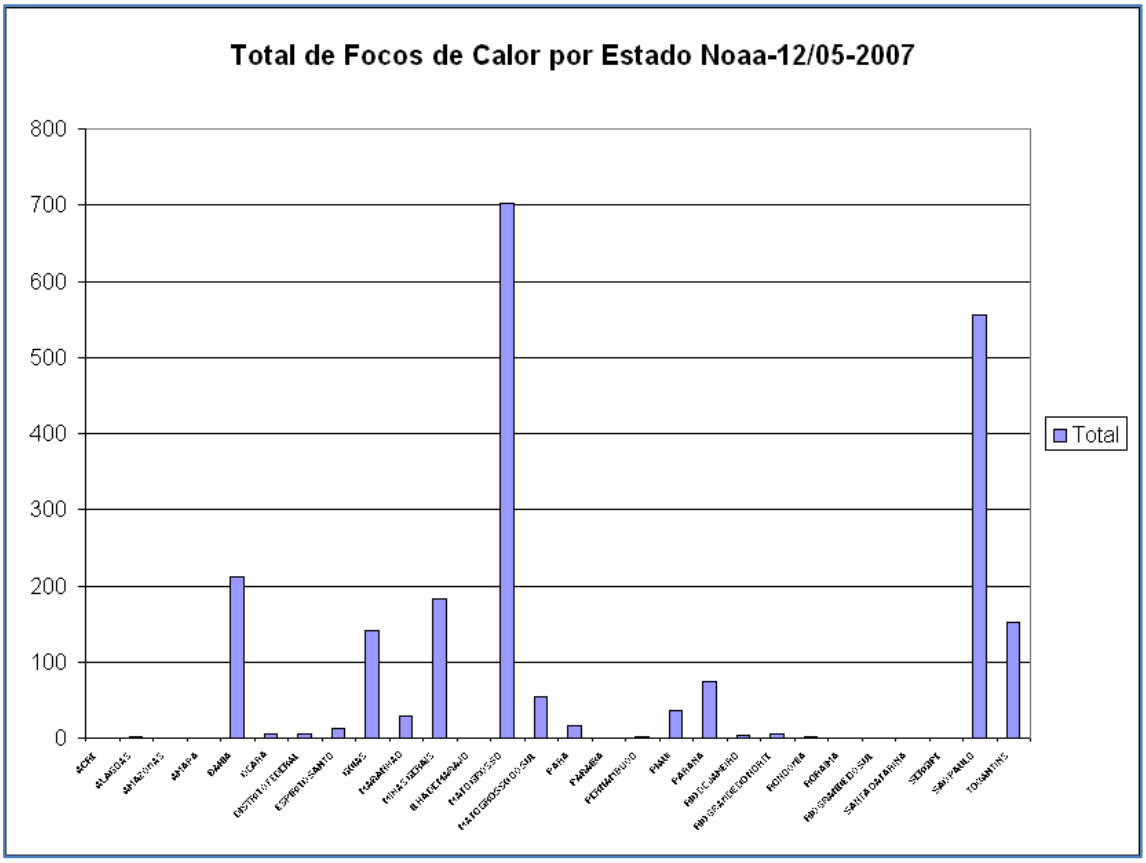

FIGURA 56 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Maio de 2007.

Fonte: CPTEC/INPE.

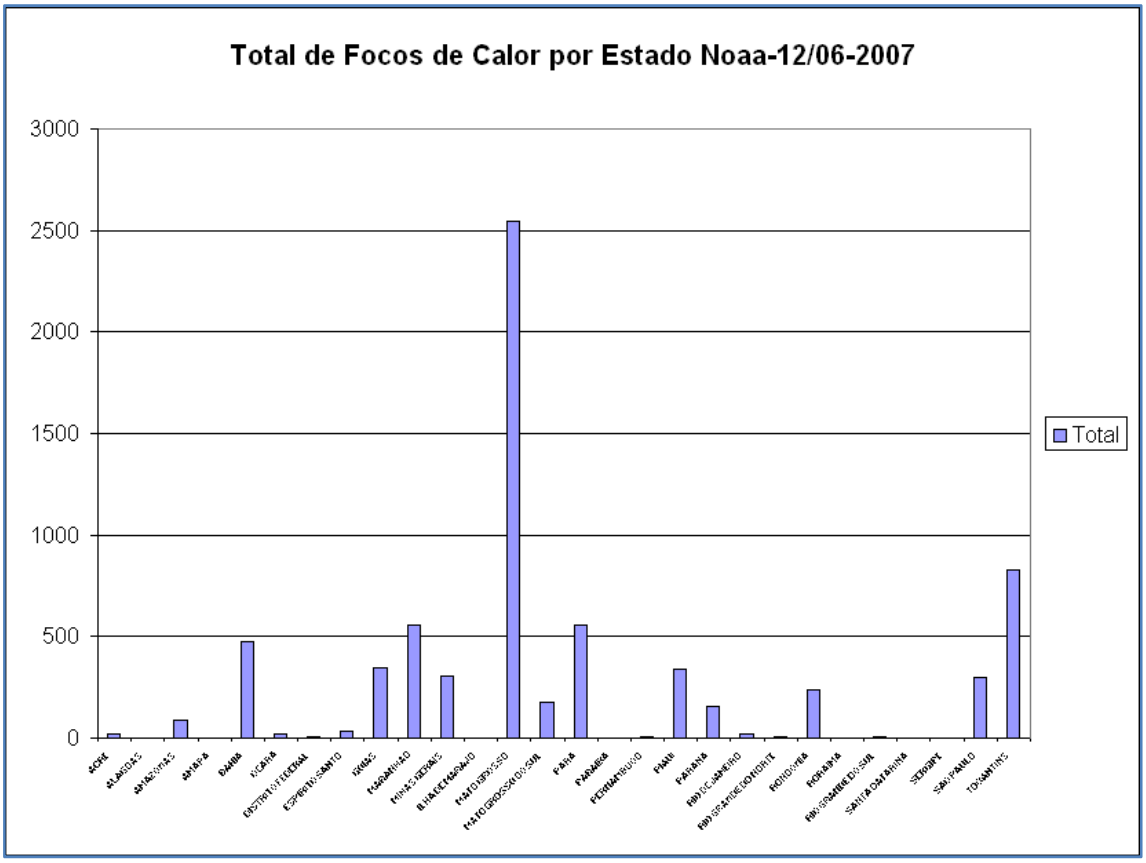

FIGURA 57 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Junho de 2007.

Fonte: CPTEC/INPE.

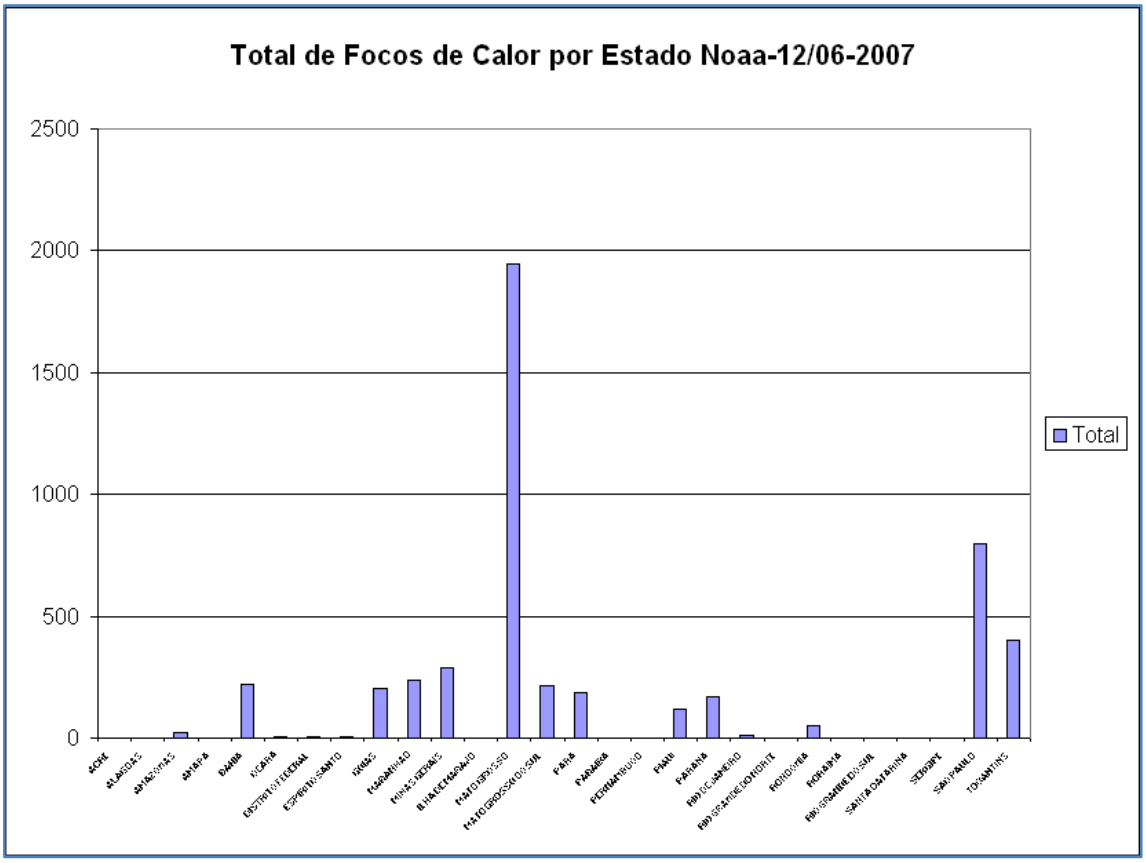

FIGURA 58 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Julho de 2007.

Fonte: CPTEC/INPE.

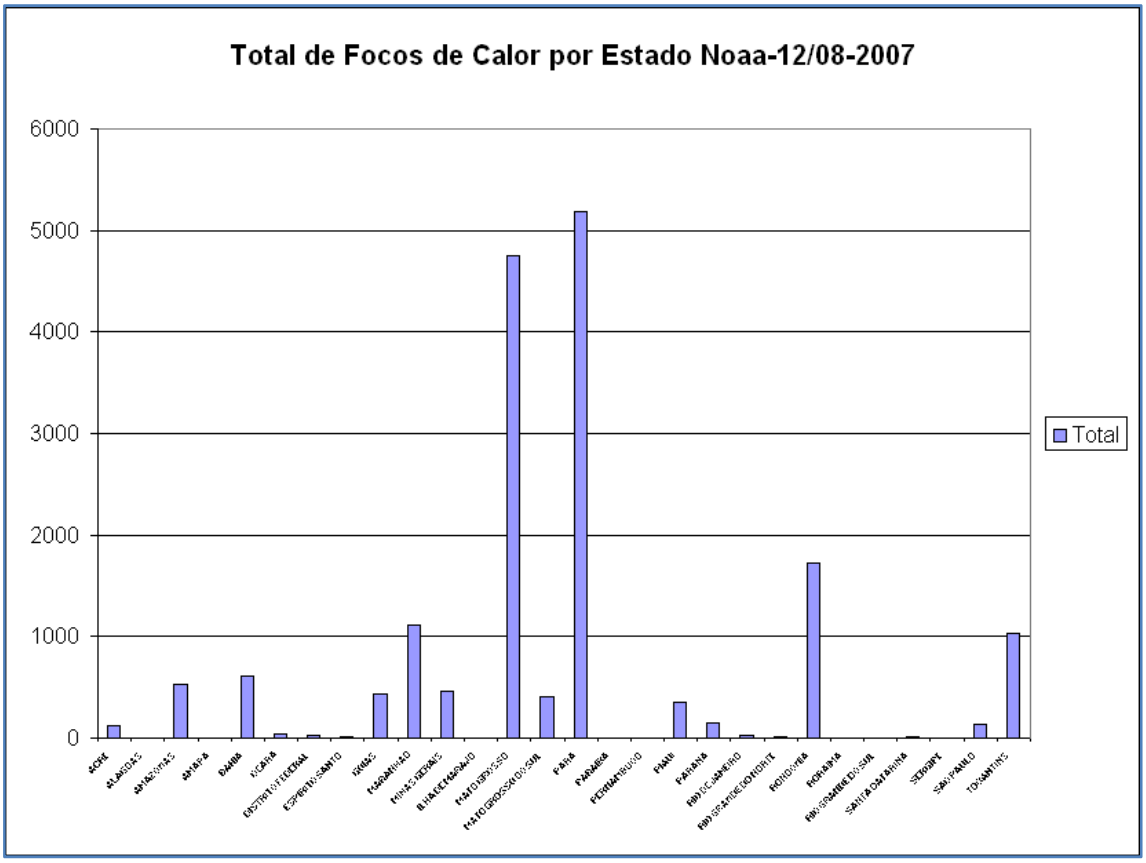

FIGURA 59 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Agosto de 2007.

Fonte: CPTEC/INPE.

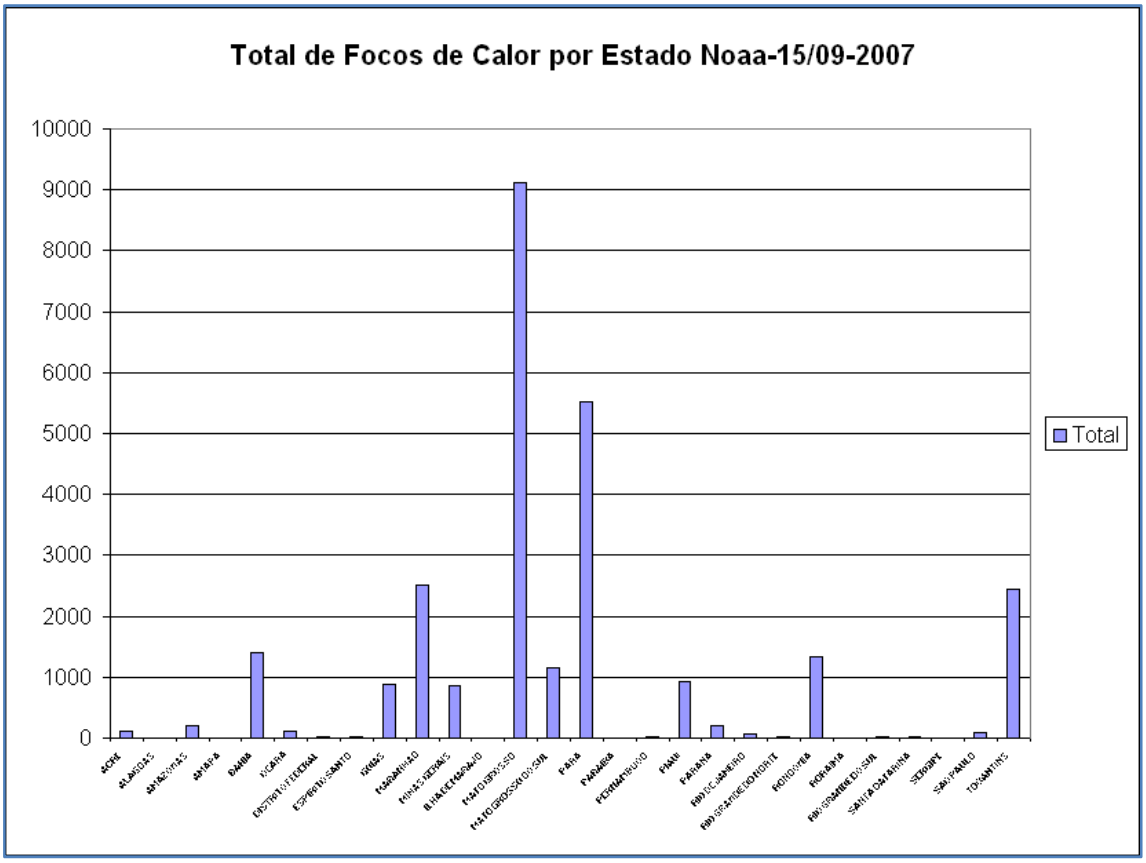

FIGURA 60 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Setembro de 2007.

Fonte: CPTEC/INPE.

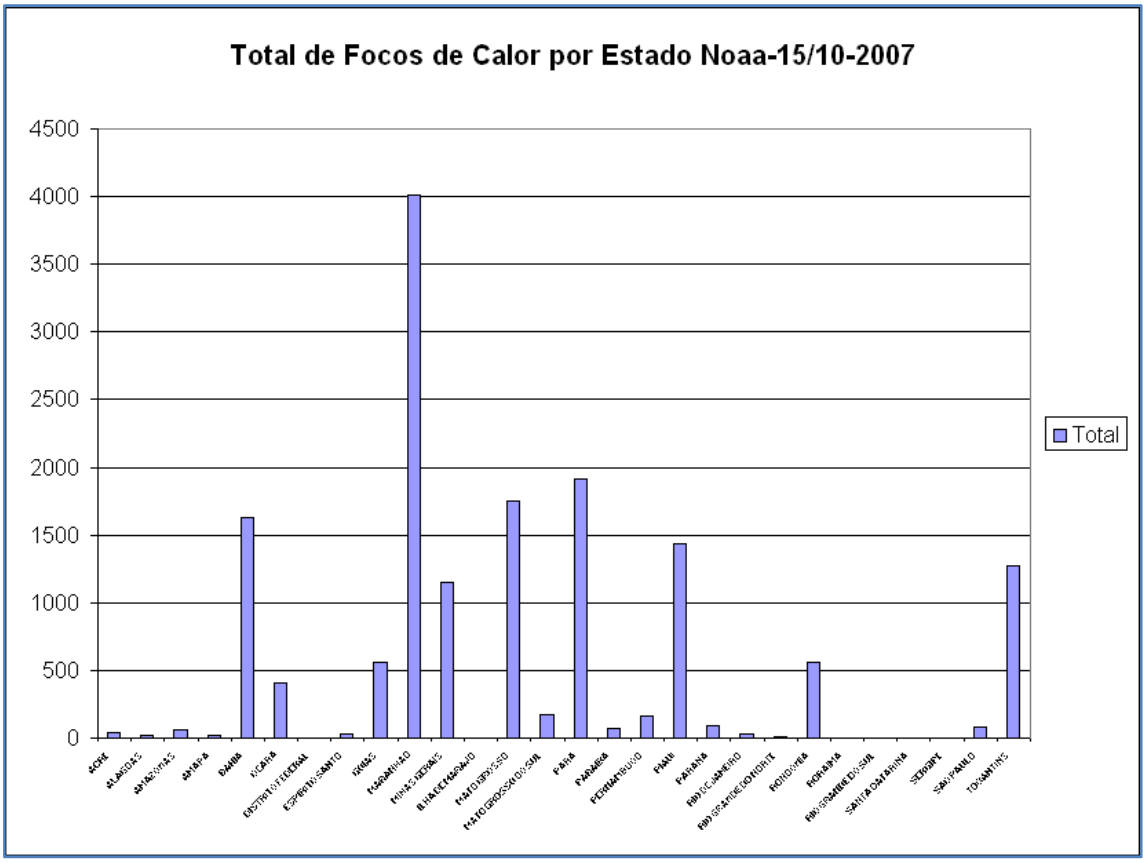

FIGURA 61 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Outubro de 2007.

Fonte: CPTEC/INPE.

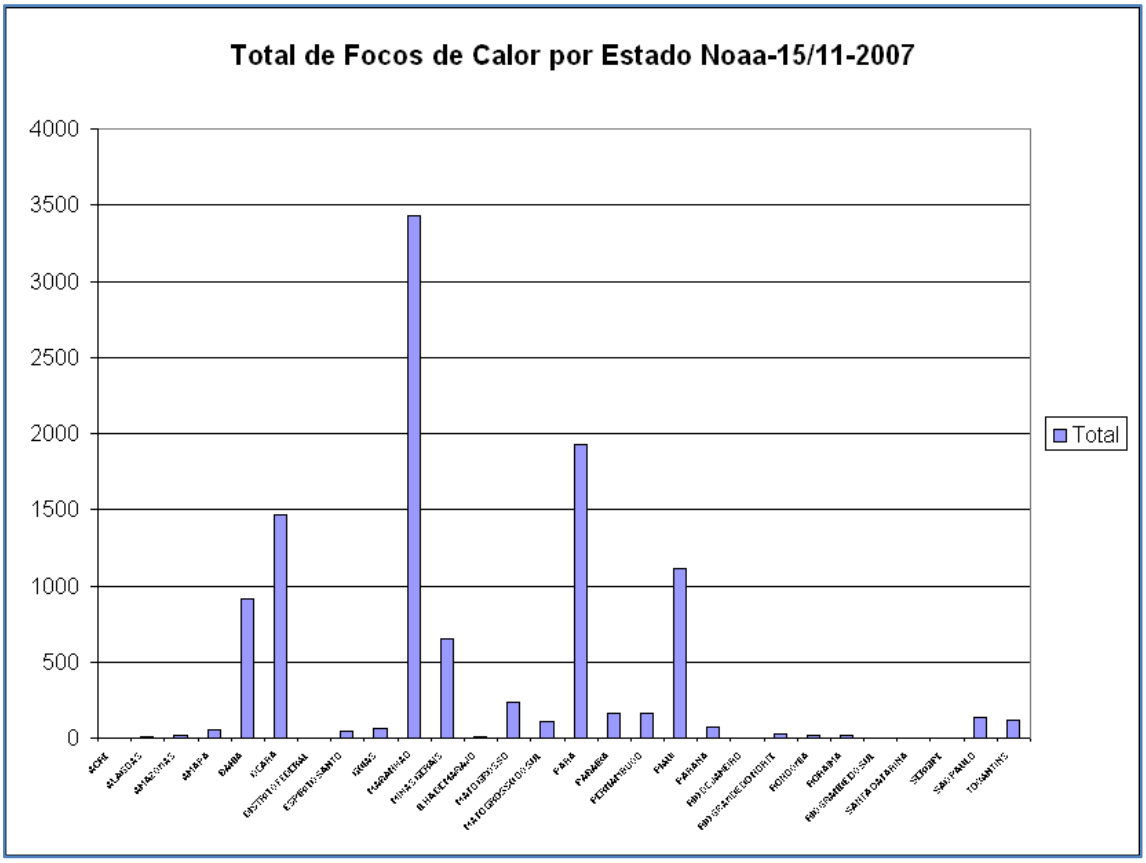

FIGURA 62 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Novembro de 2007.

Fonte: CPTEC/INPE.

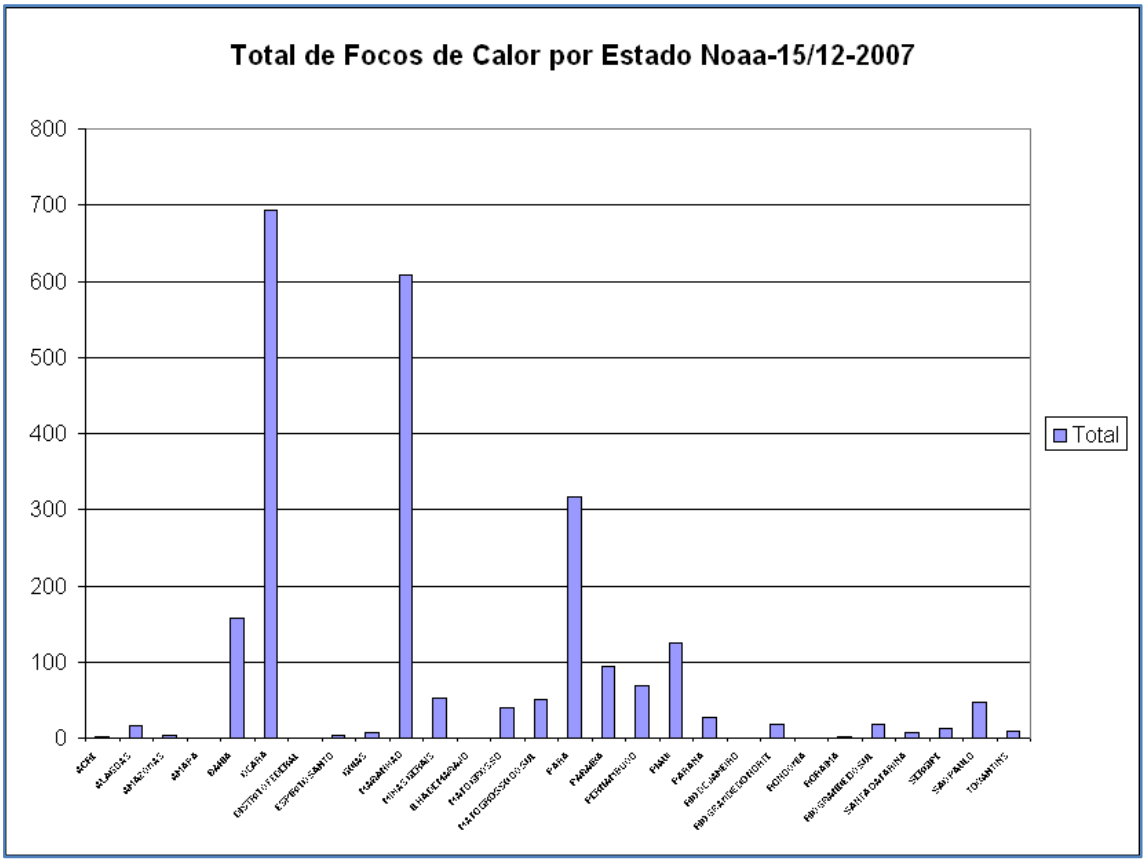

FIGURA 63 - Totais de queimadas no Brasil, por estados para o mês de Dezembro de 2007.

Fonte: CPTEC/INPE.