

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI  
COORDENADORIA DO CURSO DE GEOGRAFIA

**ANÁLISE DAS ÁREAS QUEIMADAS NA REGIÃO SUL DO MARANHÃO  
NO ANO DE 2013**

Raquel de Cássia Ramos

São João del-Rei  
2015

Raquel de Cássia Ramos

**ANÁLISE DAS ÁREAS QUEIMADAS NA REGIÃO SUL DO MARANHÃO  
NO ANO DE 2013**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Departamento de Geociências da Universidade Federal de São João del-Rei como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Gabriel Pereira

São João del-Rei  
2015

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. Albert Einstein

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Orientador Prof. Dr. Gabriel Pereira pela orientação, apoio e confiança.

À Dr.<sup>a</sup> Francielle da Silva Cardozo, pela disponibilidade, pelas suas correções e incentivos.

Aos amigos (as). Fernanda Resende, Júlio Costa, Paula Resende, Pedro Rocha e Tereza Beatriz pela amizade e a colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Localização da área de estudo .....	4
Figura 2 - Faces do bioma Cerrado.....	5
Figura 3 - Mapa do desmatamento do bioma Cerrado. Fonte: MMA.....	6
Figura 4 - Localização das duas estações meteorológicas próximas da área de estudo.....	10
Figura 5 - Mapeamento das áreas queimadas na região sul do estado do Maranhão .....	11
Figura 6 - Distribuição espacial das áreas queimadas na área de estudo .....	12
Figura 8 - Grau de severidade de queimada 2002 a 2012. ....	15
Figura 9 - Precipitação e anomalias climáticas .....	16
Figura 10 - Dados pluviométricos (2002 a 2012).....	17
Figura 11 - Mapa da frequência anual das queimadas.....	18

## RESUMO

As queimadas representam um sistema de manejo ainda muito empregada no campo, principalmente no Brasil, para a retirada da vegetação natural e a implantação de cultivos e pastagens. Esta prática constitui um obstáculo importante para a conservação de um dos mais importantes biomas, o Cerrado. O estudo demonstra à intensa antropização já ocorrida na região sul do estado Maranhão que engloba o Cerrado, em que grande parte do seu bioma vem sendo atingida com a prática da queimada para dar origem a enormes áreas destinadas à monocultura da soja. Portanto, uma das técnicas utilizadas para identificar esses alvos consiste do uso do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME), que representa a mistura espectral dos alvos em cada pixel.

Assim, as imagens do sensor *Operational Land Imager* (OLI) foram inseridas no aplicativo de geoprocessamento SPRING, onde foi aplicado o MLME nas duas imagens do sensor OLI. Após a aplicação do MLME, as imagens fração sombra resultantes foram inseridas no SPRING e segmentadas com o intuito de gerar polígonos espectralmente homogêneos. Após a segmentação, os polígonos de áreas queimadas foram agrupados e associados em uma categoria temática, e posteriormente uma edição manual foi realizada com o intuito de minimizar possíveis erros de inclusão e omissão decorrentes da classificação, permitindo um mapeamento com maior acurácia.

Os resultados demonstram que, do total de polígonos mapeados (1.059) aproximadamente 86% das áreas queimadas ocorrem em polígonos com tamanho de até 200 hectares. No entanto, há uma grande concentração em áreas de menor extensão de até 30 ha. No histograma acima, podemos ver que aproximadamente 35% de toda extensão da área queimada ocorrem em polígonos com tamanho de até 10 ha, 45% em áreas com tamanho de 10 até 100 ha, e os últimos 20% restantes ocorrem em áreas com tamanho acima de 200 ha. Sugere-se que nestas áreas, o fogo foi utilizado de maneira negligente, ignorando as técnicas de prevenção, tomando grandes proporções.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, queimadas, mapeamento.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>V</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>4</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 MATERIAIS UTILIZADOS .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 METODOLOGIA .....</b>	<b>7</b>
<b>3.3.1 Uso do Modelo Linear de Mistura Espectral .....</b>	<b>7</b>
<b>3.3.2 Estimativa da energia radiativa do fogo (FRE) .....</b>	<b>8</b>
<b>3.3.3 Uso da precipitação estimada pelo satélite TRMM .....</b>	<b>9</b>
<b>3.4 Uso do ArcGis e Fortran .....</b>	<b>10</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>21</b>

## INTRODUÇÃO

As queimadas representam um sistema de manejo ainda muito empregada no campo, principalmente no Brasil, para a retirada da vegetação natural e a implantação de cultivos e pastagens. Do ponto de vista dos produtores, o emprego do fogo é uma técnica rápida e eficiente para diferentes finalidades: eliminar restos de culturas; aumentar a disponibilidade de nutrientes e, por efeito, da capacidade produtiva do solo; reduzir a incidência de pragas e doenças; reduzir os custos de produção, entre outros (BONFIM *et al.*, 2003)

No entanto, as queimadas são responsáveis por alterações físicas, químicas e biológicas no ecossistema. O fogo altera a temperatura e a amplitude térmica do solo, expõe sua superfície por meio da destruição da cobertura vegetal, acelera o escoamento superficial da água e colabora para o surgimento de processos erosivos (CAMPOS *et al.*, 2005).

Estas podem ser consideradas como um fenômeno global, que acarretam em impactos locais sobre o uso da terra e biodiversidade, impactos regionais e globais devido a liberação de gases traço e aerossóis, causando modificações na química da atmosfera e consequentemente modificando o balanço de energia (WERF *et al.*, 2006; FEARNSSIDE *et al.*, 2009). O Brasil aparece como um dos países que mais colabora para a emissão de aerossóis e gases traços relacionada ao uso da terra e, por ter grandes áreas de remanescente florestais, este representa um grande potencial de emissões futuras (FEARNSSIDE *et al.*, 2009).

De uma forma geral, mais de 25% do total das áreas naturais modificadas em função de atividades antropogênicas ocorreram entre os anos de 2002 e 2008 nas mesorregiões Sudoeste Piauiense, Sul Maranhense e Oriental do Tocantins (SILVA *et al.*, 2013), a partir da abertura de novas áreas para culturas agrícolas e pastagens, sendo que um dos vetores de transformação da paisagem do bioma foi originado pela agricultura.

A escolha de se estudar o bioma cerrado se deve a importância que este bioma exerce dentro do território brasileiro. Nele encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que resulta em um elevado potencial aquífero e favorece a sua biodiversidade, apresentando extrema abundância de espécies endêmicas. Além dos aspectos ambientais, o Cerrado tem grande importância social. Muitas populações sobrevivem de seus recursos naturais, incluindo etnias indígenas, geraizeiros, ribeirinhos, comunidades quilombolas dentre outras que, juntas, fazem



parte do patrimônio histórico e cultural brasileiro, e detêm um conhecimento tradicional de sua biodiversidade. (MMA, 2014).

O cenário agrícola brasileiro vem passando por uma fase de modernização e profissionalização em ritmo bastante dinâmico. Essas mudanças têm sido especialmente aceleradas nas cadeias de produção de grãos, principalmente nas de soja, milho e sorgo expandindo a área da fronteira agrícola brasileira. (PURCINO, 2008). Tal processo colabora para um progressivo esgotamento dos recursos naturais nas regiões deste bioma que é tão frágil em relações a políticas voltadas para a criação de unidades de conservação que contempla a sua área de ocorrência.

A mensuração dos impactos das queimadas no ecossistema, tais como a perda de biodiversidade e os gases traços e aerossóis lançados na atmosfera podem ser evidenciados com a análise da severidade da queimada, que é definida como o grau de intensidade do fogo e seu impacto no ecossistema. Os dados sobre a severidade podem ser adquiridos com o uso do sensoriamento remoto, uma vez que após a queimada ocorrem mudanças da resposta espectral da superfície afetada, e essas mudanças são utilizadas para indicar o grau de severidade (LOBODA et al. 2007).

## **2 OBJETIVO GERAL**

O objetivo principal deste trabalho consiste na análise das áreas queimadas na região sul do estado do Maranhão no ano de 2013 a partir de imagens do Landsat 8.

### **2.1 Objetivos Específicos**

1. Mapear as áreas queimadas da cena 221/66 do ano de 2013;
2. Elaboração de mapas de severidade da queimada nos anos de 2002 a 2012;
3. Análise climática dos dados provenientes do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM);
4. Cruzar os dados resultantes dos dados climatológicos provenientes do TRMM com a severidade da queimada no período supracitado.
5. Avaliar a frequência do tamanho das áreas queimadas buscando evidenciar a recorrência da mesma sobre a área estudada.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange parte dos estados do Maranhão, Tocantins e Piauí, localizados nas coordenadas geográficas  $09^{\circ}42' 7^{\circ}37'$  de latitude sul e  $47^{\circ}25' 45^{\circ}19'$  de longitude oeste (FIG. 1).

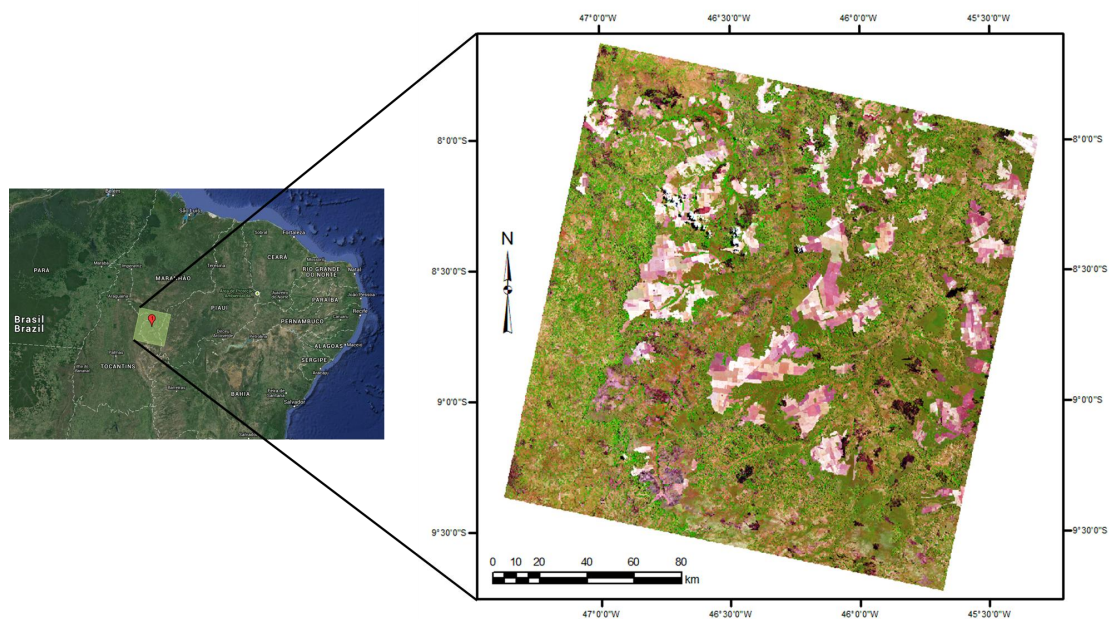


Figura 1 - Localização da área de estudo

A vegetação da área de estudo é composta pela savana (cerrado), representada por três subgrupos de formação: floresta (cerradão), parque (campo sujo de cerrado e cerrado de pantanal) e gramíneo-lenhosa (campo-limpo de cerrado) (IBGE, 2004).

O cerrado ocupa aproximadamente 1,8 milhões de quilômetros quadrados, cerca de 25% do território nacional, e abriga uma grande diversidade biológica (COUTINHO, 1990 *apud* MANTOVANI *et al.*, 1998). A extensão original do cerrado, incluindo aquelas definidas como "área de contato" entre Cerrado e outros tipos de vegetação, abrange o Planalto Central e cobre grande parte dos estados de Tocantins, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, Maranhão e Piauí, e partes menores dos estados de São Paulo, Bahia, Pará, Paraná, Sergipe, Amazonas, Roraima, Amapá e Rondônia.

O cerrado brasileiro inclui as várias formações campestres, que em conjunto com a vegetação gramíneo-lenhosa baixa, alternam-se pequenas árvores isoladas, capões florestados e galerias florestais ao longo dos rios, mostrando uma grande variabilidade estrutural e, em

consequência, grandes diferenças em porte e densidade, no que também influi a intensidade da ação antrópica (IBGE, 2004).

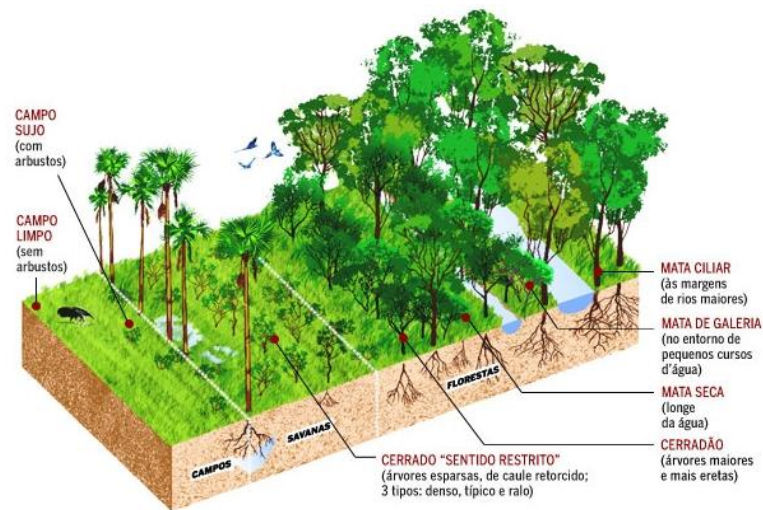


Figura 2 - Faces do bioma Cerrado. Fonte Embrapa

Os valores médios de precipitação total anual variam entre 1400 e 1700 mm, e a temperatura média anual oscila entre 18° e 25 C°. A região tem como uma de suas características principais a presença de dois períodos climáticos bem definidos: o período das chuvas, quando ocorre mais de 90% da precipitação, e o período seco, com ausência quase total das chuvas e baixa umidade relativa. Os solos são geralmente profundos e bem drenados, de baixa fertilidade, como os latossolos e as areias quartzosas, que necessitam de correção e adubação para o uso agrícola (SANO *et al.*, 2008).

A fragilidade deste bioma pode ser evidenciada no fato de que este possui a menor porcentagem de áreas sobre proteção integral. O Bioma apresenta 8,21% de seu território legalmente protegido por unidades de conservação; desse total, 2,85% são unidades de conservação de proteção integral e 5,36% de unidades de conservação de uso sustentável, incluindo RPPNs (0,07%) (MMA, 2014). O desmatamento deste bioma ocorre cada vez mais de forma acelerada, evidenciando o descuido do poder público para a necessidade de uma gestão mais verticalizada e eficaz para com a preservação do Cerrado. Assim, nota-se esse descaso ao analisar o mapa de desmatamento bioma Cerrado na figura abaixo

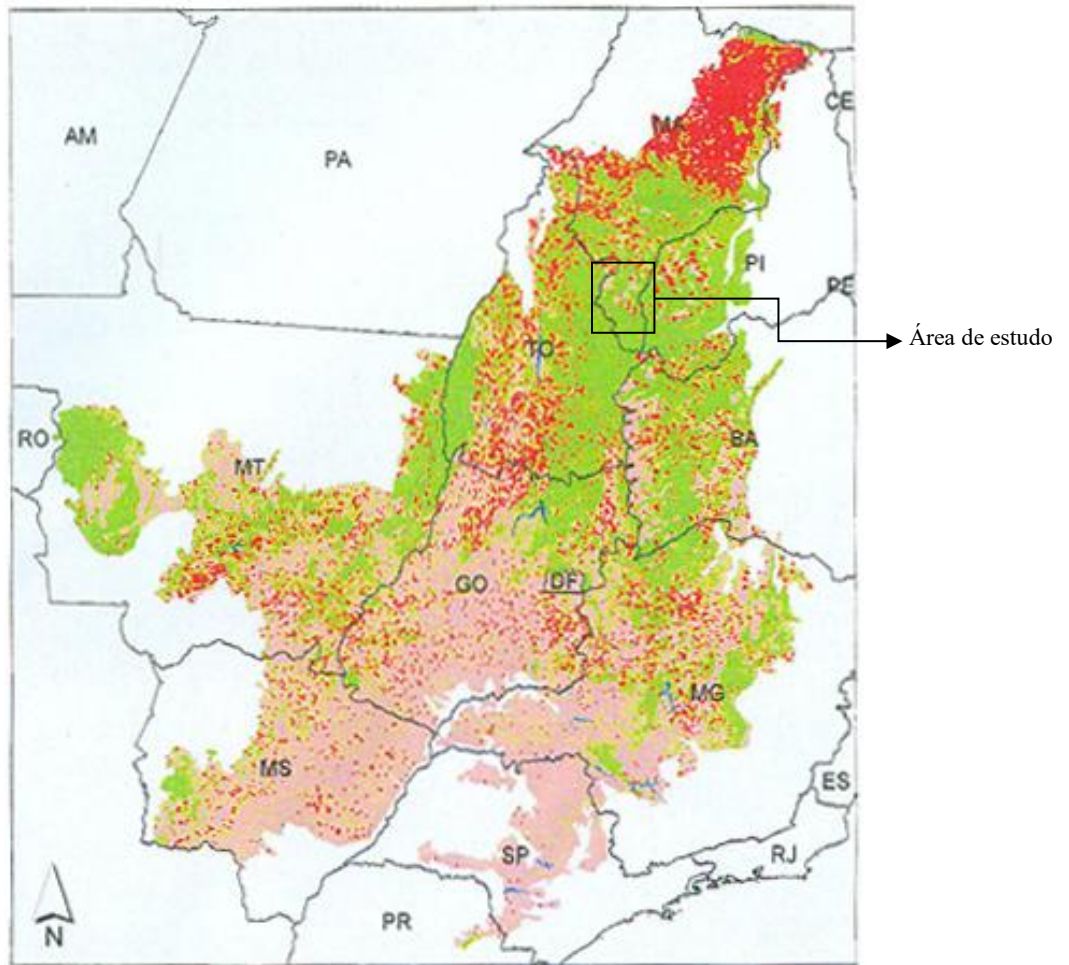


Figura 3 - Mapa do desmatamento do bioma Cerrado. Fonte: MMA

Em vermelho, áreas devastadas até 2010; em rosa, áreas devastadas até 2009; em verde, remanescentes da flora do cerrado; em azul, corpos d'água. Nota-se que na área de estudo e entorno, o desmatamento amplia-se de forma significativa eliminando importantes áreas de remanescente do bioma cerrado em umas das regiões que consideravelmente ainda possui fragmentos deste bioma se comparado ao das demais regiões (sudeste e centro-oeste).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Materiais Utilizados

Neste trabalho, foram utilizadas imagens do sensor *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat 8. O sensor OLI possui 11 bandas espectrais, sendo que as bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9 possuem resolução espacial de 30 metros, as bandas termais 10 e 11 possuem resolução espacial de 100 metros e a banda 8 (pancromática) possui resolução espacial de 15 metros. A resolução radiométrica é de 12 bits e a resolução espacial é de 16 dias temporal. Para este trabalho foi utilizada a cena 221/66 dos dias 24/04/2013 e 30/08/2013 (pré-queimada e pós-queimada)

#### 3.2 Metodologia

##### 3.3.1 Uso do Modelo Linear de Mistura Espectral

Para estimar a proporção de cada componente da mistura presente dentro de cada pixel (Solo, Sombra e Vegetação) a partir da resposta espectral nas diversas bandas do sensor OLI, utilizou o Modelo Linear de Mistura Espectral (SHIMABUKURO e SMITH, 1991; TEIXEIRA, 2004), conforme a equação 1.

$$\rho_i = a \cdot \text{vegi} + b \cdot \text{soloi} + c \cdot \text{sombrai} + e_i \quad (1)$$

$\rho_i$  = resposta do pixel na banda i;

a = proporção de vegetação;

b = proporção de solo;

c = proporção de sombra ou água;

vegi = resposta espectral do componente vegetação na banda i;

soloi = resposta espectral do componente solo na banda i;

água<sub>i</sub> = resposta espectral do componente sombra ou água na banda i;

$e_i$  = erro na banda i; e

Além disso, o Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) possui como objetivos básicos: reduzir o volume de dados a serem utilizados em um processamento (e.g. classificação de imagens), realçar os alvos de interesse. (FERREIRA et al. 2003).

Assim, as imagens do sensor OLI foram inseridas no aplicativo de geoprocessamento SPRING, onde foi aplicado o MLME nas duas imagens do sensor OLI. Após a aplicação do MLME, as imagens fração sombra resultantes foram inseridas no SPRING e segmentadas com o intuito de gerar polígonos espectralmente homogêneos.

Em seguida, foi realizada a seleção de limiares de similaridade e área, ou seja, foi agrupado em um único polígono o limiar mínimo em que duas regiões foram consideradas similares, e a área mínima em número de pixels para uma região individualizada. Os valores de limiares foram de 8 para similaridade 12 para área. Em seguida, os polígonos das áreas queimadas foram agrupados em uma categoria temática, após esse procedimento foi realizada uma edição manual para minimizar os possíveis erros de inclusão e omissão decorrentes da classificação, permitindo um mapeamento com maior acurácia.

Após o mapeamento pré-queimada datada de 24 de abril de 2013 e pós-queimada com data de 30 de agosto de 2013, foi realizada a diferença entre as frações sombra, para o mapeamento final.

### 3.3.2 Estimativa da energia radiativa do fogo (FRE)

Para indicar o grau de severidade da queimada, foi utilizada a FRE, que mede a taxa de energia na forma de radiação eletromagnética emitida pelo fogo, ou seja, a potência radiativa do fogo *Fire Radiativa Power* (FRP) liberada no processo de queima. Este informa a taxa de emissões de aerossóis e gases traços liberados para a atmosfera, na quantidade de biomassa e consumida e no indicador de severidade do fogo. Ao se conhecer a distribuição de temperatura no interior de um pixel, a FRP integrada em todos os comprimentos de onda, pode ser calculada pela equação 1, (PEREIRA *et al.* 2012):

$$FRP = \varepsilon \sigma \sum_{i=1}^n A_n T_n^4 \quad (1)$$

em que FRP representa a potência radiativa do fogo (J.s<sup>-1</sup>),  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann ( $5.670 \times 10^{-8} \text{ J K}^{-4} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ),  $A_n$  representa a área fracional (m<sup>2</sup>) da enésima

componente termal,  $T_{4n}$  é a temperatura (em Kelvin, K) da  $n$ ésima componente e  $\varepsilon$  representa a emissividade. Ressalta-se que a integração da FRP no tempo é denominada de Energia Radiativa do Fogo (FRE).

### 3.3.3 Uso da precipitação estimada pelo satélite TRMM

As imagens de satélite têm-se constituído numa importante ferramenta para obtenção dos mais diversos componentes do ciclo hidrológico. Dados do satélite de precipitação como o TRMM são usados para entender séries históricas de precipitação estabelecendo importantes conclusões sobre variabilidade ao longo do período de 2002 a 2012.

O satélite TRMM foi lançado em 1997 em uma missão em conjunta entre a *National Aeronautics and Space Administration* (Nasa) e com *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) do Japão, sua missão chegou ao fim em abril deste ano (NASA, 2015).

As informações coletadas pelo satélite TRMM abrange uma vasta área, compreendendo entre 50° N e 50° S. A resolução temporal se divide em três partes: horária (3B42), diária (3B42 derivada) e mensal (3B43). A resolução espacial para os três produtos é de 0,25 ° x 0,25 °. (0,25 m), possui dois sensores principais: TRMM Microwave Imager (TMI), e o Precipitation Radar (PR).

Assim, as imagens do sensor TMI e PR foram inseridas no aplicativo GrADS, que é uma ferramenta interativa usada para facilitar o acesso, manipulação e visualização de dados climatológicos possibilitando o mapeamento das anomalias climáticas e elaboração de climograma para os anos de 2002 a 2012.

O uso do satélite TRMM se justifica em decorrência da baixa densidade de redes de estações meteorológicas nos estados da região norte e nordeste. Na Figura 2 segue uma imagem de satélite com as duas principais estações meteorológicas mais próximas da área de estudo.



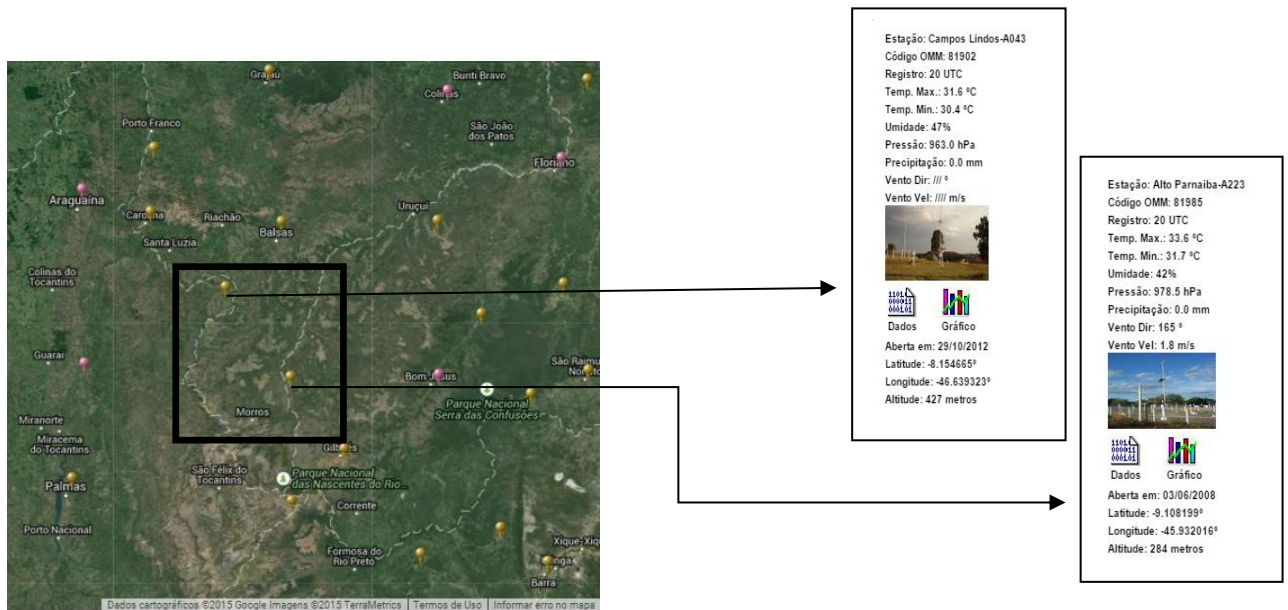


Figura 4 - Localização das duas estações meteorológicas próximas da área de estudo.

Fonte: INMET

### 3.4 Uso do ArcGis e Fortran

A análise da distribuição espacial e a frequência anual das queimadas foram adquiridas a partir dos produtos MOD14 e MYD14 disponibilizados gratuitamente pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), com resolução espacial de 1000 metros estimados pelo sensor MODIS a bordo dos satélites Aqua e Terra. As duas plataformas têm uma frequência diária de 4 aquisições e contribuíram para monitoramento em escala global de queimadas e seus efeitos nos ecossistemas, na atmosfera e no clima.

Os dados são disponibilizados no formato *Hierarchical Data Format* (HDF) foram transformados em *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII) e contabilizados a partir de um programa em *Formula Translation* (FORTRAN).

Utilizando a linguagem *Interface Description Language* (IDL) os dados foram convertidos para a projeção Lat/long e o datum WGS84 e inseridos no aplicativo ArcGis 10 que é um pacote de softwares da ESRI (Environmental Systems Research Institute) de elaboração e manipulação de informações vetoriais e matriciais para o uso e gerenciamento de bases temáticas. (SANTOS, 2009).

Em seguida, os polígonos em formato *shapefile* quantificados pelo ArcGis foram inseridos no software Excel, o que possibilitou a realização do histograma da análise da distribuição espacial das áreas queimadas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 mostra as áreas queimadas que ocorreram no sul do estado do Maranhão, nordeste de Tocantins e oeste do Piauí em agosto de 2013, e a Figura 4 mostra a distribuição espacial das queimadas para a mesma época.

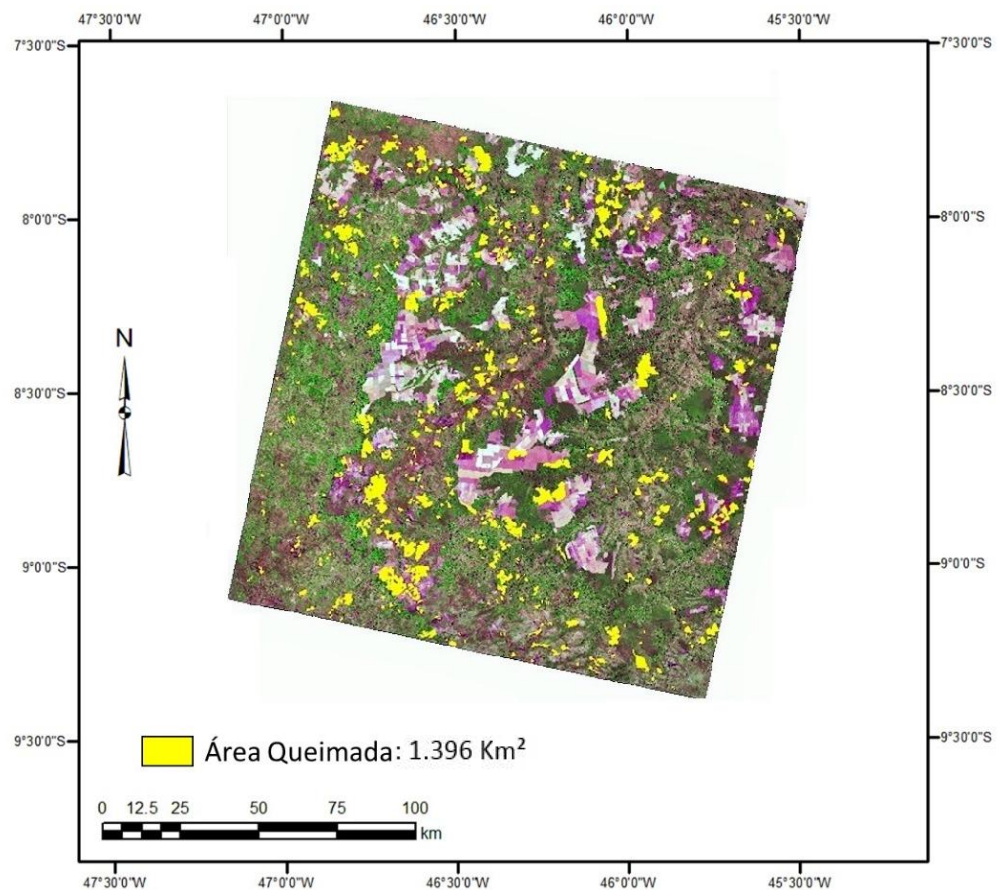


Figura 5 - Mapeamento das áreas queimadas na região sul do estado do Maranhão

Conforme a Figura 5, as áreas antropizadas de Cerrado, como os solos expostos, aparecem na cor magenta com formato geométrico definido, com a presença de estradas e/ou caminhos. As áreas de vegetação queimada aparecem com coloração amarela.

A cultura da soja no Brasil ocorreu no período anterior à década de 60 e expandiu bastante a sua área cultivada, na década de 1970. O deslocamento da soja para o Brasil Central inicia-se nos anos finais de 1970, e parte rumo aos cerrados nordestinos em meados da década de 1980 (GIORDANO, 1999).

Ainda segundo a figura 5, pode ser visualizadas as áreas queimadas ocorridas na área de estudo no ano de 2013. A extensão total neste período foi de 1.396 km<sup>2</sup>, que denota que

uma área considerável do bioma cerrado que foi substituída por extensas áreas monocultora de soja. Na medida em que a ocupação do centro-oeste foi se consolidando, bem como a região a oeste da Bahia, a monocultura da soja amplia a sua área de abrangência, indo em direção aos estados do Maranhão e Piauí, áreas que vêm sofrendo com o processo de queimadas para a abertura de novas fronteiras agrícolas. O levantamento dos polígonos mapeados possibilitou o conhecimento das características qualitativas e quantitativas das áreas queimadas, como suas distribuições e frequências (FIG. 6).

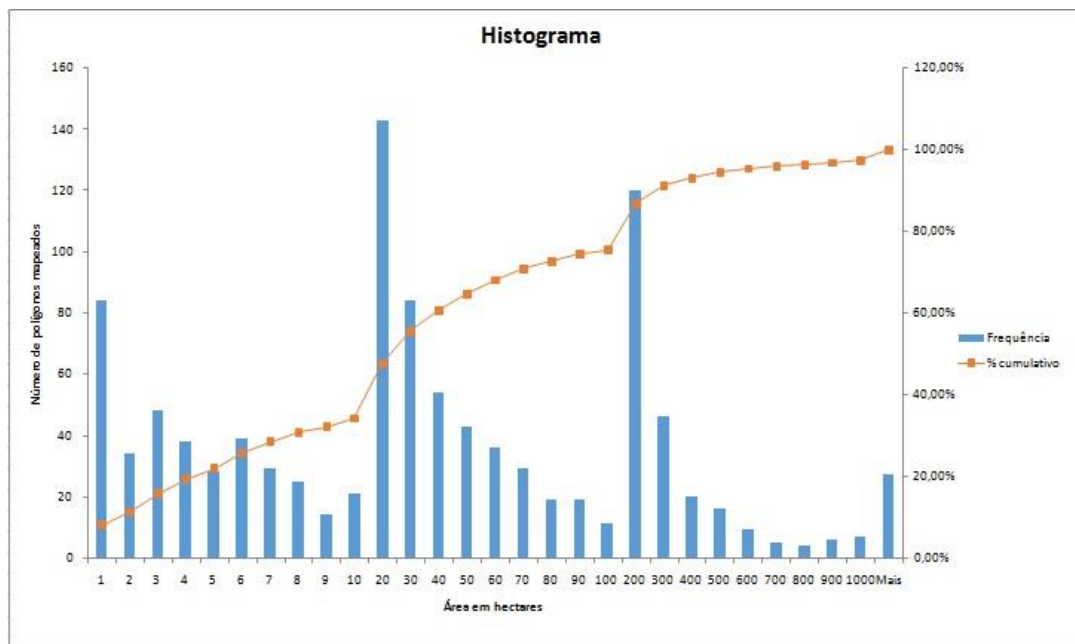


Figura 6 - Distribuição espacial das áreas queimadas na área de estudo

De acordo com o gráfico, do total de polígonos mapeados (1.059) aproximadamente 86% das áreas queimadas ocorrem em polígonos com tamanho de até 200 hectares. No entanto, há uma grande concentração em áreas de menor extensão de até 30 ha. No histograma acima, podemos ver que aproximadamente 35% de toda extensão da área queimada ocorrem em polígonos com tamanho de até 10 ha, 45% em áreas com tamanho de 10 até 100 ha, e os últimos 20% restantes ocorrem em áreas com tamanho acima de 200 ha. Presume-se que nestas áreas, o fogo foi utilizado de maneira negligente, ignorando as técnicas de prevenção, tomando grandes proporções.

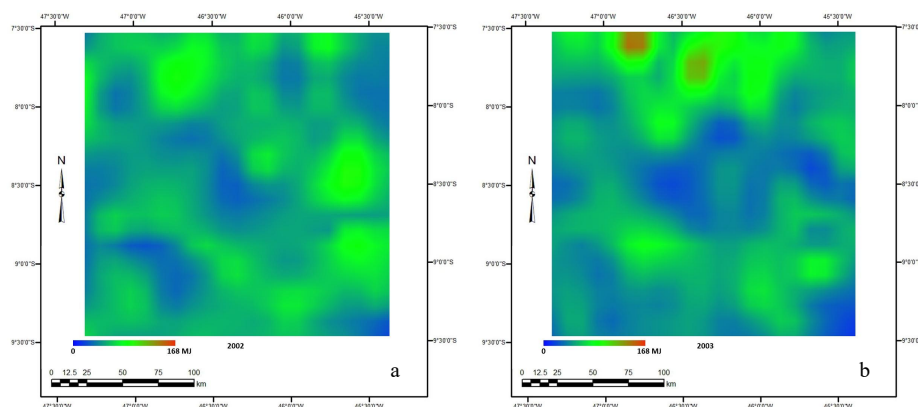
É importante ressaltar que a expansão da soja ocorre em extensos latifúndios, contudo sugere-se que esses polígonos mapeados pertençam a uma mesma propriedade e que as áreas agrícolas foram sendo queimadas de forma gradativa para não despertar a atenção dos órgãos fiscalizadores e para o controle da queimada.

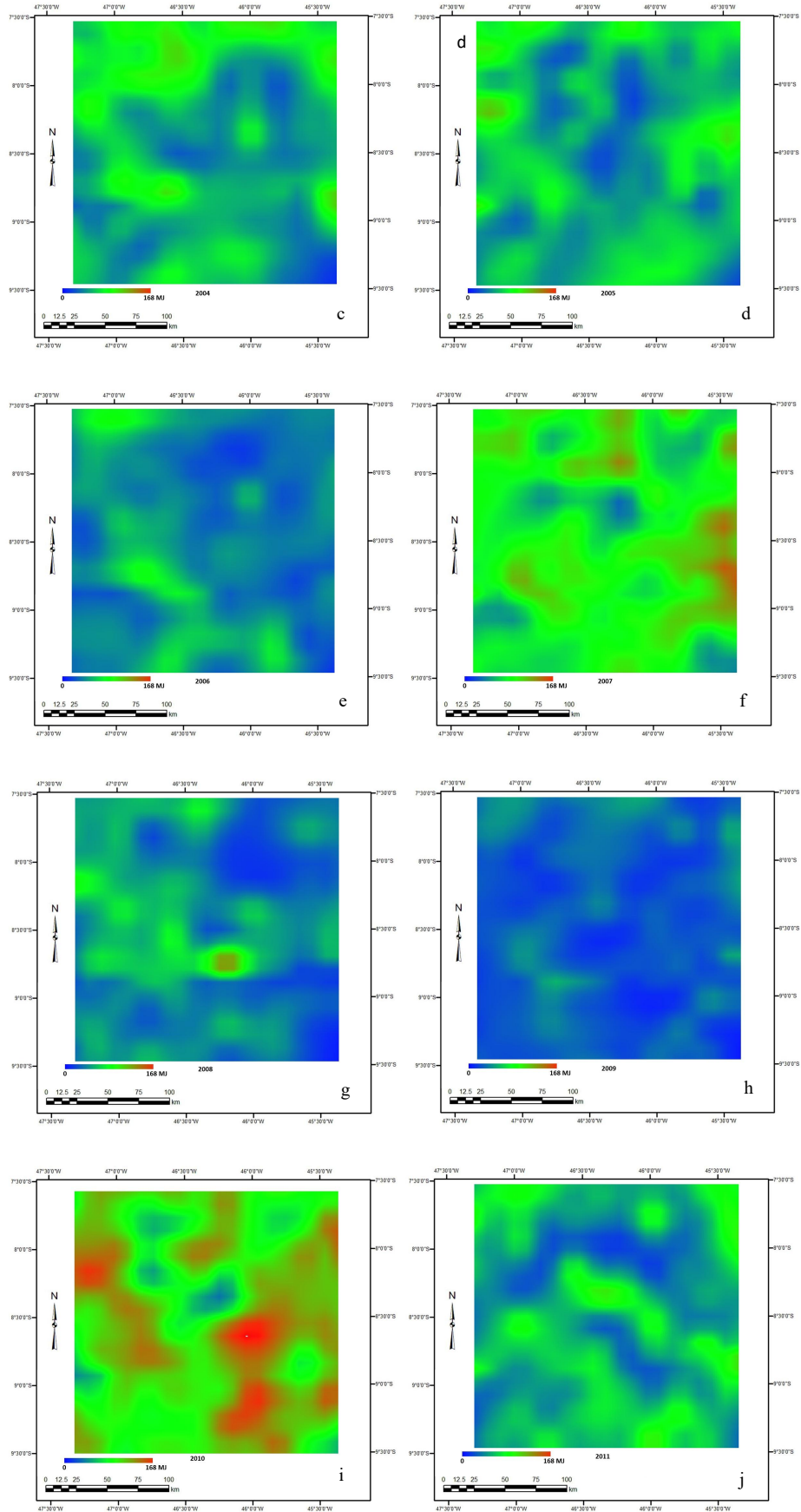
A atividade agropastoril insere-se nos termos do desenvolvimento sustentável, devido à maior preocupação com a expansão e descontrole dos processos produtivos nela inseridos, como, por exemplo, insumos agrícolas e demanda cada vez maior por água. Uma das consequências da utilização das áreas de Cerrado para atividades agropastoris é a o aumento da incidência do número de focos de queimadas. Estas afetam significativamente o meio ambiente, alterando o balanço de radiação da superfície e da atmosfera, os ciclos biogeoquímicos e hidrológicos e causam problemas de saúde para populações localizadas nestas áreas (PEREIRA *et al.*, 2009).

Para uma compreensão acerca dos impactos socioeconômicos que as queimadas provocam no meio ambiente, é importante a abordagem sobre a severidade das queimadas, que pode ser medido diretamente, em termos tais como o custo de supressão, o custo da recuperação das áreas degradadas pelo incêndio, perda da fertilidade do solo, perda da biota e até mesmo da vida humana (KEELEY, 2009).

As imagens abaixo indicam o grau de severidade das queimadas no ano de 2002 a 2012. Nota-se que o elevado grau de severidade ocorre nos anos 2007 (FIG. 8f) na região oeste do Piauí, divisa com o estado do Maranhão. Em 2010 (FIG. 8i) em praticamente toda área estudada apresenta um elevado índice de severidade. Já em 2012 (FIG. 8l) o maior grau de severidade pode ser visualizado no extremo norte e no oeste do Piauí.

Conforme supracitado, a FRE gerou os índices de severidade para cada ano no período de 2002 a 2012, Veja nas figuras abaixo, a alto índice de severidade demonstrado pela cor vermelha em cada uma das cenas.





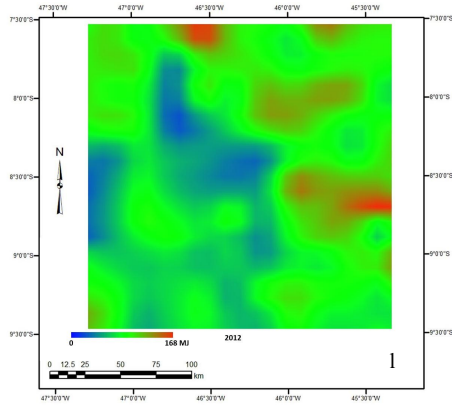
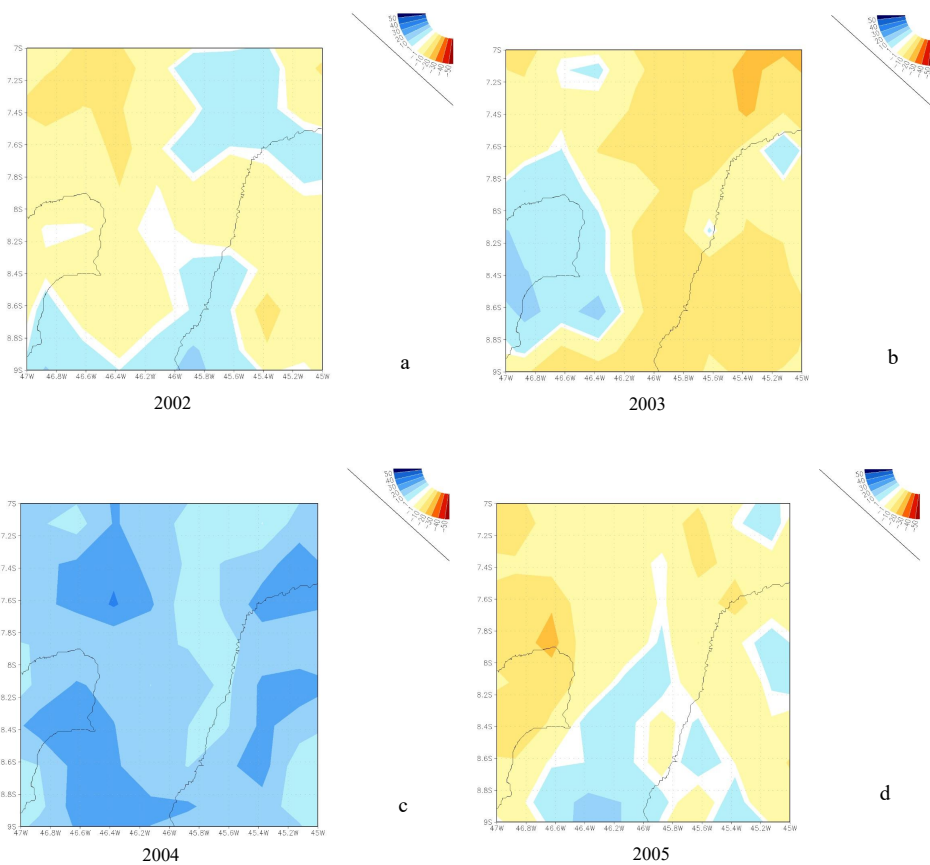


Figura 8 - Grau de severidade de queimada 2002 a 2012.

Em busca de uma melhor compreensão acerca da severidade das queimadas, utilizou-se o satélite TRMM para a geração de dados de precipitação e as anomalias para o mesmo período analisado (FIG. 9).



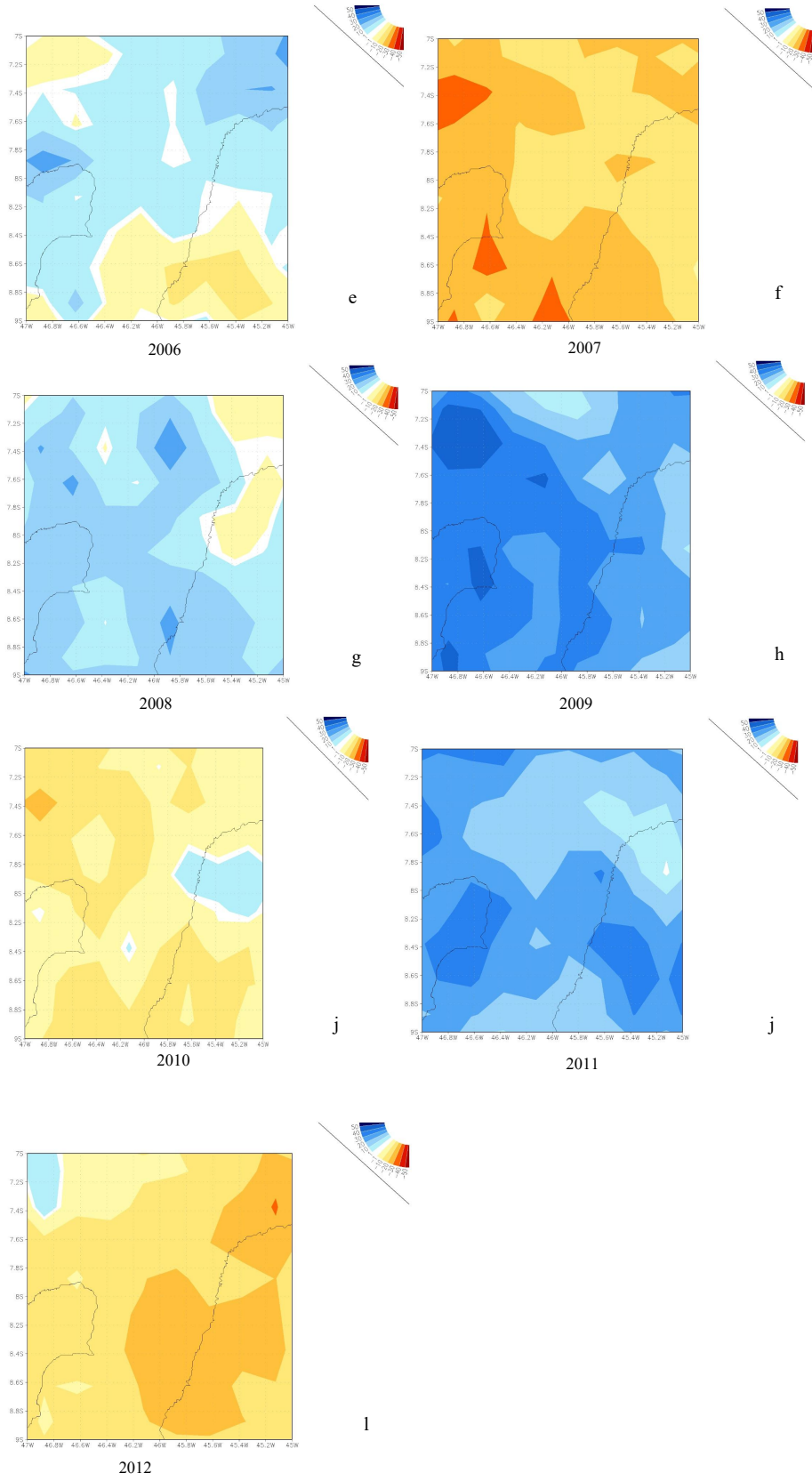


Figura 9 - Precipitação e anomalias climáticas

Podemos observar que os anos (2007, 2010 e 2012) de maior severidade foram exatamente os anos de significativas anomalias climáticas, ou seja, foram os anos de menor precipitação. Desta forma, as queimadas nestes respectivos anos foram responsáveis por uma maior destruição da biomassa e, por conseguinte um maior impacto sobre a biodiversidade do bioma Cerrado.

O levantamento dos dados pluviométricos possibilitou o conhecimento das características qualitativas e quantitativas e suas distribuições no espaço-tempo. Com base nesses dados foi elaborado os gráficos demonstrando a quantidade e a distribuição das chuvas ao longo dos anos de 2002 a 2012 (FIG. 10).

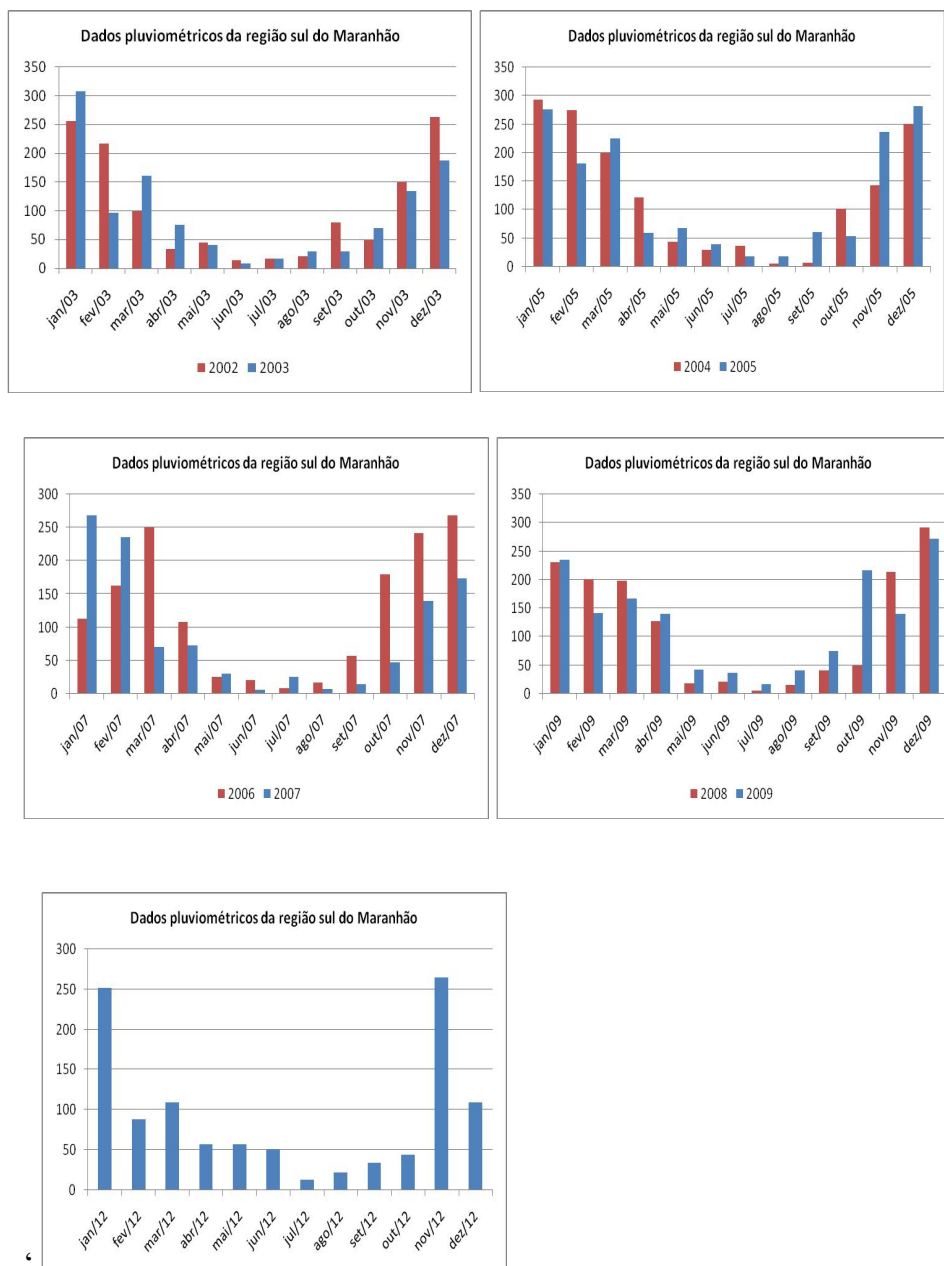


Figura 10 - Dados pluviométricos (2002 a 2012).



Esses gráficos demonstram que as chuvas se concentram de outubro a março e possui como uma de suas características a irregularidade, situações comuns em climas tropicais. Com base nos dados coletados foi possível constatar que em 2007 o valor médio anual da precipitação foi de 91 mm, em 2010 a média anual foi de 104 mm e em 2012 foi 92 mm. Comparando esses valores com a média dos outros oito anos (116 mm) constata-se que os anos de 2010, 2012 e, sobretudo 2007, foram os anos que registramos os menores índices, corroborando para o que foi supracitado a respeito da maior severidade da queimada para estes anos. Embora no ano de 2007, a anomalia climática tenha sido maior em relação a 2010, este demonstrou maior grau de severidade. Sugere-se que, tal fato tenha ocorrido em decorrência de um maior dinamismo econômico do setor agrícola para este ano.

Os resultados do processamento de imagens dos produtos MOD14 e MYD14, através do programa FORTRAN e do aplicativo ArcGis 10 gerou o mapeamento das séries históricas de áreas queimadas podem ser evidenciadas no mapa de frequência abaixo (FIG. 11). Este visa complementar o trabalho referente à distribuição espacial das áreas atingidas pelo fogo.

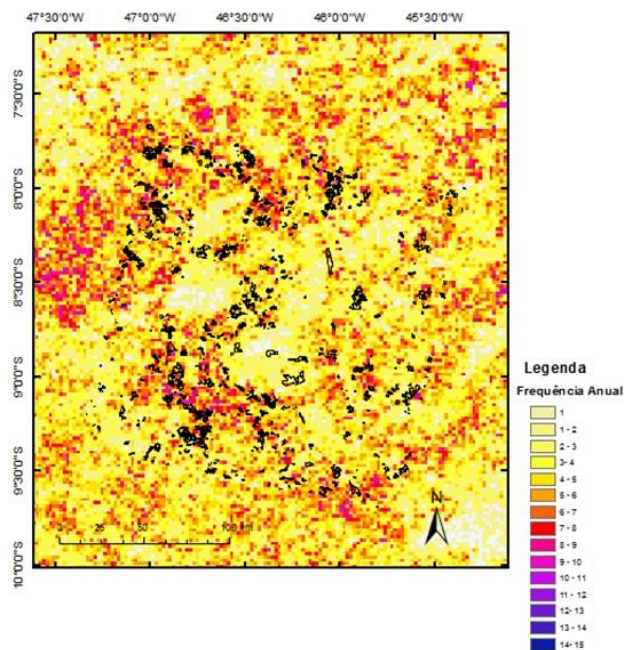


Figura 11 - Mapa da frequência anual das queimadas.

Nota-se que a maioria das áreas queimadas (60-70%) não apresenta frequência superior a 2-3 anos, ou seja, sempre há uma grande porcentagem de área nova envolvida por queima. Observa-se também, a recorrência com significativa frequência entre 7-8 e 8-9 anos, demonstrando assim a uma elevada periodicidade nestas áreas que estão representadas pelas cores em vermelho e rosa no mapa acima, e, por conseguinte um maior impacto ambiental.

É importante ressaltar, que esta região é composta por inúmeras nascentes, e que pensar a proteção e conservação dessas áreas é de suma importância, pois são nestas áreas de cabeceira que ocorrem a recarga do lençol freático que abastecem outros diversos canais fluviais.

## CONCLUSÃO

O trabalho demonstra a intensa antropização já ocorrida na região sul do estado Maranhão que engloba o Cerrado, na qual grande parte do seu bioma vem sendo atingida com a prática da queimada para dar origem a enormes áreas destinadas à monocultura da soja.

Segundo o novo código florestal (Lei ° 12.651/12) em seu artigo 12º, institui-se que todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as Áreas de Preservação Permanente, observado o percentual mínimo de 80% em relação à área do imóvel localizado na Amazônia Legal. Fato que pode ser a causa do desvio da área de atuação do plantio da soja na Região Nordeste.

Entende-se que é importante o debate sobre as queimadas e as consequências desastrosas de uma expansão agrícola para que a população possa atuar politicamente na forma em que estas vêm ocorrendo. Nas áreas do bioma Cerrado, as décadas de ocupação irracional do espaço e a crescente expansão da fronteira agrícola provocaram o agravamento das queimadas com a elevação do seu poder de destruição e ampliação. O poder público não cumpre o seu papel na ordenação da agricultura comercial e na definição de políticas para a ocupação das áreas. Os resultados confirmam a necessidade de implementação de medidas de conservação para as grandes áreas de Cerrado ainda existentes e para que não sejam definitivamente perdidos os pequenos remanescentes ainda presentes nas regiões estudadas, principalmente nas áreas com alto grau de degradação ambiental.

## REFERÊNCIAS

BONFIM, V.R. et al. 2003. Diagnóstico do uso do fogo no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), MG. Revista *Árvore* v. 27 n.I – Viçosa jan/fev.

CAMPOS, J.B.; TOSSULINO, M. de G.P. ; MÜLLER, C.R.C. (orgs). **Unidades de conservação: Ações para valorização da biodiversidade**. Curitiba: IAP, 2005. Disponível em: [http://www.redeprofauna.pr.gov.br/arquivos/File/biblioteca/unidades\\_de\\_conservacao.pdf#page=29](http://www.redeprofauna.pr.gov.br/arquivos/File/biblioteca/unidades_de_conservacao.pdf#page=29) Acesso em 08 de maio, 2015.

FEARNSIDE, P. M. *et al.* Biomass and greenhouse gas emissions from land-use change in Brazil's Amazonian "arc of deforestation": The states of Mato Grosso and Rondônia. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 1968-1978, 2009.

GIORDANO, S. R. **Competitividade regional e globalização**. 1999. 249 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1999.

FERREIRA, M.E.; FERREIRA, L.G.; SANO, E.E.; SHIMABUKURO, Y.E. Uso de modelo linear de mistura espectral para mapeamento sistemático e operacional do Bioma Cerrado: possibilidades, implicações e procedimentos metodológicos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003, Belo Horizonte. Anais... Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, abr. 2003, p. 657-664. Disponível em <[http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.11.20.42/doc/06\\_066.pdf](http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.11.20.42/doc/06_066.pdf)>. Acesso em 19/06/2015

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de biomas do Brasil**. Rio de Janeiro 2004. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default\\_prod.shtm#MAPAS](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#MAPAS)>. Acesso em 05 out. 2014.

KEELEY, J.E. 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire* 18:116-126. Disponível em: <<http://www.werc.usgs.gov/ProductDetails.aspx?ID=3741>>. Acesso em 04 de outubro de 2014.

LOBODA, T.; O'Neal, K. J.; CSISZAR, I. Regionally adaptable dNBR based algorithm for burned area mapping from MODIS data. *Remote Sensing of Environment*. V. 109, p.429-442, 2007.

MANTOVANI, J. E.; PEREIRA, A. Estimativa da Integridade da Cobertura Vegetal de Cerrado Através de Dados TM/Landsat. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9, 1998, Santos. **Anais...** Santos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, set. 1998, p. 1455-1466. Disponível em: <[http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.11.10.57/doc/2\\_168p.pdf](http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.11.10.57/doc/2_168p.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2014.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. O Bioma Cerrado, 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>> Acesso em: 24 out. 2014.

NASA - National Aeronautics and Space Administration, 2015. Disponível em <trmm.gsfc.nasa.gov>. Acesso em 28 de Maio de 2015.

PEREIRA, G. *et al.* Estimating trace gas and aerosol emissions over South America: Relationship between fire radiative energy released and aerosol optical depth observations, **Atmospheric Environment**, v. 43, p. 6388-6397, 2009.

PURCINO, C. A. A modernização e a globalização do agronegócio brasileiro e o programa de pesquisa, desenvolvimento e inovação da Embrapa Milho e Sorgo. *Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo*, Minas Gerais, março 2008. Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/grao/5\\_edicao/grao\\_em\\_grao\\_artigo\\_01.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/grao/5_edicao/grao_em_grao_artigo_01.htm)>, acesso em 02 de abril de 2015.

SANO, E. E. *et al.* Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

SANTOS P. R. Renato Prado dos Santos. *Introdução ao ArcGis: Conceitos e Comandos*. Brasília, Vol. 2. p.2- 43, 2009.

SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J. A. The least squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, n. 1, p. 16-20, 1991.

SILVA, G. B. S. *et al.* Dinâmica da expansão de áreas antropogênicas no bioma Cerrado localizado na região Nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16, 2013, São José dos Campos, SP. **Anais...** São José dos Campos, SP, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, abr. 2013. p. 7297-7304.

TEIXEIRA, C. G. **Validação do Modelo Linear de Mistura Espectral em Imagens ASTER/TERRA a partir de dados Ikonos**. 2004. 127 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004.

WERF, G. R. *et al.* Interannual variability in global biomass burning emissions from 1997 to 2004. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 6, p. 3423–3441, 2006.