

Dinâmica das Queimadas no Cerrado do Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil *Dynamic of Fires in the Cerrado of Maranhão State, North-Eastern Brazil*

Celso Henrique Leite Silva Junior¹, Liana Oighenstein Anderson², Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão³,
Bruno Durão Rodrigues⁴

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, celso.junior@inpe.br

² Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, liana.anderson@cemaden.gov.br

³ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, luiz.aragao@inpe.br

⁴ Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, profbrunodurao@gmail.com

Recebido (Received): 17/01/2017

Aceito (Accepted): 03/02/2018

Resumo: As queimadas têm um papel central nas emissões de carbono nas regiões tropicais, afetando diretamente o ciclo do carbono e a saúde da população. No Cerrado, o fogo ocorre naturalmente e por influência humana, utilizado no processo produtivo da agricultura e pecuária. Nesse contexto o objetivo deste trabalho foi caracterizar a dinâmica espaço-temporal das queimadas no Cerrado do estado do Maranhão. Para isso, foram utilizados dados derivados de produtos de sensoriamento remoto e de estações meteorológicas do INMET. Os dados foram processados e tabulados. Análises espaciais e de regressão foram realizadas. Os resultados evidenciaram que as queimadas são moduladas pela sazonalidade do regime de chuva, podendo ser influenciada também por variações de temperatura e umidade do ar. Essa região foi afetada nos anos de 2007 e 2012 por secas que ocasionaram o aumento expressivo no número de queimadas. Nessa região, o desmatamento não está ligado diretamente à ocorrência de queimadas. A vegetação de formações savânicas foram identificadas como as mais suscetíveis à ocorrência de queimadas, por totalizarem grande parte das recorrências e ocorrências de queimadas nessa região.

Palavras-chave: Incêndios Florestais; Desmatamento; Secas, Savanas Brasileiras.

Abstract: Fires have a central role in carbon emissions in tropical regions, directly affecting the carbon cycle and the health of the population. In the Cerrado, fire occurs naturally and by human influence, used in the productive process of agriculture and livestock. In this context the aim of this paper was to characterize the spatiotemporal dynamics of fires in the Brazilian Savannas, also known as Cerrado, in the state of Maranhão (North-eastern Brazil). We used datasets from remote sensing and INMET weather stations. Data were processed and tabulated. Spatial and regression analyses were performed. Our results evidenced that the fires are modulated by the seasonality of the rainfall regime, being able to be influenced also by variations of temperature and moisture of the air. This region was affected in 2007 and 2012 by droughts that caused the expressive increase in the number of fires. In this region, deforestation is not directly linked to the occurrence of fires. The savanna formations were identified as the most susceptible to the occurrence of fires, since they account for a large part of the recurrences and occurrences of fires in this region.

Keywords: Wildfires; Deforestation; Droughts, Brazilian Savannas.

1. Introdução

As queimadas têm um papel central nas emissões de carbono na região dos trópicos, afetando diretamente o ciclo do carbono, pois perturbam a química atmosférica global através da liberação de gases de efeito estufa e aerossóis, que causam impacto considerável na qualidade do ar, ocasionando problemas de saúde pública (ANDERSON *et al.*, 2005; ARAGÃO *et al.*, 2018; SMITH *et al.*, 2014).

As emissões acumuladas globais de CO₂ resultantes das atividades florestais e do uso da terra, aumentou de 490±180 Gt CO₂ na década de 70 para 680±300 Gt CO₂ em 2010. Entre 1990 e 2010, as emissões resultantes de mudanças no uso e cobertura da terra representaram 12,5% das emissões antropogênicas (IPCC, 2014).

As queimadas podem ocorrer tanto por meio de processos naturais, quanto a partir de causas antrópicas, relacionadas aos processos de mudanças na cobertura da terra, como também ao seu manejo, e a longo prazo podem ser altamente prejudicial à terra, pois podem provocar a desertificação (SILVA JUNIOR *et al.*, 2015). No Brasil, por exemplo, o uso do fogo é uma prática amplamente utilizada para a implantação e manejo de culturas agrícolas de pequeno a grande porte, criação e manutenção de pasto para gado (PIROMAL *et al.*, 2008).

No Maranhão o fogo atinge até mesmo as Unidades de Conservação (UCs). Este fato é crítico. Já que estas áreas são legalmente utilizadas para a proteção e conservação de ecossistemas únicos. Entre 2008 e 2012, foram registrados 19.048 focos de calor nas UCs, correspondendo a 19,5% de todos os focos identificados no período para todo o

Maranhão (GERUDE, 2013). Isso se agrava ainda mais quando são considerados os baixos índices que avaliam o desenvolvimento socioambiental da população maranhense, o que coloca a população em uma situação de vulnerabilidade frente aos impactos ambientais destas queimadas (PNUD, 2010).

Diferente do bioma Amazônia, onde o uso do fogo altera a estrutura ecológica da floresta, reduzindo a cobertura do dossel, a biomassa viva acima do solo e a densidades de indivíduos adultos vivos (COCHRANE e SCHULZE, 1999; NUMATA *et al.*, 2017), no Cerrado alterações nos padrões de fogo resultam em perda de biodiversidade (ABREU *et al.*, 2017). Além disso o Cerrado apresenta uma considerável importância ecológica, devido a sua biodiversidade, o que equivale a cerca de 5% da diversidade da fauna mundial e 33% da biota brasileira (ALHO e MARTINS, 1995; BITENCOURT *et al.*, 1997). Estima-se que exista 6 mil espécies vegetais vasculares no Bioma Cerrado (MENDONÇA *et al.*, 1998), o que levou esse bioma a se tornar um dos 25 hotspots de biodiversidade do Planeta (MYERS *et al.*, 2000).

Apesar de sua importância do ponto de vista ecológico e econômico, pouco se sabe a respeito da dinâmica do fogo na região de Cerrado do estado do Maranhão. Assim o presente trabalho propõe como objetivo caracterizar a dinâmica espaço-temporal das queimadas na região de Cerrado do estado do Maranhão utilizando um conjunto de dados de sensoriamento remoto e de estações meteorológicas.

2. Área de Estudo

O estado do Maranhão possui uma área superficial da ordem de 331.984 km², e está localizado entre os paralelos 1°01' e 10°21' Sul e os meridianos 41°48' e 48°50' Oeste. Ao norte limita-se com o Oceano Atlântico (639 km), ao sul e sudoeste com o Tocantins (1.060 km), a oeste com o Pará (798 km) e a leste e sudeste limita-se com o Piauí (1.365 km) (MARANHÃO, 2011). Para a presente pesquisa considerou-se como unidade de análise o Cerrado do estado do Maranhão que ocupa cerca de 64,09% da extensão do território do estado segundo o IBGE (215.789,6 km²) (Figura 1) (IBGE, 2004).

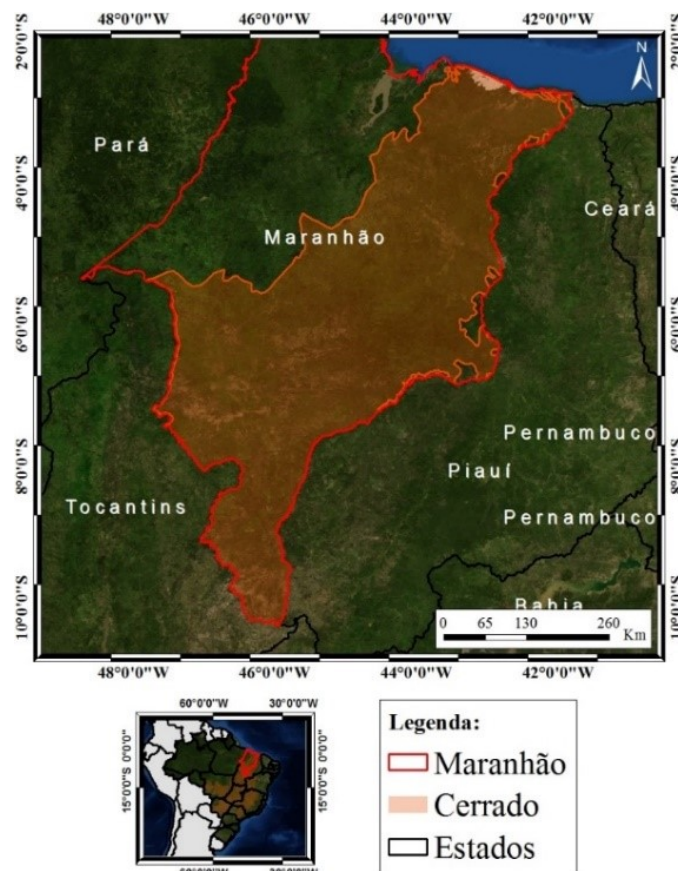


Figura 1: Localização da área de estudo.

A região de Cerrado possui um clima tropical chuvoso, com invernos secos e verões chuvosos, a precipitação média anual é da ordem de 1500 mm, variando de 750 a 2000 mm (RIBEIRO e WALTER, 1998). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C (RIBEIRO e WALTER, 1998).

Segundo Sano et al. (2007) a cobertura vegetal natural do Cerrado no estado do Maranhão é composta por formações florestais, savânicas e campestres. Devido ao desmatamento na região, o estado representa cerca de 20% das áreas antropizadas do Cerrado brasileiro (MMA, 2018). No sul do Cerrado maranhense é observada a maior densidade de atividades antrópicas, principalmente relacionadas à atividades agrícolas, que têm mudado significativamente o uso e a cobertura do solo na região (MINGOTI *et al.*, 2014).

3. Materiais e Métodos

3.1. Conjunto de dados

Para a obtenção dos dados foi considerado o recorte temporal compreendido entre o ano de 2001 ao ano de 2013. Esse recorte foi definido com base na disponibilidade temporal do produto de área queimada utilizado para as análises. Os dados utilizados são apresentados na **Tabela 1**.

Tabela 1: Dados utilizados.

Dados	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Referência
Áreas Queimadas (MCD45A1)	500 metros	2001 a 2013	Roy et al. (2008)
Chuva (TRMM 3B43 7 e 7A)	0,25 graus (27 km)	2001 a 2013	NASA (2016) e Santos et al. (2015)
Chuva, umidade relativa do ar, dias com chuva e temperatura média do ar	---	2001 a 2013	(INMET, 2017)
Mapa de Vegetação PROBIO	---	---	MMA (2014)
Desmatamento (<i>Global Forest Change</i>)	30 metros	2001 a 2013	Hansen et al. (2013)

3.2. Processamento dos dados

Os dados de áreas queimadas (MCD45A1) foram todos reprojatados da projeção Sinusoidal para a projeção WGS84 com sistema de coordenadas latitude e longitude. Os dados TRMM foram também processados, definindo sua projeção em WGS84 com sistema de coordenadas latitude e longitude. Para os dados de desmatamento foi mantida a projeção WGS84 com sistema de coordenadas latitude e longitude. Todos os dados utilizados foram recortados para a extensão do Cerrado.

Para o cálculo das anomalias de queimadas e chuva foi considerada a equação 1, que retorna o desvio em relação à média (2001 a 2013) normalizada pelo desvio padrão para cada ano analisado (ARAGÃO *et al.*, 2007).

$$X_{anomalia} = \frac{X - \left(\frac{\sum(2001 - 2013)}{13} \right)}{\sigma_{2001-2013}} \quad (1)$$

Onde, $X_{anomalia}$ é a anomalia de chuva ou de queimadas para cada ano, X é o valor de chuva (em milímetros) ou queimada (em quilômetros quadrados) do ano avaliado, $\frac{\sum(2001-2013)}{13}$ é a média da série considerada para queimadas ou chuva, e $\sigma_{2001-2013}$ é o desvio padrão da mesma série para chuva ou queimada.

As áreas de recorrências foram identificadas quantificando primeiramente o total anual de áreas queimadas. Posteriormente através da sobreposição do total anual foram identificadas essas áreas, assim como, a quantidade total de recorrências.

3.3. Tabulação dos dados

Os dados processados na etapa anterior foram organizados de forma sistemática em tabelas. Foram também gerados os gráficos e tabelas referentes aos dados quantitativos. Também foram calculadas as médias, desvio padrão, valores máximos e mínimos e número de meses com queimadas. Também foram elaborados os mapas utilizados nas análises.

3.4. Análise dos Dados

A partir dos dados preparados conforme a descrição anterior, foram realizadas as análises conforme descritas abaixo. Foram extraídos dados quantitativos, referentes às áreas totais mensais para as áreas queimadas e chuva. Para a elaboração da curva mensal de chuva e de queimadas foram feitas as médias e elaborados os respectivos desvios padrões. Foi considerado somente os dados TRMM para essa análise. Para as áreas desmatadas foram extraídos os valores totais anuais.

Foram realizadas análises de regressão (foi considerado o nível de significância de 5%) entre as áreas queimadas, chuva, umidade relativa do ar, dias com chuva, temperatura média do ar e desmatamento. Nessa análise foi considerado os dados de chuva provenientes das estações do INMET. Foi feita também a correlação entre as anomalias de chuva (dados TRMM) e anomalia de queimadas.

Devido a limitação da resolução espacial dos dados de queimadas, foi considerada como ocorrência de queimada as áreas maiores ou igual a 0,25 km² (pixels de 500 m por 500 m ou 0,5 por 0,5 km). Foi considerado como início da temporada de queimadas, o primeiro mês com acumulado mensal maior ou igual a 0,25 km², e para o fim o último mês com acumulado maior ou igual a 0,25 km². Por outro lado, foi considerado como estação chuvosa os meses com precipitação superior a 100 mm de chuva acumulada mensal. E para a estação seca os meses com acumulado mensal de chuva inferior a 100 mm. O intervalo de anomalia entre -1 a 1 foi considerado como variação normal. Para os anos secos, foram consideradas as anomalias menores que -1 e para anos úmidos, as anomalias maiores que 1.

4. Resultados

4.1. Padrão sazonal das queimadas e da chuva

As queimadas ocorreram entre os meses de maio a novembro, com pico máximo em setembro (**Figura 2**). Os meses de agosto, setembro e outubro (meses com maior extensão de áreas queimadas) totalizaram em média 77,23% do total de queimadas que ocorreram ao longo do ano. Cerca de 76,92% dos anos tiveram o início da temporada de queimadas em maio. Esse início também ocorreu em janeiro de 2005, em abril nos anos de 2004 e 2010 e em junho de 2009. Cerca de 61,54% dos anos tiveram o fim da temporada de queimadas no mês de novembro. No entanto os anos de 2001 e 2003 tiveram o fim da temporada em outubro, e os anos de 2005, 2006 e 2011 em dezembro.

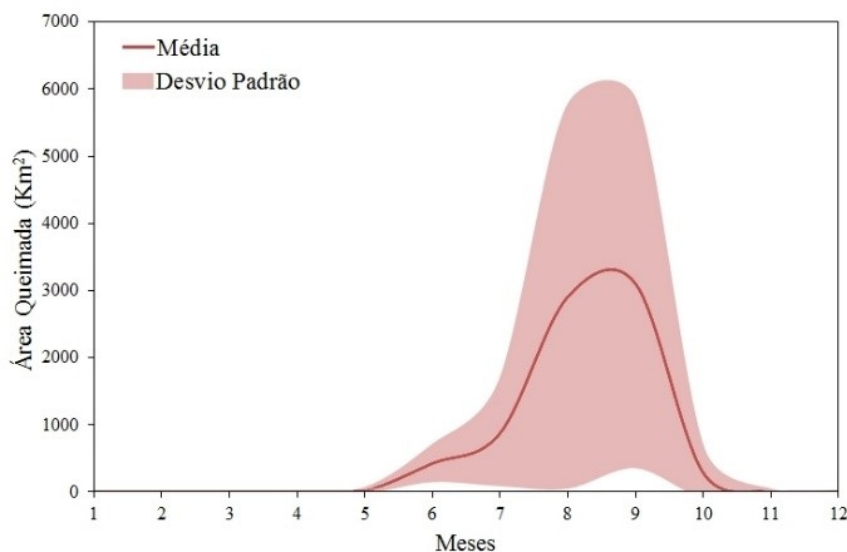


Figura 2: Padrão sazonal das queimadas. A linha vermelha representa a média das áreas queimadas entre 2001 e 2013 e a área em magenta representa o desvio padrão para cada média mensal.

Quanto ao padrão de chuva, a estação chuvosa ocorreu entre os meses de janeiro e maio (tendo iniciado também no mês de dezembro do ano anterior), com pico máximo no mês de março (**Figura 3**). A estação seca começou em geral no mês de junho, seguindo até o mês de novembro com mínima ocorrência de chuva em agosto. Os meses mais chuvosos (fevereiro, março e abril), totalizaram em média, cerca de 50,70% do total de chuva ao longo do ano. Cerca de 84,61% dos meses de início da estação chuvosa ocorreram em janeiro. Ocorrendo também em fevereiro de 2006 e 2007. O fim da estação chuvosa no mês de maio totalizou cerca de 46,15% dos anos analisados. O término também ocorreu em junho nos anos de 2002, 2003, 2005, 2006, 2008, 2009 e 2011. Dos picos de chuva cerca de 23,08% ocorreram em março. Outros 23,08% em janeiro, 30,77% em fevereiro e 23,08% em abril.

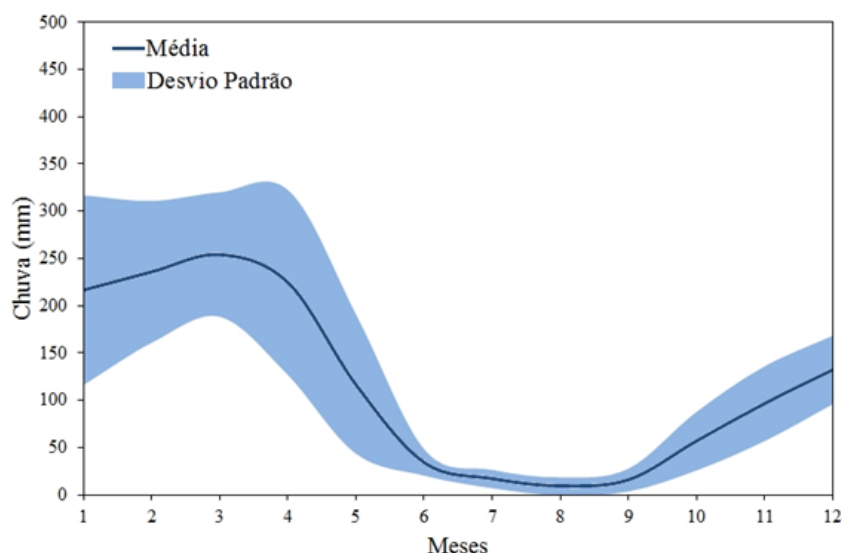


Figura 3: Padrão sazonal da chuva. A linha azul representa a média das chuvas entre 2001 e 2013 e a área em azul representa o desvio padrão para cada média mensal.

4.2. Queimadas e fatores climáticos

Foi observado uma relação exponencial entre quantidade de chuva mensal acumulada e as áreas queimadas (**Figura 4A**). Nessa relação foi encontrado um limiar de chuva de aproximadamente 100 mm que define o aumento da ocorrência das queimadas. Em valores acumulados menores que 100 mm de chuva as áreas queimadas tendem a crescer.

Acima de 5 dias seguidos de chuva foi observada uma queda considerável na ocorrência de queimadas (**Figura 4B**), totalizando apenas 4,41% das áreas queimadas totais para o intervalo entre 6 a 31 dias de chuva. Entre 0 e 5 dias consecutivos de chuva foram observados cerca de 95,59% das ocorrências de queimadas. Assim as áreas queimadas crescem de forma considerável para valores menores que 5 dias consecutivos com chuva.

Valores de umidade relativa do ar entre 0 a 50% associados a queimadas não foram observados. Cerca de 63,04% das queimadas ocorreram entre 50 a 60% de umidade, seguido de 33,51% para o intervalo de 60 a 70% (**Figura 4C**). Assim para valores de umidade relativa inferior a 70% as queimadas tendem a aumentar, enquanto para valores maiores de umidade as queimadas tendem a diminuir.

Cerca de 92,41% das queimadas ocorreram entre 34 e 38°C de temperatura média do ar (46,03% entre 34 a 36°C e 46,37% entre 36 a 38°C) (**Figura 4D**). A partir de 34°C de temperatura média as queimadas aumentaram significativamente.

4.3. Efeito das secas

Analisando as anomalias de chuva foram observados anos secos em 2007 e 2012. Sendo a maior anomalia de chuva observada no ano de 2012 que influenciou nesse mesmo ano a maior anomalia positiva de queimada observada (**Figura 5A**). A relação linear entre as anomalias de chuva e queimadas mostrou que em geral quando ocorreram anomalias negativas de chuva as anomalias de queimadas responderam positivamente (**Figura 5B**). Ou seja, quando da ocorrência de anos com déficit de chuva em relação à média histórica, a tendência é que a extensão das áreas queimadas aumente.

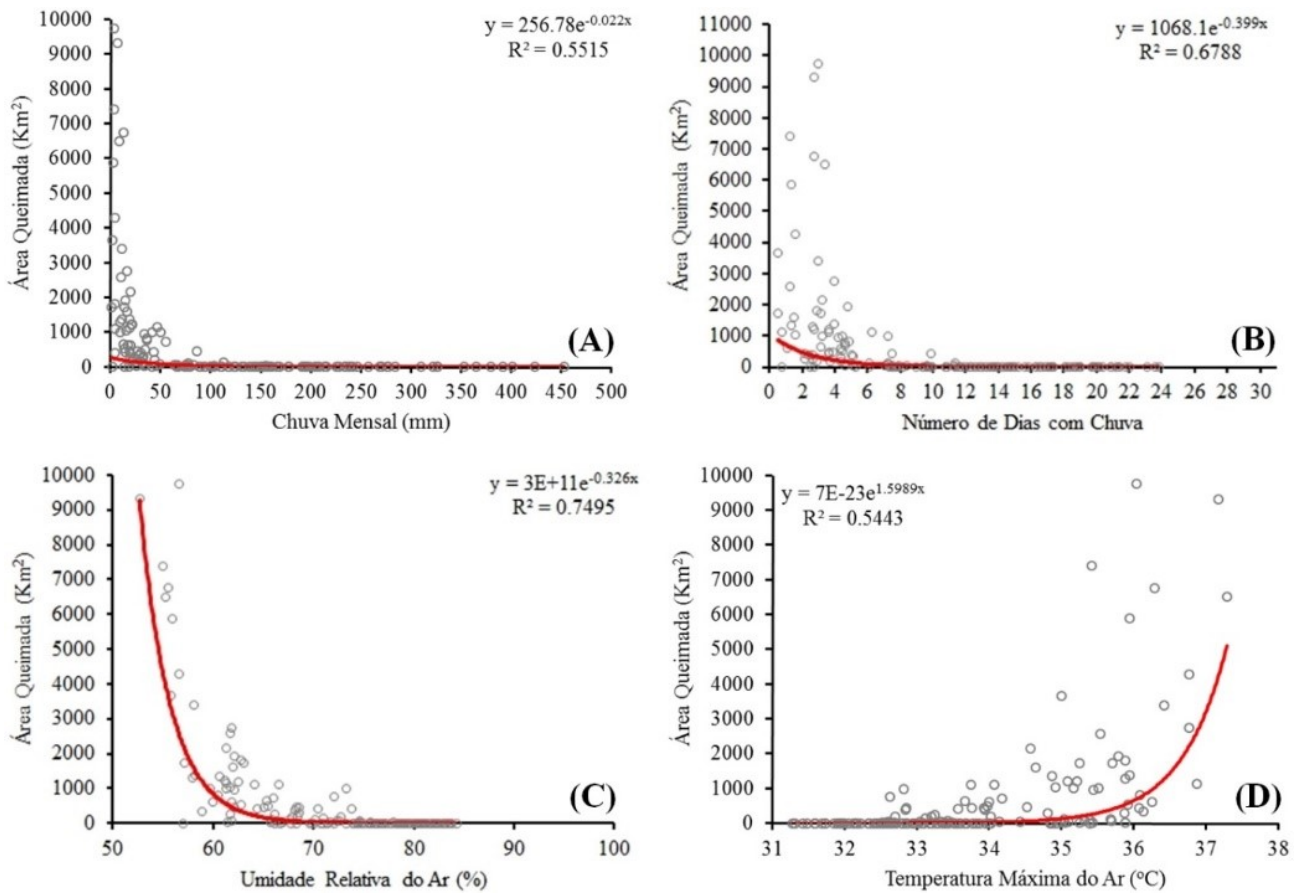


Figura 4: (A) Regressão entre queimadas e acumulado mensal de chuva. (B) Regressão entre queimadas e número de dias com chuva (dado mensal). (C) Regressão entre queimadas e umidade relativa do ar (dado mensal). (D) Regressão entre queimadas e temperatura máxima (dado mensal). Para as quatro análises foi obtido um p-valor < 0,05.

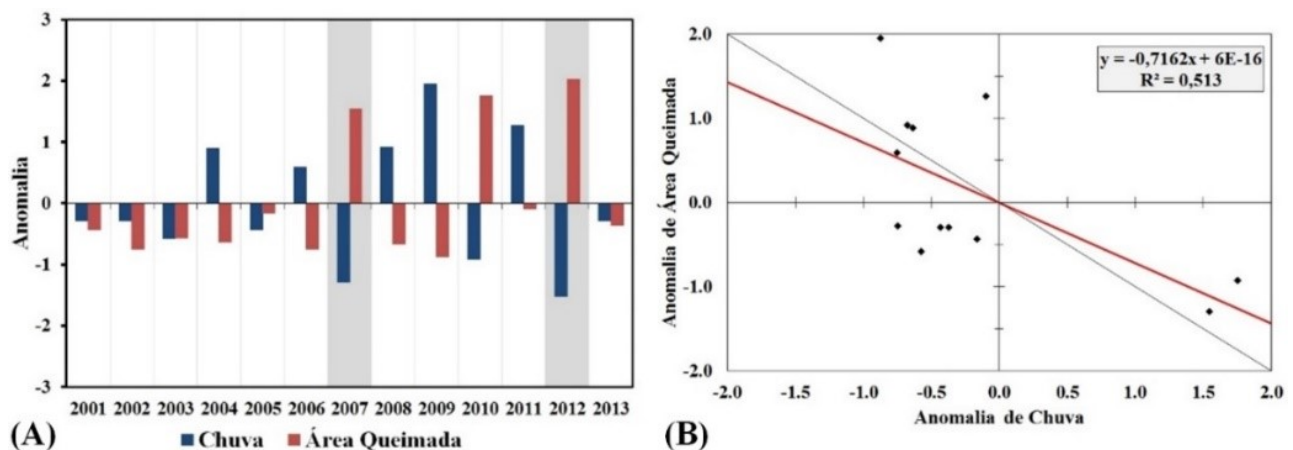


Figura 5: (A) Anomalias de queimadas e de chuva (destacado em cinza os anos secos). (B) Regressão entre as anomalias de queimadas e de chuva extraídas da Figura 5A (p-valor < 0,05; a linha cinza representa a reta 1 por 1 e a vermelha a reta da regressão).

4.4. Recorrência de queimadas

Todas as áreas com recorrências com mais de 5 vezes estão localizadas na região de Cerrado, sendo que o máximo quantificado foi de 12 recorrências (**Figura 6A**). O intervalo entre 1 e 5 recorrências de queimadas, totalizaram cerca de 97,79% das ocorrências, e entre 6 e 12 recorrências somam os outros 2,20%. (**Figura 6B**).

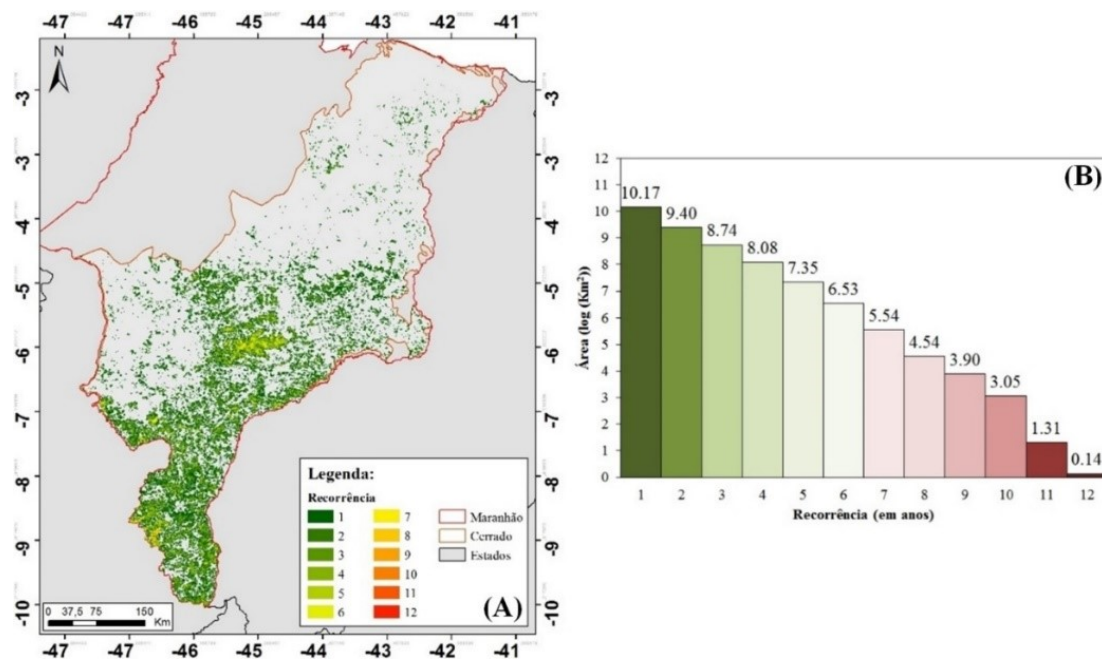


Figura 6: (A) Distribuição espacial das recorrências das queimadas. (B) Distribuição do total das áreas de recorrência (uma transformação em log foi aplicada para melhorar a visualização dos dados no gráfico).

Levando em consideração o intervalo temporal adotado, foi quantificado um total de 50.345,10 km² (23,33% da área total do Cerrado maranhense) de áreas que já foram atingidas pelo fogo, enquanto outros 165.444,502 km² podem ser considerados como áreas pristinas (76,67% da área total), que ainda não foram degradadas por esse agente.

A vegetação é um importante determinante na ocorrência de queimadas, e na sua recorrência. Foi observado que as formações savânicas (Savana Arborizada, Savana Florestada, Savana Gramíneo Lenhosa e Savana Parque), apresentam respectivamente um máximo de recorrências de 11, 10, 6, 12 (**Figura 7**). Essas mesmas formações totalizaram cerca de 73,90% das recorrências entre 1 a 6 vezes, e 97,72% das recorrências entre 7 a 12 vezes. Foram observadas áreas de até 8 recorrências em regiões de cultura agrícola. O que revela a utilização do fogo na agricultura ao longo dos anos. A área de vegetação secundária, apresentaram recorrências de até 9 vezes (**Figura 7**).

De todas as formações de vegetação, as áreas de Savana Parque, apresentaram recorrências de até 12 vezes, sendo que essas áreas totalizam 21,20% de todas as queimadas ocorridas. A Savana arborizada apresentou a maior média anual de áreas atingidas pelo fogo totalizando 38,67%, com áreas com até 11 recorrências.

4.5. Relação com desmatamento

Em relação à influência do desmatamento na ocorrência de queimadas, a correlação entre todos os anos é fraca, apresentando alta dispersão nos dados e tendência de aumento nas queimadas (**Figura 8**).

Quando considerados somente os anos com anomalias negativas de chuva, a correlação é um pouco maior ($R^2 = 0,166$), também com tendência positiva de aumento de queimadas em função do desmatamento, mostrando que as queimadas aumentam à medida que aumenta o desmatamento em anos mais secos. Nos anos chuvosos, essa correlação diminui consideravelmente ($R^2 = 0,019$), com tendência negativa na ocorrência de queimadas, onde diminuem em função do crescimento das áreas desmatadas.

5. Discussão

No Cerrado maranhense para cada quilometro de extensão territorial foi observado cerca de 0,23 km² de área queimada. Esse fato evidencia que uma grande proporção de áreas naturais é acometida pelo fogo.

As queimadas foram moduladas principalmente pela ocorrência de chuva. Foram observados em média 6 meses para a estação chuvosa e 6 meses para a estação seca. No período de estiagem a vegetação ficou mais vulnerável à ocorrência de queimadas, devido ao déficit hídrico da vegetação. Esse padrão pode ser influenciado pelas alterações nos padrões de chuva (ocorrência de secas, por exemplo), facilitando assim o aumento da ocorrência de queimadas em meses onde normalmente estas não ocorrem. O padrão de modulação das queimadas pela chuva já foi descrita

para o estado do Maranhão em escala global (FREIRE *et al.*, 2015; SILVA JUNIOR *et al.*, 2015) e localmente no Parque Estadual do Mirador localizado em uma região de Cerrado (CALDAS *et al.*, 2014).

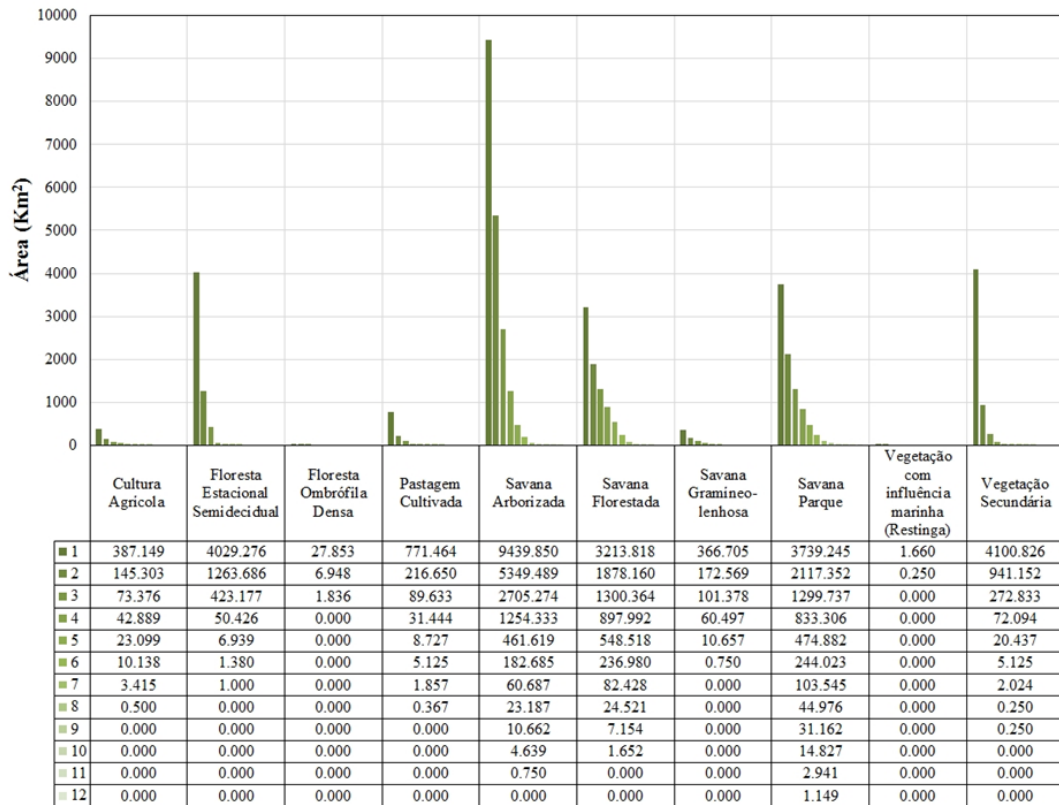


Figura 7: Distribuição das recorrências de queimadas por formação vegetal. Os números na tabela representam a área total de cada recorrência por tipo de formação vegetal.

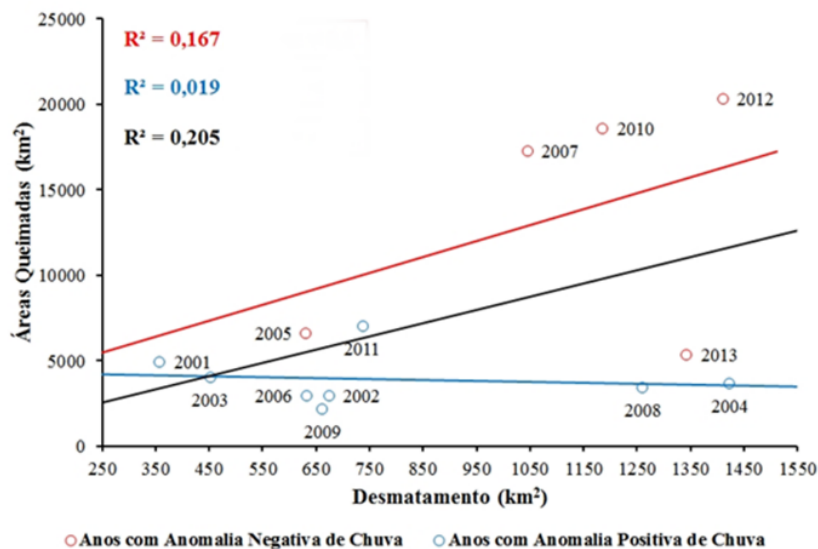


Figura 8: Regressão entre queimadas e áreas desmatada. Em preto todos os anos, em vermelho anos com anomalia negativa de chuva e em azul os anos com anomalia positiva de chuva. Em todas as análises foi obtido um p-valor > 0,05 (relação não significativa).

Foi observado que as anomalias positivas de queimadas ocorrem principalmente em anos com anomalias negativas de chuva (anos mais secos). Esse padrão observado já foi descrito para a região da Amazônia (ARAGÃO *et al.*, 2007, 2018) e para a região da Baixada Maranhense (SILVA JUNIOR *et al.*, 2016). Este fato é crítico, visto que no estado do Maranhão foi observada uma tendência de ocorrência de chuva abaixo da média nos últimos 10 anos (SILVA *et al.*, 2014), ocasionando tendência de redução das chuvas na região (SILVA *et al.*, 2016). Isso demonstra a sensibilidade do Cerrado à ocorrência de fogo em anos mais secos.

Foram observados dois anos de seca extrema, uma em 2007 e outra em 2012 (PEREIRA *et al.*, 2014), sendo essa última a mais significativa com a maior resposta positiva de anomalia de queimadas. Assim o ano de 2012 apresentou a maior área anual queimada, com um total de 1.691,81 km². Esse fenômeno ocorre principalmente pela intensificação do déficit hídrico na vegetação em anos de seca. Outro impacto observado nos anos de seca é o aumento do número de meses com queimadas. No ano de 2005 que apresentou anomalia negativa de chuva, ocorreram 9 meses com queimada.

As queimadas tendem a ocorrer em valores mensais de precipitação acumulados abaixo de 100 mm, meses com acumulado abaixo de 5 dias com chuva, umidade relativa do ar menor que 70% e temperatura média do ar maior que 34°C. Na existência combinada desses fatores a probabilidade de combustão do material disponível aumenta consideravelmente, quando fontes de ignição estão disponíveis. Com o acumulado mensal de chuva abaixo de 100 mm, a vegetação entra em déficit hídrico, que causa o ressecamento dos tecidos da vegetação, e aceleração da senescência e abscisão das folhas, o que causa um aumento de biomassa disponível no solo (SANTOS e CARLESSO, 1998). Os dias de chuva acumulados no mês determinam a umidade da biomassa no solo, o que define a maior ou menor inflamabilidade. A umidade e temperatura do ar define a ocorrência de combustão no material disponível. A ocorrência conjunta de temperaturas elevadas e baixa umidade do ar aumenta a probabilidade de ocorrência de fogo.

Assim, a ocorrência de secas pode acarretar mudança nos padrões de ocorrência de fogo nessa região do Maranhão. Esse fenômeno natural é complexo e provoca graves consequências ambientais, sociais e econômicas (JI e PETERS, 2003), que afeta a disponibilidade hídrica, a morte de árvores e consequente diminuição de absorção de carbono nos ecossistemas (BRIENEN *et al.*, 2015), e principalmente o aumento da vulnerabilidade da vegetação à ocorrência de queimadas (ANDERSON, 2012; ARAGÃO *et al.*, 2014).

A ocorrência de recorrências de queimadas, é uma característica desse bioma, tendo sido observada recentemente na Reserva Natural Particular da Serra do Tombador no município de Cavalcante - GO, onde foram identificadas áreas de até 10 anos de recorrência (DALDEGAN *et al.*, 2014). Nessas áreas, existem várias espécies vegetais que apresentam adaptações ao fogo, além da necessidade deste para a reprodução, como a quebra da dormência de suas sementes, por exemplo (EITEN, 1972; MISTRY, 1998; OLIVEIRA e MARQUIS, 2002; SILVA, 2005; KLINK e MACHADO, 2005; LEAL *et al.*, 2011; ARANTES *et al.*, 2012).

Estas áreas com alta quantidade de recorrências, é uma característica típica do Cerrado, onde existe a queimam periódica de forma natural, e ocorre em ecossistemas dependentes do fogo (MYERS, 2006; MIRANDA *et al.*, 2009). Pode-se apontar também a hipótese das áreas de cultivo extensivo, principalmente ligado ao cultivo da cana-de-açúcar, que utiliza a queima para facilitar a colheita manual, o que influencia as áreas de recorrência. Um a vez que foram identificadas áreas com até 8 recorrências em culturas agrícolas.

Essas recorrências são influenciadas também pela presença de gramíneas nas formações florestais do tipo Savana. Onde, na estação seca, ocorre o aumento do material combustível disponível, e é o principal fator das grandes áreas atingidas pelo fogo nessa formação de vegetal. Como a recuperação da biomassa é bem rápida (sendo recuperada quase em sua totalidade no ano seguinte), que ocorre logo após o início da estação chuvosa, o fogo ocorre periodicamente devido a disponibilidade de biomassa das gramíneas em todos os anos. Na Amazônia, por exemplo, foi reportado que a presença de gramíneas, aumenta de forma considerável a inflamabilidade em áreas de floresta (BRANDO *et al.*, 2014).

Nas áreas de Savana Arborizada Perfazendo (38,80% das áreas queimadas), que podem ser natural ou antrópica (resultado de degradação), apresenta uma fisionomia nanofanerofítica rala e outra de aspecto graminóide, essa última extremamente sensível à ocorrência de fogo (IBGE, 2012).

As Florestas Estacionais Semidecidual (conhecida também por “mata seca”) que ocorrem geralmente em ambientes menos úmidos, e apresentam uma razoável perda de folhas no período da estação seca (ARAÚJO FILHO, 2015). Essa característica causa o aumento de biomassa disponível para combustão o que explica as áreas de até 7 recorrências.

Quanto a influência das áreas desmatadas na ocorrência das queimadas, essa relação é bem fraca, aumentando um pouco quando considerado os anos de seca. Essa menor contribuição do desmatamento para a ocorrência de queimadas é decorrente do regime natural de ocorrência de fogo e queimadas relacionadas com a ação antrópica não

ligadas ao desmatamento na região. Essa região é uma fronteira consolidada onde a manutenção de pastagens e outras culturas também pode ser um precursor de queimadas (COUTINHO, 1977; KAUFMAN *et al.*, 1990; MISTRY, 1998; PIVELLO, 2011, PEREIRA JÚNIOR *et al.*, 2014).

6. Considerações Finais

A região de Cerrado do estado do Maranhão constitui-se de uma área de grande diversidade biológica e importância econômica para a sociedade. Nessa região o fogo é um importante agente de transformação da cobertura da terra. Que traz consigo o aumento da emissão de gases do efeito estufa, perda da biodiversidade, e impacto na saúde da população. Sendo resultado das atividades antrópicas.

Por ser uma área dependente da sazonalidade do regime de chuva, esse ambiente se torna vulnerável à ocorrência de secas que podem acarretar em impactos socioambientais. Os meses de agosto e setembro são os mais críticos em ocorrências de queimadas, por serem os meses mais secos do ano, e a vegetação está mais suscetível a ocorrência de queimada. Assim, nesse período a probabilidade de ocorrência de queimada em bem maior em comparação aos outros meses. As queimadas nessa região do Maranhão são influenciadas diretamente pela quantidade de chuva mensal, dias seguidos de chuva, umidade e temperatura do ar.

Concluímos ainda que, diferente do observado em áreas de floresta na Amazônia brasileira, as queimadas no Cerrado do estado do Maranhão não estão associadas a ocorrência de desmatamento. Foi identificado que o fogo está ligado a ocorrências naturais típicas desse ambiente e a existência de culturas agrícolas, que em muitas propriedades ainda usam o fogo como ferramenta de preparo e para a colheita. As formações savânicas se configuraram como o tipo vegetacional mais suscetível ao fogo nessa área do estado do Maranhão.

REFERÊNCIAS

- ABREU, R. C. R.; HOFFMANN, W. A.; VASCONCELOS, H. L.; PILON, N. A.; ROSSATTO, D. R.; DURIGAN, G. The biodiversity cost of carbon sequestration in tropical savanna. *Science Advances*, v. 3, n. 8, p. e1701284, 2017. Disponível em: <<http://advances.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/sciadv.1701284>>.
- ALHO, C. J. R.; MARTINS, E. S. **De Grão em Grão, o Cerrado Perde Espaço (Cerrado - Impactos do Processo de Ocupação)**. Brasília: WWF- Fundo Mundial para a Natureza, 1995.
- ANDERSON, L. O. Biome-scale forest properties in Amazonia based on field and satellite observations. *Remote Sensing*, v. 4, n. 5, p. 1245–1271, 4 maio 2012. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/4/5/1245/>>. Acesso em: 14 jul. 2014.
- ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. e C. de; LIMA, A. de; SHIMABUKURO, Y. E. Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS/TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira. *Acta Amazonica*, v. 35, n. 4, p. 445–456, dez. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672005000400009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 13 set. 2014.
- ARAGÃO, L. E. O. C.; ANDERSON, L. O.; FONSECA, M. G.; ROSAN, T. M.; VEDOVATO, L. B.; WAGNER, F. H.; SILVA, C. V. J.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; ARAI, E.; AGUIAR, A. P.; BARLOW, J.; BERENQUER, E.; DEETER, M. N.; DOMINGUES, L. G.; GATTI, L.; GLOOR, M.; MALHI, Y.; MARENCO, J. A.; MILLER, J. B.; PHILLIPS, O. L.; SAATCHI, S. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature Communications*, v. 9, n. 1, p. 536, 13 dez. 2018. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41467-017-02771-y>>.
- ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; ROMAN-CUESTA, R. M.; SAATCHI, S.; ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. *Geophysical Research Letters*, v. 34, n. 7, p. L07701, 3 abr. 2007. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/2006GL028946>>. Acesso em: 18 ago. 2014.
- ARAGÃO, L. E. O. C.; POULTER, B.; BARLOW, J. B.; ANDERSON, L. O.; MALHI, Y.; SAATCHI, S.; PHILLIPS, O. L.; GLOOR, E. Environmental change and the carbon balance of Amazonian forests. *Biological Reviews*, v. 89, n. 4, p. 913–931, 20 nov. 2014. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/brv.12088>>. Acesso em: 5 out. 2014.
- ARANTES, A. E.; FERREIRA, L. G.; ARAUJO, F. M.; ARAÚJO, F. M. Burnings in the Brazilian Savanna: A preliminary analysis on key biophysical drivers using MODIS and TRMM data. In: *Geoscience and Remote Sensing*

Symposium (IGARSS), 2012 IEEE International, Munich. **Anais...** Munich: IEEE, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/IGARSS.2012.6352757>>.

ARAÚJO FILHO, J. C. de. **Floresta Estacional Semidecidual**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7l02wx7ha087apz2x2zjco4.html>. Acesso em: 23 jan. 2015.

BITENCOURT, M. D.; MESQUITA JUNIOR, H. N.; MANTOVANI, W.; BATALHA, M. A.; PIVELLO, V. R. Identificação de fisionomias de cerrado com imagem índice de vegetação. In: LEITE, L. L.; SAITO, C. H. (Ed.). **Contribuição ao Conhecimento Ecológico do Cerrado**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1997. p. 316–320.

BRANDO, P. M.; BALCH, J. K.; NEPSTAD, D. C.; MORTON, D. C.; PUTZ, F. E.; COE, M. T.; SILVERIO, D.; MACEDO, M. N.; DAVIDSON, E. a; NOBREGA, C. C.; ALENCAR, A.; SOARES-FILHO, B. S. Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought-fire interactions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 17, p. 6347–6352, 29 abr. 2014. Disponível em: <<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1305499111>>.

BRIENEN, R. J. W.; PHILLIPS, O. L.; FELDPAUSCH, T. R.; GLOOR, E.; BAKER, T. R.; LLOYD, J.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; MONTEAGUDO-MENDOZA, A.; MALHI, Y.; LEWIS, S. L.; VÁSQUEZ MARTINEZ, R.; ALEXIADES, M.; ÁLVAREZ DÁVILA, E.; ALVAREZ-LOAYZA, P.; ANDRADE, A.; ARAGÃO, L. E. O. C.; ARAUJO-MURAKAMI, A.; ARETS, E. J. M. M.; ARROYO, L.; AYMARD C., G. A.; BÁNKI, O. S.; BARALOTO, C.; BARROSO, J.; BONAL, D.; BOOT, R. G. A.; CAMARGO, J. L. C.; CASTILHO, C. V.; CHAMA, V.; CHAO, K. J.; CHAVE, J.; COMISKEY, J. A.; CORNEJO VALVERDE, F.; DA COSTA, L.; DE OLIVEIRA, E. A.; DI FIORE, A.; ERWIN, T. L.; FAUSET, S.; FORSTHOFER, M.; GALBRAITH, D. R.; GRAHAME, E. S.; GROOT, N.; HÉRAULT, B.; HIGUCHI, N.; HONORIO CORONADO, E. N.; KEELING, H.; KILLEEN, T. J.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S.; LICONA, J.; MAGNUSSEN, W. E.; MARIMON, B. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; MENDOZA, C.; NEILL, D. A.; NOGUEIRA, E. M.; NÚÑEZ, P.; PALLQUI CAMACHO, N. C.; PARADA, A.; PARDO-MOLINA, G.; PEACOCK, J.; PEÑA-CLAROS, M.; PICKAVANCE, G. C.; PITMAN, N. C. A.; POORTER, L.; PRIETO, A.; QUESADA, C. A.; RAMÍREZ, F.; RAMÍREZ-ANGULO, H.; RESTREPO, Z.; ROOPSIND, A.; RUDAS, A.; SALOMÃO, R. P.; SCHWARZ, M.; SILVA, N.; SILVA-ESPEJO, J. E.; SILVEIRA, M.; STROPP, J.; TALBOT, J.; TER STEEGE, H.; TERAN-AGUILAR, J.; TERBORGH, J.; THOMAS-CAESAR, R.; TOLEDO, M.; TORELLO-RAVENTOS, M.; UMETSU, R. K.; VAN DER HEIJDEN, G. M. F.; VAN DER HOUT, P.; GUIMARÃES VIEIRA, I. C.; VIEIRA, S. A.; VILANOVA, E.; VOS, V. A.; ZAGT, R. J. Long-term decline of the Amazon carbon sink. **Nature**, v. 519, n. 7543, p. 344–348, 18 mar. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/nature14283>>.

CALDAS, J. M.; SILVA, F. B.; SILVA JUNIOR, C. H. L. Análise de focos de queimadas no Parque Estadual do Mirador utilizando um Sistema de Informação Geográfica – SIG, Estado do Maranhão, Brasil. (COPEC, Ed.) In: Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress, Cubatão. **Anais...** Cubatão: COPEC, 2014. Disponível em: <<http://proceedings.copec.org.br/index.php/shewc/article/view/2378>>.

COCHRANE, M. A.; SCHULZE, M. D. Fire as a Recurrent Event in Tropical Forests of the Eastern Amazon: Effects on Forest Structure, Biomass, and Species Composition1. **Biotropica**, v. 31, n. 1, p. 2–16, mar. 1999. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1744-7429.1999.tb00112.x>>.

COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no Cerrado. II - As queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo-subarbustivo. **Bol. Botânica**, v. 5, p. 57–64, 1977.

DALDEGAN, G. A.; ABÍLIO, O.; JÚNIOR, D. C.; GUIMARÃES, R. F.; ARNALDO, R.; GOMES, T.; RIBEIRO, F. D. F.; MCMANUS, C. Spatial Patterns of Fire Recurrence Using Remote Sensing and GIS in the Brazilian Savanna: Serra do Tombador Nature Reserve, Brazil. **Remote Sensing**, v. 6, p. 9873–9894, 2014.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, v. 38, n. 2, p. 201–341, 1972.

FREIRE, A. T. G.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. e C. de; SILVA, F. B.; MENDES, J. J. A zona de transição entre a Amazônia e o Cerrado no estado do Maranhão. Parte I: Caracterização preliminar dos dados focos de queimadas (produto MODIS MCD14ML). In: XVII Simpósio Brasileiro de SensoriamentoSimpósio Brasileiro de Sensoriamento, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015.

GERUDE, R. G. Focos de queimadas em áreas protegidas do Maranhão entre 2008 e 2012. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013.

HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. a; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover

- Change. **Science**, v. 342, n. 6160, p. 850–853, 15 nov. 2013. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24233722>>. Acesso em: 9 jul. 2014.
- IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Biomas e de Vegetação**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 22 mar. 2015.
- INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em: 23 abr. 2017.
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Summary for Policymakers. In: EDENHOFER, O.; PICHES-MADRUGA, R.; SOKONA, Y.; FARAHANI, E.; KADNER, S.; SEYBOTH, K.; ADLER, A.; BAUM, I.; BRUNNER, S.; EICKEMEIER, P.; KRIEMANN, B.; SAVOLAINEN, J.; SCHLÖMER, S.; STECHOW, C. VON; ZWICKEL, T.; MINX, J. C. (Ed.). **Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change: Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge e New York: Cambridge University Press, 2014. p. 31.
- Ji, L.; PETERS, A. J. Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 1, p. 85–98, set. 2003. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425703001743>>.
- KAUFMAN, Y. J.; SETZER, A.; JUSTICE, C.; TUCKER, C. J.; PEREIRA, M. C.; FUNG, I. Remote Sensing of Biomass Burning in the Tropics. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.). **Fire in the Tropical Biota: Ecosystem Processes and Global Challenges**. Ecological Studies. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1990. 84p. 371–399.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 148–155, 2005.
- LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. **Ecologia e conservação da caatinga**. 2. ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005.
- MARANHÃO. **Plano estadual de prevenção e controle do desmatamento e queimadas do Maranhão: Produto 2**. São Luís: Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA, 2011.
- MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora vascular do Cerrado. In: Cerrado: ambiente e flora, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa Cerrados, 1998.
- MINGOTI, R.; BRASCO, M. A.; HOLLER, W. A.; LOVISI FILHO, E.; SPADOTTO, C. A. Matopiba: caracterização das áreas com grande produção de culturas anuais. **Embrapa Gestão Territorial - Nota Técnica/Nota Científica**, 2014. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/991059/1/20140721NotaTecnica6.pdf>>.
- MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; NETO, W. N.; AIRES, F. S. Fires in the cerrado, the Brazilian savanna. In: COCHRANE, M. A. (Ed.). **Tropical Fire Ecology**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. p. 427–450.
- MISTRY, J. Fire in the cerrado (savannas) of Brazil: an ecological review. **Progress in Physical Geography**, v. 22, n. 4, p. 425–448, 1 out. 1998. Disponível em: <<http://ppg.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/030913339802200401>>. Acesso em: 15 jul. 2014.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Análises no Cerrado**. Disponível em: <<http://combateadesmatamento.mma.gov.br/analises-no-cerrado>>. Acesso em: 1 jan. 2018.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mapa de Vegetação - Cerrado - PROBIO**. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm>>. Acesso em: 22 jun. 2014.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 24 fev. 2000. Disponível em: <<http://www.nature.com/doi/10.1038/35002501>>.
- MYERS, R. L. **Convivendo com o Fogo: Manutenção dos Ecossistemas & Subsistência com o Manejo Integrado do Fogo**. Tallahassee: The Nature Conservancy, 2006.
- NASA. **The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)**. Disponível em: <<http://trmm.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: 1 jan. 2016.

NUMATA, I.; SILVA, S. S.; COCHRANE, M. A.; D'OLIVEIRA, M. V. Fire and edge effects in a fragmented tropical forest landscape in the southwestern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 401, p. 135–146, out. 2017. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378112717305790>>.

OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (ed.). **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press, 2002.

PEREIRA, M. P. S.; JUSTINO, F.; MALHADO, A. C. M.; BARBOSA, H.; MARENGO, J. The influence of oceanic basins on drought and ecosystem dynamics in Northeast Brazil. **Environmental Research Letters**, v. 9, n. 12, p. 124013, 1 dez. 2014. Disponível em: <<http://stacks.iop.org/1748-9326/9/i=12/a=124013?key=crossref.dbf53dfcc3156527f9c028e28e363ce7>>.

PEREIRA JÚNIOR, A. C.; OLIVEIRA, S. L. J.; PEREIRA, J. M. C.; TURKMAN, M. A. A. Modelling fire frequency in a Cerrado savanna protected area. **PloS one**, v. 9, n. 7, p. e102380, jan. 2014. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4108356&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>. Acesso em: 21 set. 2014.

PIROMAL, R. A. S.; RIVERA-LOMBARDI, R. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGGIO, A. R.; KRUG, T. Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 1, p. 77–84, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672008000100009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 13 set. 2014.

PIVELLO, V. R. The Use of Fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: Past and Present. **Fire Ecology**, v. 7, n. 1, p. 24–39, abr. 2011. Disponível em: <<http://fireecologyjournal.org/journal/abstract/?abstract=113>>. Acesso em: 8 ago. 2014.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil: Maranhão**. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_uf/maranhao>. Acesso em: 22 jun. 2015.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. DE (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89–166.

ROY, D. P.; BOSCHETTI, L.; JUSTICE, C. O.; JU, J. The collection 5 MODIS burned area product — Global evaluation by comparison with the MODIS active fire product. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 9, p. 3690–3707, set. 2008. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425708001752>>. Acesso em: 9 jul. 2014.

SANO, E. E.; ROSA, R.; LUÍS, J.; LAERTE, S. B.; FERREIRA, G. Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado: estratégias e resultados. **EMBRAPA Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 205, p. 60, 2007.

SANTOS, J. R. N.; SILVA, F. B.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; ARAÚJO, M. L. S. de. Precisão dos dados do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) na região de transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. DÉFICIT HÍDRICO E OS PROCESSOS MORFOLÓGICO E FISIOLÓGICO DAS PLANTAS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287–294, dez. 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43661998000300287&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>.

SILVA, F. B.; SANTOS, J. R. N.; FEITOSA, F. E. C. S.; SILVA, I. D. C.; ARAÚJO, M. L. S. de; GUTERRES, C. E.; SANTOS, J. S. dos; RIBEIRO, C. V.; BEZERRA, D. da S.; NERES, R. L. Evidências de Mudanças Climáticas na Região de Transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 3, p. 330–336, set. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862016000700330&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>.

SILVA, F.; SANTOS, J.; ARAÚJO, M.; SILVA JUNIOR, C. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DO MARANHÃO NO PERÍODO DE 2003 A 2012. In: XIV Safety, Health and Environment World Congress, Cubatão. **Anais...** Cubatão: COPEC, 23 jul. 2014. Disponível em: <<http://proceedings.copec.org.br/index.php/shewc/article/view/2375>>.

SILVA JUNIOR, C. H. L.; FREIRE, A. T. G.; ANDERSON, L. O.; SILVA, F. B.; MENDES, J. J.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. E. C. De; SILVA, F. B.; MENDES, J. J. A zona de transição entre a Amazônia e o Cerrado no estado do Maranhão. Parte II: Caracterização preliminar dos dados de área queimada (Produto MODIS MCD45A1). In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Simpósio Brasileiro de Sensoriamento, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015.

SILVA JUNIOR, C. H. L.; FREIRE, A. T. G.; RODRIGUES, T. C. S.; VIEGAS, J. C.; BEZERRA, D. S. Dinâmica das Queimadas na Baixada Maranhense. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 2, n. 5, p. 355–375, 1 set. 2016. Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/1933-inter-espaco/v02n05/20077-dinamica-das-queimadas-na-baixada-maranhense.html>>.

SMITH, L. T.; ARAGÃO, L. E. O. C.; SABEL, C. E.; NAKAYA, T. Drought impacts on children's respiratory health in the Brazilian Amazon. **Scientific reports**, v. 4, p. 3726, jan. 2014. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3893650&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>. Acesso em: 13 set. 2014.