



**A Influência de Eventos El Niño e La Niña na Avaliação
dos Riscos de Ocorrência de Incêndios no Pará**
The Influence of El Niño and La Niña Events
in the Evaluation of the Fire Risk in Pará

Gustavo Corrêa Nascimento & Mônica Carneiro Alves Senna

*Universidade Federal Fluminense, Instituto de Geociências, Departamento de Análise Geoambiental,
Avenida Gal. Milton Tavares de Souza s/nº, 24210-346, Niterói, RJ, Brasil*

E-mails: gustavocn.laser@gmail.com; monicasenna@id.uff.br

Recebido em: 12/06/2019 Aprovado em: 01/04/2020

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2020_4_189_201

Resumo

A atividade agrícola frequentemente utiliza o fogo para o manejo de terras, porém, muitas vezes, a utilização do fogo e a perda de seu controle pode acarretar a ocorrência de incêndios florestais. Sabendo que a ocorrência desses incêndios está fortemente relacionada com os fatores meteorológicos, este trabalho tem por objetivo compreender como eventos El Niño e La Niña podem influenciar o risco de ocorrência de incêndios no Pará, na Região Norte do Brasil. Para isso, utilizou-se a Fórmula de Monte Alegre para o cálculo de risco de fogo na região durante o El Niño de 2015/2016, a La Niña de 2011/2012 e um período neutro, de 2013/2014. O índice de risco meteorológico de incêndio calculado foi comparado com o total mensal de focos de calor na região, disponibilizado pelo INPE. Nos três períodos analisados, os meses de agosto a dezembro foram os mais propícios à ocorrência de incêndios, por serem meses com pouca precipitação. Observou-se um maior risco de incêndio para o ano de El Niño, se comparado ao ano neutro, devido à diminuição da precipitação e umidade relativa no local, corroborado pelo maior número de focos de incêndio, principalmente entre os meses de junho a dezembro. Um alto risco de fogo encontrado para o período de La Niña, também entre junho e dezembro, ocorreu devido a um fenômeno chamado La Niña Modoki, porém o menor número de focos de incêndio durante esse período demonstrou a influência antrópica variável na ocorrência de queimadas, provavelmente influenciada pelo cenário econômico da época.

Palavras-chave: *ENOS; Fórmula de Monte Alegre; focos de calor*

Abstract

Agricultural activity often uses fire for land management, but many times the use of fire and loss of control can lead to forest fires. Knowing that the occurrence of these fires is strongly related to the meteorological factors, this work aims to understand how El Niño and La Niña events can influence the risk of fires in Pará, in the Northern Region of Brazil. For this, the Monte Alegre Formula was used to calculate the fire risk in the region during the 2015/2016 El Niño, 2011/2012 La Niña, and a neutral period, from 2013/2014. The calculated fire weather danger index was compared to the monthly total of heat sources in the region, provided by INPE. In the three analyzed periods, the August to December months were the most favorable to the fires' occurrence, due to the rainfall regime in this region. Higher fire risk was observed for the year of El Niño, when compared to the neutral year, due to the decrease of precipitation and relative humidity in the place, corroborated by the greater number of fire outbreaks, mainly June to December. A high fire risk found for the La Niña period, also between June and December, occurred due to a phenomenon called La Niña Modoki. Still, a lower number of fires during this period demonstrated the variable anthropic influence in the occurrence of fires, probably influenced by the economic scenario of the time.

Keywords: *ENSO; Monte Alegre Formula; hot spots*

1 Introdução

O fogo está diretamente relacionado com a evolução humana, fazendo parte da história da civilização (Justino *et al.*, 2010). A agricultura, fator fundamental para essa evolução, frequentemente envolve o uso do fogo, tanto no preparo da terra, como na pré ou pós-colheita e no combate às plantas invasoras. As queimadas podem ser consideradas técnicas baratas de manejo enraizadas na cultura agrícola do país, que consiste na utilização do fogo controlado em uma área, sob determinadas condições meteorológicas, para favorecer os objetivos de manejo. Já o incêndio florestal é o termo usado para definir um fogo incontrolado que se propaga livremente, e pode consumir diversos materiais em uma floresta (Diaz *et al.*, 2002; Nunes, 2005; Miranda *et al.*, 2006).

Nunes (2005) aponta que as causas de ocorrência de incêndios florestais podem ser naturais ou antrópicas, sendo os raios a causa natural mais conhecida. Dentre as causas antrópicas podem ser citados incendiários, queimas para limpeza, fumantes, recreação, estradas de ferro e operações florestais. Juntamente a isso, Diaz *et al.* (2002) apontam que 16% da área atingida pelo fogo na fronteira agrícola da Amazônia são decorrentes de fogo colocado intencionalmente em derrubadas de floresta como técnica de manejo. O restante, segundo os autores, é representado pelo fogo que atinge intencionalmente ou acidentalmente pastagens e áreas agrícolas.

Independente da causa ser natural ou antrópica, a ocorrência e a propagação dos incêndios florestais estão fortemente associadas aos fatores climáticos e condições meteorológicas do local. Sismanoglu *et al.* (2002) e Justino *et al.* (2010) apontam que as maiores ocorrências de incêndios florestais ocorrem no período de secas, e Diaz *et al.* (2002) destacam que é justamente no final desse período de seca, quando a vegetação está mais propícia para incêndios, que os agricultores utilizam o fogo para o manejo de suas terras, provocando incêndios acidentais. O aumento dos incêndios florestais ocorre como consequência da interação entre o aumento no número de fontes de ignição, com a exploração madeireira, e o aumento da inflamabilidade da floresta em período de secas severas, normalmente associadas aos eventos El Niño (Nepstad *et al.*, 1999).

São amplamente discorridos na literatura os inúmeros efeitos que os fenômenos El Niño e La Niña causam ao redor do mundo (Oliveira, 1999). Esses efeitos globais ocorrem, segundo Barnston (2017), devido ao fenômeno de teleconexões, em que o El Niño provoca alterações na circulação de células atmosféricas ao redor do mundo, em um efeito cascata. O El Niño afeta significativamente o padrão de chuvas na região tropical, gerando precipitação

abaixo da média na parte norte da América do Sul, principalmente entre junho e dezembro. Como resultado dessa situação de seca, causada pelo aumento da subsidência do ar na região da Amazônia, há a diminuição da umidade, aumentando a inflamabilidade da vegetação, o que favorece a propagação de incêndios florestais (Barbosa & Fearnside, 1999; Oliveira, 1999; Miranda *et al.*, 2006; Cardoso *et al.*, 2007). A Região Norte do Brasil tem como porção mais afetada pelo fenômeno El Niño, a sua área norte e leste (Oliveira, 1999), e o El Niño de 1997/98 foi muito conhecido pela sua influência nos incêndios florestais na região. Diaz *et al.* (2002) estimaram que a área queimada no ano de 1998 foi de aproximadamente 39 mil km². Já no ano de 1995, considerado sem influência do fenômeno, essa área foi de cerca de 1,8 mil km².

No que diz respeito à La Niña, grande parte da literatura discorre que durante esse fenômeno os efeitos encontrados na precipitação são inversos aos do El Niño. Ynoue *et al.* (2017) apontam que em eventos de La Niña o norte da região Nordeste do Brasil apresenta precipitação acima da média climatológica entre os meses de dezembro e fevereiro. Já no período de junho a agosto, precipitações acima da média são encontradas no extremo norte da América do Sul. Martins & Vasconcelos Júnior (2017) também destacam períodos de anomalias positivas na precipitação no Nordeste do Brasil e leste da Amazônia, durante a ocorrência do fenômeno, favorecendo a diminuição das taxas de incêndios nesses locais.

Como a ocorrência dos incêndios florestais está fortemente relacionada aos fatores ambientais e meteorológicos locais, os índices de risco meteorológico de incêndio são fundamentais para a prevenção de fogo acidental e seus danos. De acordo com Soares (1972), índices de risco meteorológico de incêndio são números que refletem a probabilidade de propagação do fogo com base nas condições atmosféricas do dia ou de uma sequência de dias. Esses índices foram introduzidos no país em 1963, após um incêndio que atingiu 2 milhões de hectares no sul do país (Soares, 1998). Ressalva-se que a fonte de ignição do fogo no Brasil é, em sua maior parte, de origem antrópica (Setzer & Sismanoglu, 2017), mas a sua propagação até proporções de incêndios florestais está amplamente conectada aos fatores ambientais.

Dado o exposto, o presente trabalho visa avaliar a classificação do índice de risco meteorológico de incêndio obtido em períodos neutro e de ocorrência de fenômenos El Niño e La Niña, e comparar esses índices com o número de focos de incêndio detectados no estado do Pará, região situada no “Arco do Desmatamento”, onde o uso de fogo para manejo de terras é frequente.

2 Material e Métodos

2.1 Área de Estudo

Como área de estudo, escolheu-se o estado do Pará, situado na Região Norte do país, devido a presença do bioma Amazônia, a grande influência dos fenômenos El Niño e La Niña na precipitação da região (Souza *et al.*, 2000), ao grande número de focos de incêndios (INPE, 2017), a disponibilidade de dados meteorológicos de precipitação e umidade relativa durante o período de 2011 a 2016, e a proximidade ao chamado “Arco do Desmatamento”.

O Pará é o segundo maior estado brasileiro em termos territoriais, com 1.247.955 km², possui uma população de aproximadamente 7,5 milhões de pessoas (9º lugar nacional), com uma densidade demográfica de 6,07 habitantes/km² (21ª do país) e um IDH de 0,646, o 24º da nação (IBGE, 2018). Segundo Alvares *et al.* (2013) o clima predominante em cerca de 66% do Pará é o Tropical de Monções, utilizando a classificação de Köppen, com uma temperatura média anual de aproximadamente 26 °C, e uma precipitação total anual entre 2200 e 2700 mm.

2.2 Períodos Analisados

O período de análise de dados compreendeu três anos completos, sendo um ano de ocorrência de La Niña forte (01/05/ 2011 a 30/04/2012), um ano de período neutro (01/05/2013 a 30/04/2014) e um ano de ocorrência de El Niño muito forte (01/05/2015 a 30/04/2016) (NOAA, 2018). De acordo com a NOAA (2018), esses fenômenos podem ser classificados como: fraco, se a anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM) do Oceano Pacífico Equatorial for de 0,5 a 0,9 °C; moderado, se essa anomalia for de 1 a 1,4 °C; forte, se a variar de 1,5 a 1,9 °C; e, ainda, muito forte, se a variação da TSM for maior do que 2 °C. Além da própria classificação dos fenômenos, a disponibilidade dos

dados meteorológicos influenciou na escolha do período dos fenômenos analisados.

2.3 Índice de Risco Meteorológico de Incêndio - Fórmula de Monte Alegre

A Fórmula de Monte Alegre (FMA) foi desenvolvida em 1972, no estado do Paraná, e desde então vem sendo utilizada em todo o território nacional na estimativa de perigo de incêndios (Soares, 1998). A FMA é especialmente indicada para regiões onde a umidade relativa, ao invés da temperatura do ar, é o fator principal de perigo de incêndio. Essa condição é observada principalmente onde a estação de incêndio ocorre no inverno e início da primavera, como na maior parte do território brasileiro (Souza *et al.*, 2012). Nos últimos anos a FMA tem sido testada em diversas regiões do Brasil, incluindo a Amazônia, obtendo desempenhos satisfatórios (Silva *et al.*, 2001; Ribeiro *et al.*, 2011; Souza *et al.*, 2012; Oliveira, 2017; Machado-Neto *et al.*, 2017). Essa fórmula é acumulativa, mas estruturalmente simples, permitindo sua ampla utilização, dependendo de somente duas variáveis meteorológicas: a umidade relativa do ar medida às 13h local (H) e a precipitação diária, como ilustra a Equação 1 (Soares, 1998; Nunes, 2005).

$$FMA = \sum_{n=1}^n \left(\frac{100}{H} \right) \quad (1)$$

Onde: FMA = Fórmula de Monte Alegre, H = umidade relativa do ar às 13 h local (em %) e n = número de dias sem chuva.

A FMA está sujeita a restrições pela precipitação, segundo a Tabela 1.

Após o cálculo da FMA, os valores obtidos se transformam no índice de risco meteorológico de incêndio denominado Índice da Fórmula de Monte Alegre (IFMA) de acordo com a Tabela 2.

| Chuva no dia (mm) | Modificação na FMA |
|-------------------|--|
| ≤ 2,4 | Nenhuma modificação |
| de 2,5 a 4,9 | Abater 30% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia. |
| de 5,0 a 9,9 | Abater 60% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia. |
| de 10,0 a 12,9 | Abater 80% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia. |
| > 12,9 | Interromper o cálculo (FMA=0) e recomeçar a somatória no dia seguinte. |

Tabela 1 Restrições da precipitação na FMA. Fonte: Adaptado de Nunes (2005).

| Valor da FMA | Grau de perigo de incêndio no dia (IFMA) |
|---------------|--|
| ≤ 1,0 | Nulo |
| de 1,1 a 3,0 | Pequeno |
| de 3,1 a 8,0 | Médio |
| de 8,1 a 20,0 | Alto |
| > 20,0 | Muito Alto |

Tabela 2 Índice de risco meteorológico de incêndio segundo a FMA. Fonte: Adaptado de Soares (1998) e Nunes (2005).

2.4 Dados de Umidade Relativa e Precipitação

Os dados de umidade relativa (UR) utilizados foram extraídos do Portal BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (disponível em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>). O banco de dados abriga dados meteorológicos diários a partir de 1961, das estações meteorológicas convencionais da rede INMET (BDMEP, 2017). Os dados de UR utilizados foram da estação de Altamira (3,2 °S; 52,2 °W).

O BDMEP disponibiliza esses dados nos horários de 12 h, 18 h e 00 h UTC. Entretanto, para a utilização da Fórmula de Monte Alegre, são necessários os dados de umidade relativa de 13 h local. O BDMEP não possui tais dados, sendo os mais próximos, o de 12 h e 18 h UTC (9 h e 15 h horário local do Pará, respectivamente).

Sendo assim, foi utilizada uma fórmula de regressão de umidade relativa desenvolvida por Nunes (2005) em seu estudo no estado do Paraná. Esta fórmula utiliza a UR das 15 h local (18 h UTC) para calcular a UR das 13 h. Com a utilização dessa fórmula, os dados de umidade relativa de 18 h UTC do BDMEP puderam ser utilizados. A fórmula é apresentada a seguir (Equação 2), e foi escolhida após diversos testes de comparação com outras, sendo esta, a que apresentou o melhor grau de correlação, de 0,9295, com um erro-residual de 0,1094, segundo o estudo de Nunes (2005).

$$H = 2,451510 * UR_{15}^{0,796072} \quad (2)$$

Onde: H = umidade relativa às 13 h local e UR_{15} = umidade relativa às 15 h local.

Os dados de precipitação foram retirados do portal Hidroweb (disponível em <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>). Fez-se um levantamento das estações convencionais no município de Altamira, com um total de 4 estações. Dentre essas estações, a escolhida para a utilização da precipitação foi a de Monte Alegre do Xingu (4,3 °S; 52,4 °W), devido à disponibilidade de dados para o mesmo período disponível na estação de Altamira, utilizada para a obtenção dos dados de UR, e ao período de ocorrência

dos fenômenos meteorológicos de interesse neste estudo. Os dados de umidade relativa e precipitação não sofreram nenhum tipo de correção, pois os valores estavam dentro do esperado para cada variável. Além disso, os anos selecionados neste estudo não possuíam dados faltantes.

2.5 Dados de Focos de Calor

Os dados de focos de calor utilizados para a comparação entre o cálculo de risco de fogo e os incêndios observados na região são do INPE (disponíveis em http://www.inpe.br/queimadas/portal/estatistica_estados), do Programa Queimadas, que monitora diariamente focos de calor através de sensoriamento remoto. O satélite de referência do INPE, do período de 1998 até 2002, foi o NOAA-12 (sensor AVHRR), passando, a partir desse ano, para o AQUA_M-T (sensor MODIS). Segundo o INPE (2017), com a alteração para esse novo satélite, o norte do Amazonas e do Pará, Roraima e Acre passaram a ter uma cobertura regular e, portanto, mais adequada para comparações temporais. O presente estudo utilizou dados acumulativos mensais de focos de calor, durante o período de 2011 a 2016, do banco de dados do INPE com o satélite de referência AQUA.

A relação foco-queimada não é direta nas imagens de satélite. Dependendo da resolução espacial do satélite utilizado, um foco indica a existência de fogo em um pixel da imagem, que pode variar de 1 km x 1 km ou até de 5 km x 4 km. Assim, a indicação de um foco de queima (ou pixel de queima) pode equivaler tanto a uma como a várias queimadas, ou até uma queimada muito extensa, em que sua detecção seja feita por vários pixels vizinhos (INPE, 2017).

3 Resultados e Discussão

A Figura 1 compara a precipitação normal da região com o período analisado, traçado a partir das normais climatológicas de Altamira, de 1961 a 1990, disponibilizadas pelo INMET (2018). Pode-se concluir que a região possui um período destacado de seca entre os meses de junho e novembro. Nos anos analisados os meses mais chuvosos

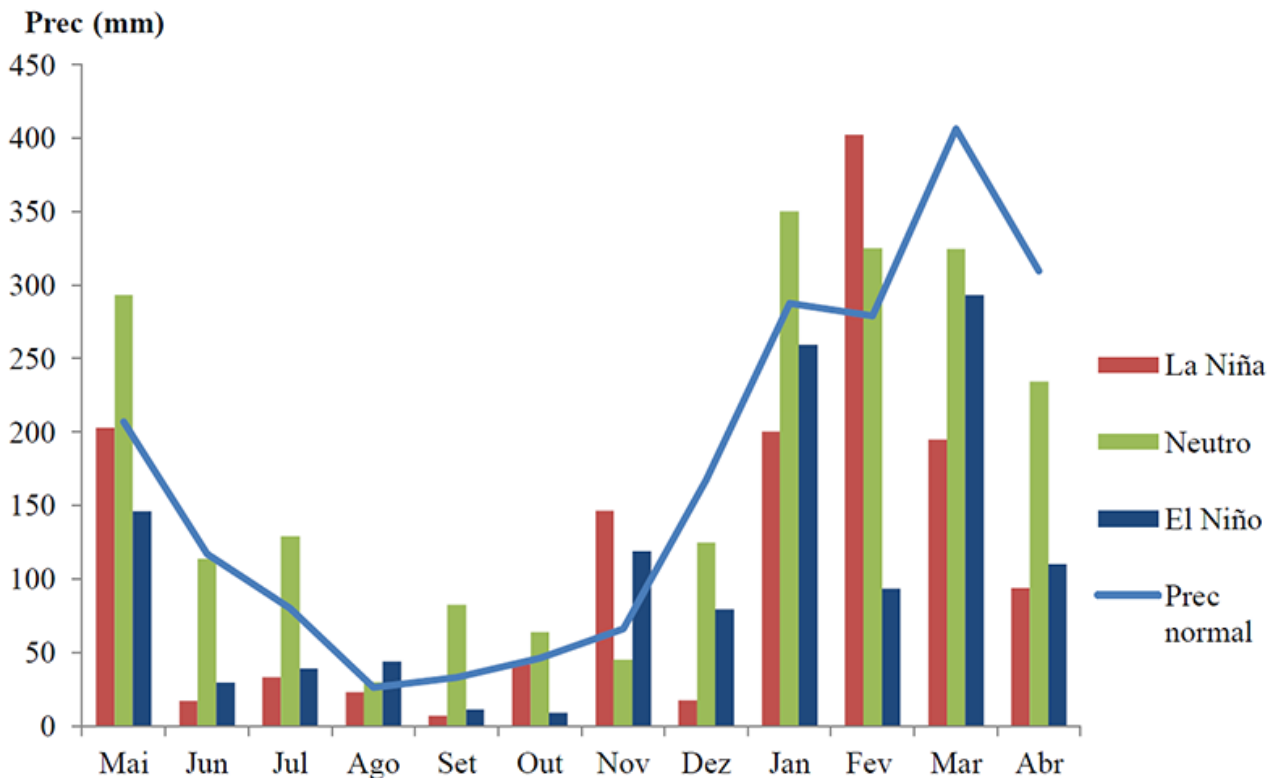


Figura 1 Precipitação para os períodos considerados (La Niña - 01/05/ 2011 a 30/04/2012; Neutro - 01/05/2013 a 30/04/2014; El Niño - 01/05/2015 a 30/04/2016) e a precipitação climatológica (período de 1961 a 1990) de Altamira.

foram fevereiro (La Niña), janeiro (ano neutro) e março (El Niño), respectivamente, enquanto que os meses menos chuvosos foram setembro (La Niña), com 6,7 mm de chuva, outubro (El Niño) com 9 mm e agosto (ano neutro) com 30 mm. Esse resultado vai ao encontro de Souza *et al.* (2012), que ao analisar a precipitação no Norte e Nordeste de Mato Grosso nos anos de 2008, 2009 e 2010, ressaltou essa oscilação pluviométrica, com os meses de janeiro e dezembro correspondendo por aproximadamente 16 e 14% do total de precipitação anual.

Além disso, percebe-se um déficit de precipitação nos anos de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, quando comparados ao ano neutro e à precipitação normal. No período de La Niña houve um total de precipitação acumulada de 1380,4 mm, já no período de El Niño, esse valor foi de 1232,1 mm, correspondendo respectivamente a somente 65 e 58% do total de precipitação do ano neutro, de 2116,4 mm, e a 68 e 61% do total climatológico para a região, de 2025,2 mm.

Observando-se os valores médios, máximos e mínimos da FMA no período analisado (Tabela 3), constatou-se que o maior valor de média ocorreu durante o fenômeno La Niña (17,7), enquanto que o maior valor máximo encontrado foi de 95, durante o El Niño. Em relação à ocorrência dos valores máximos, durante o período de

La Niña, este ocorreu no mês de agosto, já durante o ano neutro e de El Niño, estes ocorreram no mês de dezembro e setembro, respectivamente. A partir da Figura 2, que ilustra a FMA acumulada nos três períodos analisados, percebe-se que em ambos os fenômenos El Niño e La Niña o risco de fogo é mais elevado do que em relação ao ano neutro, principalmente entre os meses de junho a dezembro, como consequência do regime de chuvas da região, conforme já demonstrado na Figura 1. Souza *et al.* (2012), ao avaliar o risco de fogo para a Amazônia Matogrossense, também apontaram um aumento do risco de fogo, em todas as metodologias avaliadas, entre maio e novembro, por conta do período de seca, e uma diminuição desse risco entre os meses de dezembro e março, caracterizado pelo período de chuvas, no verão.

Foi realizada a separação entre dias que apresentam algum risco de incêndio (Pequeno, Médio, Alto ou Muito Alto) e dias em que o IFMA aparece como Nulo. Observa-se, na Tabela 4, que no ano neutro, 84% dos dias do ano apresentaram algum risco de incêndio, o que já pode ser considerada uma porcentagem elevada. No ano de El Niño, essa porcentagem sobe para 90% (6% a mais do que no ano neutro), conforme esperado, e, no ano de La Niña, essa porcentagem é de 94% (10% superior ao ano neutro e 4% maior em relação ao período de El Niño analisado),

A Influência de Eventos El Niño e La Niña na Avaliação dos Riscos de Ocorrência de Incêndios no Pará
Gustavo Corrêa Nascimento & Mônica Carneiro Alves Senna

| Valores FMA | | | |
|-------------|-------|--------|--------|
| Fenômeno | Média | Máximo | Mínimo |
| La Niña | 17,7 | 68,2 | 0 |
| Neutro | 8,7 | 47,9 | 0 |
| El Niño | 16,6 | 95 | 0 |

Tabela 3 Valores médios, máximos e mínimos da FMA para os períodos considerados (La Niña - 01/05/2011 a 30/04/2012; Neutro - 01/05/2013 a 30/04/2014; El Niño - 01/05/2015 a 30/04/2016).

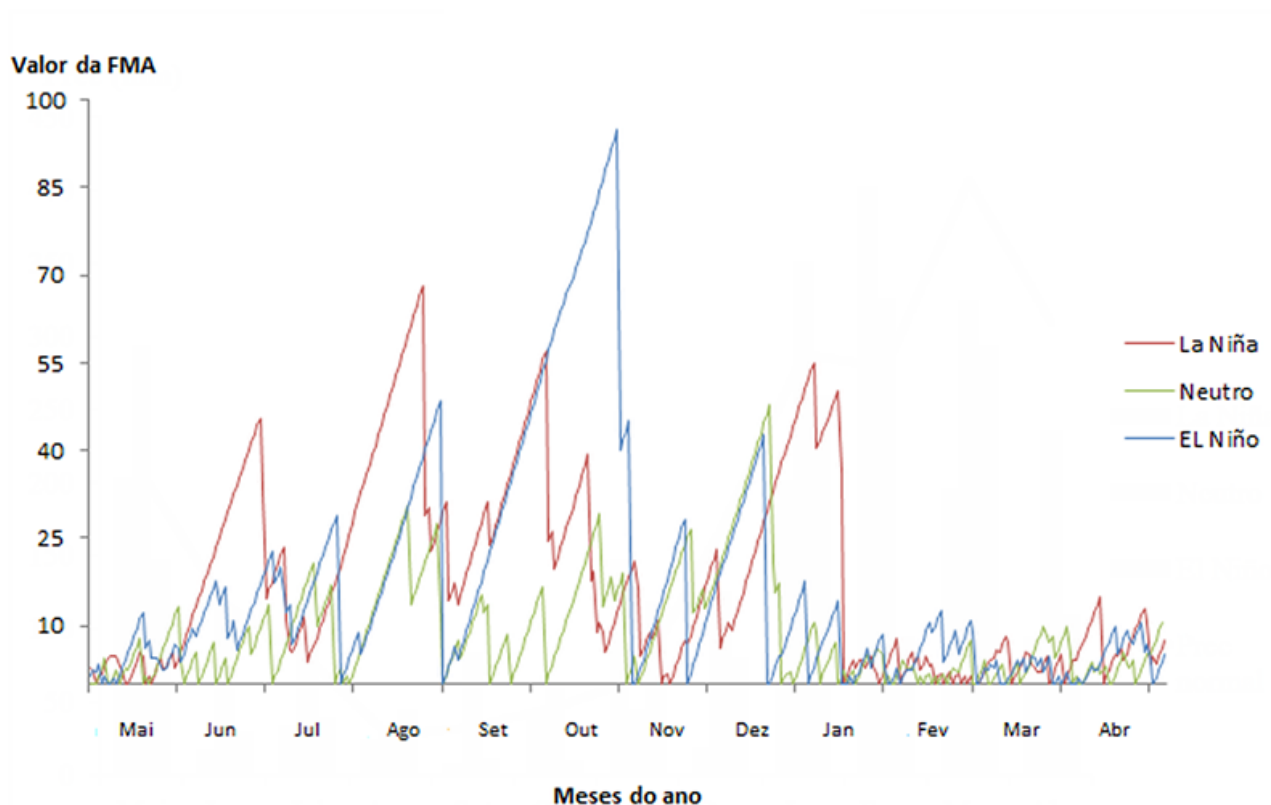


Figura 2 FMA acumulada para os três períodos analisados (La Niña - 01/05/2011 a 30/04/2012; Neutro - 01/05/2013 a 30/04/2014; El Niño - 01/05/2015 a 30/04/2016).

resultado que será discutido com detalhes mais adiante. Em seu estudo, analisando o risco de incêndio na Amazônia para o período de 2000 a 2015 utilizando diversos índices, dentre eles, a Fórmula de Monte Alegre, Oliveira (2017) encontrou uma média também elevada, de 79% de dias que apresentam risco de fogo para a região.

O número de dias em que o IFMA apresenta classificação Alto ou Muito Alto durante o período escolhido é ilustrado na Figura 3. O ano neutro apresentou 140 dias com classificação do IFMA Alto ou Muito Alto, cerca de 38% dos dias do ano. Esse valor sobe para 54% no período

de El Niño, com 196 dias apresentando essa classificação. No período de La Niña, o número de dias classificados com risco Alto ou Muito Alto sobe para 211, correspondendo a 58% dos dias do ano. Em um espaço amostral maior, de 15 anos de análise, Oliveira (2017) encontrou um total de 27% de dias em que o IFMA apareceu como Alto ou Muito Alto, para a região Amazônica. Comparando o resultado com o presente estudo, observa-se que nos anos de El Niño e La Niña analisados, a porcentagem encontrada foge do padrão da região.

A Influência de Eventos El Niño e La Niña na Avaliação dos Riscos de Ocorrência de Incêndios no Pará
 Gustavo Corrêa Nascimento & Mônica Carneiro Alves Senna

| La Niña | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------------|-----------|
| | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Jan | Fev | Mar | Abr | Total | Percentual | Diferença |
| Nulo | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 3 | 8 | 3 | 1 | 22 | 6% | -10% |
| Risco | 26 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 28 | 31 | 28 | 21 | 28 | 29 | 344 | 94% | 10% |
| Neutro | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Jan | Fev | Mar | Abr | Total | Percentual | Diferença |
| Nulo | 8 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 7 | 7 | 6 | 5 | 49 | 16% | |
| Risco | 23 | 26 | 27 | 30 | 28 | 29 | 29 | 29 | 24 | 21 | 25 | 25 | 316 | 84% | |
| El Niño | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Jan | Fev | Mar | Abr | Total | Percentual | Diferença |
| Nulo | 4 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 3 | 7 | 2 | 9 | 2 | 32 | 10% | -6% |
| Risco | 27 | 30 | 30 | 30 | 30 | 31 | 27 | 28 | 24 | 27 | 22 | 28 | 334 | 90% | 6% |

Tabela 4 Número de dias com IFMA nulo (Nulo) *versus* número de dias com risco de incêndio (Risco) para os três períodos analisados (La Niña - 01/05/2011 a 30/04/2012; Neutro - 01/05/2013 a 30/04/2014; El Niño - 01/05/2015 a 30/04/2016). A coluna Diferença indica o aumento ou o decréscimo do percentual de dias com IFMA Nulo e dias com risco algum risco e dias com risco nulo em relação ao percentual obtido durante o ano neutro.

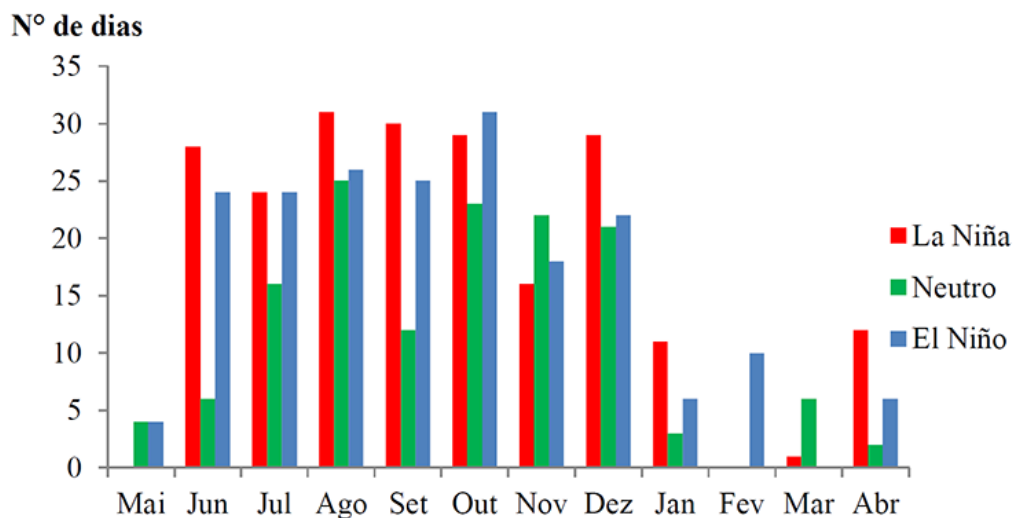


Figura 3 Número de dias com o IFMA Alto ou Muito Alto.

Uma observação interessante é a concentração dos dias mais propícios a incêndios entre os meses de agosto e dezembro, nos três anos analisados. Durante o ano neutro, 59% dos dias classificados com risco Alto ou Muito Alto ocorreram nesse intervalo. Nos fenômenos La Niña e El Niño, esse valor é de 50 e 51%, respectivamente. Esse comportamento é esperado e analisado em diferentes estudos, que citam essa época como a mais propícia para incêndios florestais, devido ao período de seca e pós-seca.

Oliveira (2017), por exemplo, encontrou os maiores valores percentuais considerando diversos índices de risco meteorológico de incêndio para os meses de setembro e agosto, em seu estudo na Amazônia, entre os anos de 2000 e 2015. Utilizando a FMA, a autora encontrou 36% do risco de incêndio para o mês de setembro e 23% para o mês de agosto, para a região. Já Oliveira *et al.* (2016), ao analisar o risco de incêndios em Belém no ano de 2015, apontou que no período menos chuvoso (junho a dezembro), a frequência

do IFMA para Risco Nulo caiu para 15%, enquanto que as classificações de Risco Alto e Muito Alto subiram para 57 e 28%, respectivamente. Os autores destacaram, ainda, os meses de agosto e outubro como o de maior porcentagem de Risco Muito Alto, com 61%.

Ao analisar o número de focos, percebe-se que durante o ano neutro ocorreram um total de 20.648 focos de incêndio. No período de La Niña esse número caiu para 18.007 focos, cerca de 13% menos, enquanto durante o fenômeno El Niño esse valor subiu 123%, com um total de 46.073 focos de incêndio (Figura 4). Além disso, observa-se a tendência dos focos ocorrerem entre os meses de agosto e dezembro, conforme especificado na literatura e coincidindo com o período encontrado de maior risco de fogo neste estudo. A maior ocorrência de incêndios nessa época acompanha o de classificação de risco de fogo, justificada pela época de seca e pós-seca, conforme observado na Figura 1, de precipitação. Oliveira (2017) apontou que o ranking de meses de maior incidência de focos de calor na região da Amazônia é liderado pelos meses de setembro, agosto e julho, respectivamente.

Na Figura 5 pode ser observada a quantidade de dias com o IFMA Alto e Muito Alto, em comparação ao número de focos observados. De maneira geral, observa-se, nos três gráficos, a tendência, tanto pelo IFMA, quanto pelo número de focos, da maior ocorrência de incêndios de agosto a novembro. Observa-se, também, o maior número de focos durante o fenômeno El Niño, seguido pelo ano neutro, e, por último, o ano de La Niña analisado. Porém,

em contrapartida, tem-se uma classificação maior de risco de incêndio no ano de La Niña, seguido pelo ano do fenômeno El Niño e pelo ano neutro.

Ao se analisar o período de El Niño, observa-se que este apresenta um risco de fogo maior do que no ano neutro, e isto é corroborado ao se comparar o número também maior de focos de incêndio entre esses dois anos, conforme esperado. Esse comportamento pode ser explicado pelo movimento descendente do ar na região, com a célula de Walker bipartida, em períodos de El Niño, diminuindo os índices de precipitação e umidade, aumentando a seca local, conforme exposto por Oliveira (1999), Barbosa & Fearnside (1999) e Miranda *et al.* (2006). Em seu estudo, Oliveira (2017) também apontou períodos de El Niño como de risco climático para a região Amazônica, principalmente nas bordas sul e leste da região, e também entre os meses de julho e setembro. Ribeiro *et al.* (2011) apontaram que o ano de 2002 teve influência moderada do fenômeno El Niño, registrando a menor precipitação para o período analisado, com 122 dias de estiagem. Ainda em seu estudo, os autores analisaram o ano de 2003 como também de influência moderada de El Niño, sem precipitação nos meses de julho e agosto, com um grau de perigo de fogo de Muito Alto até setembro, por 105 dias. No ano seguinte, o fenômeno foi responsável por 116 dias sem precipitação e 119 com grau de perigo Muito Alto. Já no ano de 2005, o referido estudo apontou três meses sem chuvas (junho, julho e agosto), em um total de 117 dias, com 115 dias de grau de perigo Muito Alto.

Nº de focos (mil)

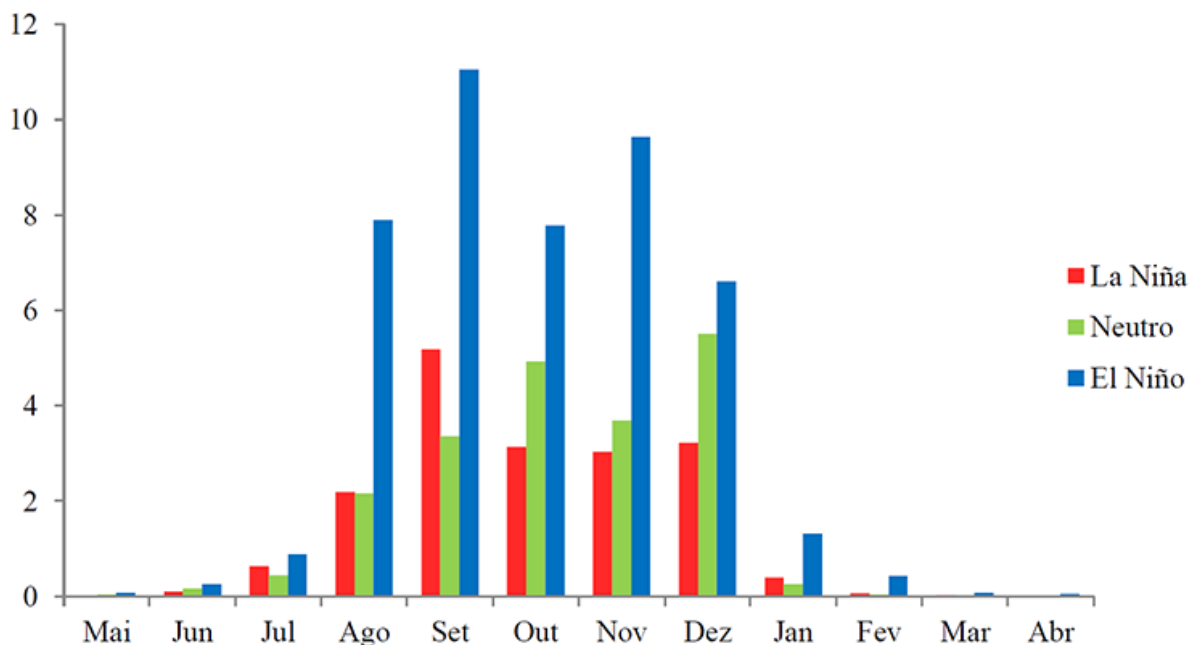


Figura 4 Número de focos de incêndio durante os períodos analisados.

A Influência de Eventos El Niño e La Niña na Avaliação dos Riscos de Ocorrência de Incêndios no Pará
 Gustavo Corrêa Nascimento & Mônica Carneiro Alves Senna

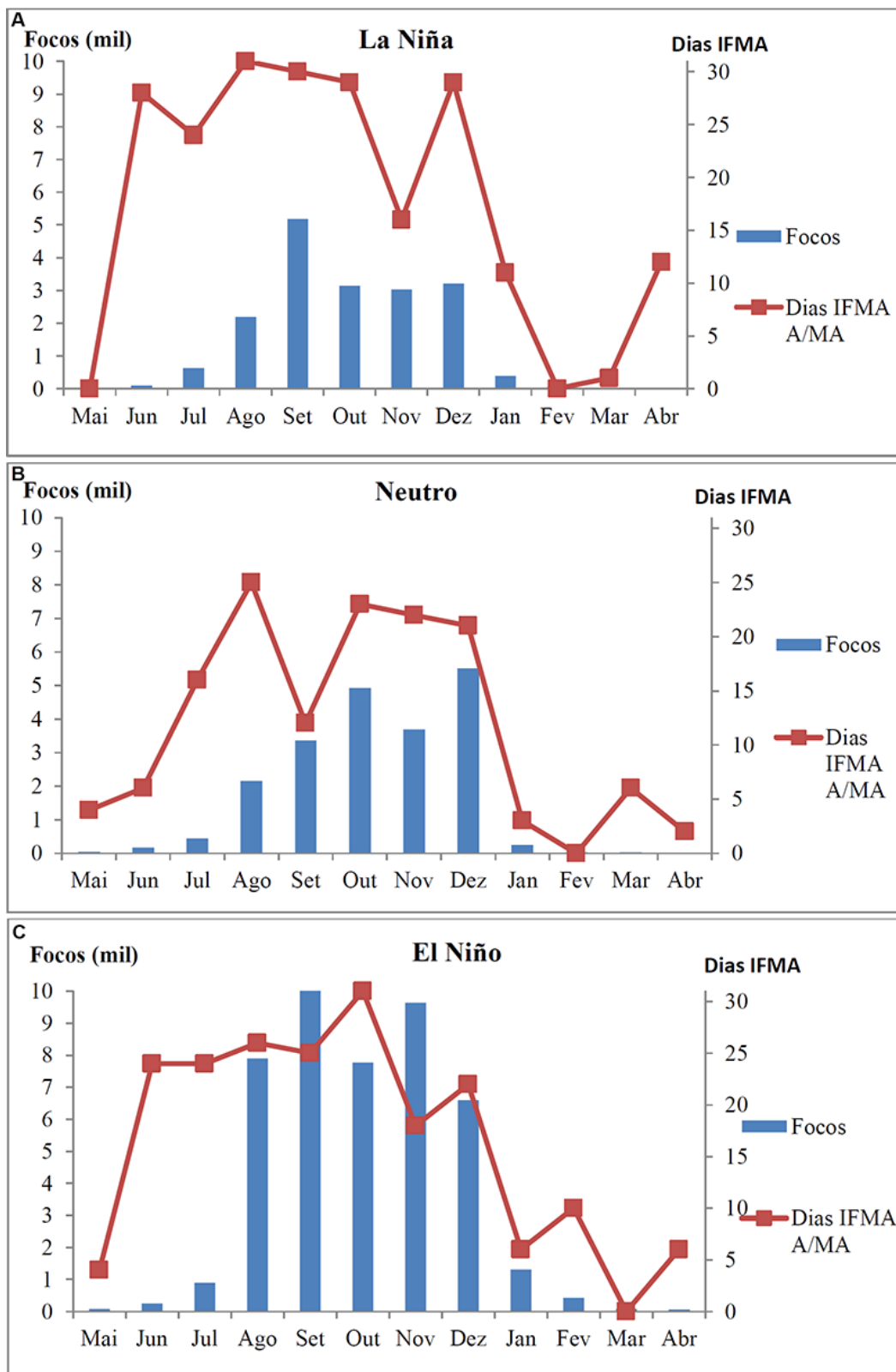


Figura 5 Número de focos de incêndio e número de dias com o IFMA Alto ou Muito Alto nos períodos de A. La Niña; B. Ano Neutro; C. El Niño.

Ao se analisar o período de La Niña escolhido, dois resultados distintos puderam ser observados: a maior classificação, de certa forma inesperada, do risco de fogo para esse período, se comparado aos anos neutro e de ocorrência de El Niño; e o menor número de focos de incêndio observados, se comparado a esses mesmos dois anos. Apesar de se tratar de um período de La Niña, a maior classificação de risco de fogo pode ser explicada pelo fato da La Niña de 2011/2012 ter sido uma La Niña “Modoki”. Durante uma La Niña Modoki, ocorre um maior resfriamento na parte central do Oceano Pacífico (região do Niño 4), se comparado com sua região leste (região de Niño 3), o que acarreta no resfriamento, na altura dos trópicos, do Oceano Atlântico Sul e, em contrapartida, o aquecimento do Oceano Atlântico Norte, deslocando a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para essa região, diminuindo a formação de nuvens de chuva na região antes ocupada pela ZCIT (Kug & Ham, 2011; Rodrigues & McPhaden, 2014). Segundo os autores, a temperatura da superfície do mar no Atlântico tropical é a força dominante para o posicionamento da ZCIT, influenciando na distribuição de chuvas. Isso pode explicar o aumento do risco de fogo na região estudada, durante o evento de La Niña de 2011/2012.

Segundo Rodrigues & McPhaden (2014), apesar de eventos de La Niña geralmente causarem uma maior precipitação no Nordeste, a La Niña de 2011/2012, foi uma das principais responsáveis por umas das maiores secas na região Nordeste do Brasil em 30 anos. Ainda em relação a este fenômeno, Martins & Vasconcelos-Júnior (2017) também apontam a ocorrência de uma La Niña Modoki, como uma das principais responsáveis pelo ano de 2012 ter apresentado somente 60% da precipitação anual esperada na região do baixo São Francisco. Em seu trabalho, Ribeiro *et al.* (2011) também encontraram valores altos de risco de incêndios, mesmo em anos de La Niña. No ano de 2000, sob influência moderada do fenômeno La Niña, os autores apontam um período de estiagem nos meses de maio e junho e a permanência do grau de perigo de Muito Alto por 104 dias. No ano de 2001, também sob influência do fenômeno, foram registrados 101 dias sem chuva, com 80 dias ininterruptos de classificação de perigo Muito Alto, sendo que o índice alcançou valores maiores do que no próprio ano de 2002, sob influência do fenômeno de El Niño.

Outro ponto importante a ser explicado é de que, apesar da maior classificação de risco de fogo para o ano de La Niña, este apresentou o menor número de focos de incêndio, em comparação ao ano neutro e ao ano de El Niño. É importante salientar que a maior parte dos incêndios florestais começa a partir de um estímulo antrópico, que pode ser potencializado, ou não, pelas condições atmosféricas. Esse fato também é apontado por Souza

et al. (2012) que, mesmo em condições extremamente adversas de seca observadas nos meses de julho, agosto e setembro, o número de focos no Norte e Noroeste da Amazônia Matogrossense caiu nos anos de 2008 e 2009, devido ao incentivo governamental para a diminuição de queimadas, mostrando a forte influência antrópica na ocorrência dos incêndios florestais. Observa-se que no período de La Niña escolhido neste estudo, esse estímulo antrópico foi baixo.

Segundo a Pesquisa Agrícola Municipal (PAM), no início da década de 2000 o plantio da soja no Pará era insignificante (2648 hectares em 2002), cinco anos depois alguns municípios paraenses, como Santarém e Belterra, localizados próximos ao Porto de Santarém, tiveram um aumento da área plantada com soja de 9650% e 5200%, respectivamente, totalizando 72335 hectares no estado (IBGE, 2006). Entre os fatores que tem impulsionado o crescimento da soja no estado do Pará, estão a ampliação do modelo hidroviário em direção à região norte - Vila do Conde (Santarém-Miritituba), bem como a abertura de novos portos - Terminal de Grãos Ponta da Montanha (Barcarena) e a logística extremamente favorável para escoamento da produção agrícola (Soligo, 2016). Portanto, o uso do fogo para manejo das terras pode estar associado a fatores de mercado, tais como variações nos preços das commodities agrícolas, bem como às políticas governamentais que incentivam ou combatem esse problema (Ferreira & Coelho, 2015; Vale, 2019).

O uso do preço da soja para a análise do uso do solo também é discutido e corroborado por Morton *et al.* (2006), que apontaram uma nova dinâmica no arco do desmatamento, em que o preparo de terras (muitas vezes feito a partir de queimadas), está sendo realizado não mais totalmente para a atividade de pastagens, mas também para a produção de grãos, em sua maioria a soja. Em seu estudo, os autores indicaram esse novo paradigma, uma vez que a área desmatada para gado caiu de 78 para 66%, enquanto que a área de transição direta para a agricultura subiu de 13 para 23%, no período analisado, passando a ser uma nova pressão de avanço desse arco. Além disso, a hipótese do cenário econômico estar atrelado ao aumento, ou não, do número de incêndios também vai ao encontro da literatura, mostrando-se uma hipótese plausível. Para Morton *et al.* (2006), o cenário de exportação agrícola, em especial o preço da soja, está fortemente ligado ao padrão de uso do solo. Um exemplo disso é de que a queda de 25% do preço da soja em 2005 foi acompanhada pela queda no desmatamento de florestas e seu uso na produção agrícola. O referido estudo calculou uma taxa de correlação de 72% entre o preço médio anual da soja e o avanço da fronteira agrícola na região.

Partindo dessa premissa, foi analisado o preço da soja do período de 2006 a 2017, conforme visto na Tabela 5.

| Indicador de Soja ESALQ/BM&F Bovespa - Paranaguá | | |
|--|-------------|--------------|
| Ano | À vista R\$ | À vista US\$ |
| 2006 | 30,08 | 13,88 |
| 2007 | 36,60 | 18,96 |
| 2008 | 48,39 | 26,97 |
| 2009 | 48,09 | 24,27 |
| 2010 | 42,08 | 23,97 |
| 2011 | 49,04 | 29,37 |
| 2012 | 68,73 | 34,95 |
| 2013 | 69,01 | 31,94 |
| 2014 | 67,25 | 28,73 |
| 2015 | 72,65 | 21,88 |
| 2016 | 81,50 | 23,57 |
| 2017 | 71,30 | 22,34 |

Tabela 5 Preço da soja de 2006 a 2017. Fonte: CEPEA (2018).

Observou-se uma desvalorização no preço da soja entre os anos de 2009 e 2010. Essa desvalorização poderia acarretar em um menor investimento, por parte dos agricultores, para a próxima safra, diminuindo o número de queimadas no ano de 2011, período analisado durante o fenômeno da La Niña. As explicações supracitadas corroboram a hipótese aqui levantada de que, apesar de um período propício para a ocorrência de incêndios florestais, devido à uma La Niña Modoki, o número de focos pode ter sido reduzido devido a um cenário econômico desfavorável para o plantio de soja.

4 Conclusões

Observou-se que os eventos El Niño e La Niña afetam diretamente as condições de umidade relativa e precipitação, demonstradas pela classificação de risco de fogo, ao se utilizar a Fórmula de Monte Alegre. O aumento no número de focos de incêndio na região durante o período de El Niño vai ao encontro do maior risco de fogo, se comparado ao ano neutro, fato demonstrado pelo aumento do índice de risco meteorológico de incêndio da Fórmula de Monte Alegre, sobretudo dos meses de agosto a dezembro. Um fato interessante foi a maior classificação de risco de fogo para o período de La Niña, explicado pelo fenômeno conhecido como La Niña Modoki, com a diminuição da precipitação local. Embora a maior classificação de risco, o menor número de focos de incêndio observado é explicado pela conjuntura econômica da época, com a desvalorização do preço da soja, diminuindo a pressão antrópica na região através do uso e manejo do solo por queimadas.

Além disso, o estudo demonstrou a importância da utilização de fórmulas de risco de fogo para uma melhor fiscalização e planejamento de campanhas e políticas

públicas que visam diminuir e controlar as pressões antrópicas sobre o ambiente através do fogo, em épocas mais propícias à ocorrência de incêndios florestais, pensando não somente em impactos locais, mas também em impactos de grande escala, como a emissão de gases de efeito estufa através de queimadas.

A partir desse estudo, alguns outros trabalhos podem ser propostos, como a comparação da utilização de diferentes índices de risco meteorológico de incêndio para a região; a análise de mais eventos adversos para o local, com um espaço amostral de maior período; o estudo da incorporação de um fator antrópico na Fórmula de Monte Alegre, que acompanhe o cenário econômico, originando um índice híbrido (meteorológico e antrópico) de incêndio; e, até mesmo, o desenvolvimento de um índice local de previsão de risco de fogo. O entendimento de como as condições atmosféricas podem influenciar diretamente o número de incêndios florestais, o aprimoramento das fórmulas de risco de fogo e sua utilização, podem ser de grande valia para o poder público, e, sobretudo, para o próprio meio ambiente.

5 Referências

- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L. & Sparovek, M.G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728, doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- Barbosa, R.I. & Fearnside, P.M. 1999. Incêndio na Amazônia brasileira: estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento "El Niño" (1997/98). *Acta Amazônica*, 29(4): 513-534. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921999294534>.

- Barnston, A. 2017. How ENSO leads to a cascade of global impacts. NOAA – National Oceanic and Atmosphere Administration. Disponível em: < <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/how-enso-leads-cascade-global-impacts> >. Acesso em: 7 jan. 2017.
- BDMEP. 2017. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em: 6 jan. 2017.
- Cardoso, M.F.; Sampaio, G. & Nobre, C.A. 2007. Comparação entre a ocorrência de fogo durante a seca de 2005 e o El Niño em 1998 na Amazônia. In: ANAIS SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, Florianópolis, 2007, p. 4425-4429. Disponível em: < <http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m15@80/2006/11.14.15.57/doc/Cardoso.Compara%e7%e3o.pdf> >. Acesso em 7 jan. 2017.
- CEPEA. 2018. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Banco de Dados. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/consultas-ao-banco-de-dados-do-site.aspx>>. Acesso em: 10 jun. 2018.
- Diaz, M.C.V.; Nepstad, D.; Mendonça, M.J.C.; Motta, R.S.; Alencar, A.; Gomes, J.C. & Ortiz, R.A. 2002. *O Prejuízo Oculto do Fogo: Custos Econômicos das Queimadas e Incêndios Florestais na Amazônia*. Relatório do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) em colaboração com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e o Centro de Pesquisa Woods Hole (WHRC), Brasília, IPAM, 43p. Disponível em: < <https://ipam.org.br/bibliotecas/o-prejuizo-oculto-do-fogo-custos-economicos-das-queimadas-e-incendios-florestais-na-amazonia/> >. Acesso em: 22 jun. 2020.
- Ferreira, M.D.P. & Coelho, A.B. 2015. Desmatamento recente nos estados da Amazônia Legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 53(1): 91-108. doi: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005301005>.
- IBGE. 2006. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2006. Rio de Janeiro, IBGE, 777 p.
- IBGE. 2018. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico de 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama>>. Acesso em 10 jun. 2018.
- INMET. 2018. Instituto Nacional de Meteorologia. Gráficos climatológicos (1931 – 1960 e 1961 -1990). Disponível em:< <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>>. Acesso em: 5 jun. 2018.
- INPE. 2017. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Portal do Programa Queimadas do INPE. Disponível em: < http://www.inpe.br/queimadas/portal/estatistica_estados >. Acesso em: 6 jan. 2017.
- Justino, F.; Mélo, A.S.; Setzer, A.; Sismanoglu, R.; Sediya, G.C.; Ribeiro, G.A.; Machado, J. P & Sterl, A. 2010. Greenhouse gas induced changes in the fire risk in Brazil in ECHAM5/MPI-OM couple climate model. *Climatic Change*, 106(2): 285-302. doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9902-x>.
- Kug, J.S. & Ham, Y.G. 2011. Are there two types of La Nina? *Geophysical Research Letters*, 38(1): 16704, doi: 10.1029/2011GL048237.
- Machado-Neto, A.P.; Batista, A.C.; Soares, R.V.; Biondi, D. & Morais, R.L. 2017. Avaliação dos focos de calor e da fórmula de Monte Alegre no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 37(92): 535-543. doi: <https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.92.1440>.
- Martins, E.S.P.R. & Vasconcelos-Júnior, F.C. 2017. O clima da Região Nordeste entre 2009 e 2017: monitoramento e previsão. *Parcerias Estratégicas*, 22(44): 63-80.
- Miranda, E.E.; Moraes, A.V.C. & Oshiro, O.T. 2006. *Comunicado Técnico 18: Queimadas na Amazônia Brasileira em 2005*. Campinas, EMBRAPA, 19p.
- Morton, D.C.; Defries, R.S.; Shimabukuro, Y.E.; Anderson, L.O.; Arai, E.; Espírito-Santo, F.B.; Freitas, R. & Morisette, J.J. 2006. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(39): 14637-14641. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.0606377103>.
- Nepstad, D.C.; Moreira, A. & Alencar, A.A. 1999. *A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia*. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, IPAM, 203p. Disponível em: < <https://ipam.org.br/bibliotecas/floresta-em-chamas-origens-impactos-e-prevencao-do-fogo-na-amazonia/> >. Acesso em: 22 jun. 2020.
- NOAA. 2018. National Oceanic and Atmospheric Administration. El Niño Southern Oscillation 101 (ENSO). Disponível em: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/enso_101.html>. Acesso em 26 jun. 2018.
- Nunes, J.R.S. 2005. *FMA+ - um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná – Brasil*. Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Tese de Doutorado. 150p.
- Oliveira, G.S. 1999. *O El Niño e Você: o Fenômeno Climático*. São Paulo, Transec Editorial, 116p.
- Oliveira, K.A. 2017. *Estudo espaço-temporal de riscos de incêndios florestais na Amazônia brasileira*. Programa de Pós Graduação em Meteorologia Aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Tese de Doutorado, 234p.
- Oliveira, M.C.F.; Souza-Júnior, J.A.; Cruz, P.P.N. & Souza-Filho, J.D. 2016. Risco de ocorrência de queimada e de incêndio e as medidas de prevenções, em Belém – PA, ano de 2015. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(4): 1030-1042. doi: <https://doi.org/10.26848/rbfg.v9.4.p1030-1042>.
- Ribeiro, L.; Soares, R.V.; Batista, A.C. & Silva, I.C. 2011. Análise do perigo de incêndios florestais em um município da Amazônia Mato-grossense, Brasil. *Floresta*, 41(2): 257-270. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v41i2.21873>.
- Rodrigues, R.R. & McPhaden, M.J. 2014. Why did the 2011-2012 La Niña cause a severe drought in the Brazilian Northeast? *Geophysical Research Letters*, 41: 1012-1018. doi: <https://doi.org/10.1002/2013GL058703>.
- Setzer, A.W. & Sismanoglu, R.A. 2017. Risco de Fogo: Metodologia do cálculo – descrição sucinta da Versão 9. São José dos Campos, INPE. Disponível em: < http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/RiscoFogo_Sucinto_20130911.pdf >. Acesso em: 7 jan. 2017.
- Silva, J.C.; Fiedler, N.C. & Silva, G.F. 2001. Uso da Fórmula de Monte Alegre na determinação dos períodos críticos de ocorrência de incêndios florestais nas áreas de proteção ambiental do Gama Cabeça-de-Veados, Brasília, DF. *Brasil Florestal*, 20(1): 29-36.

A Influência de Eventos El Niño e La Niña na Avaliação dos Riscos de Ocorrência de Incêndios no Pará

Gustavo Corrêa Nascimento & Mônica Carneiro Alves Senna

- Sismanoglu, R.A.; Setzer, A.; Justino, F.B. & Lima, W.F.A. 2002. Avaliação inicial do desempenho do risco de fogo gerado no CPTEC. *In: ANAIS DO XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA*, Foz de Iguaçu-PR.
- Soares, R.V. 1972. Índices de perigo de incêndio. *Revista Floresta*, 3(3): 19-40.
- Soares, R.V. 1998. Desempenho da “Fórmula de Monte Alegre” índice brasileiro de perigo de incêndios florestais. *Cerne*, 4(1): 87-99.
- Soligo, M.F. 2016. *Estratégias de comercialização de soja no sul do Pará*. Programa de Pós Graduação em Agronegócio, Universidade Federal do Paraná, Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização. 43p.
- Souza, A.P.; Casavecchia, B.H. & Stangerlin, D.M. 2012. Avaliação dos riscos de ocorrência de incêndios florestais nas regiões Norte e Noroeste da Amazônia Matogrossense. *Scientia Plena*, 8(5): 1-14.
- Souza, E.B.; Kayano, M.T.; Tota, J.; Pezzi, L.; Fisch, G. & Nobre, C. 2000. On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic Dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960–1998. *Acta Amazonica*, 30(2): 305-318. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43922000302318>.
- Vale, J.R.B. 2019. *Análise da dinâmica do uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas do estado do Pará por meio da Plataforma Google Earth Engine*. Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal Rural da Amazônia, Trabalho de Conclusão de Curso. 67p.
- Ynoue, R.Y.; Reboita, M.S.; Ambrizzi, T. & Silva, G.A.M. 2017. *Meteorologia: noções básicas*. São Paulo, Oficina de Textos, 184 p.