

## *Meteorologia aplicada ao manejo ambiental: processo para o uso controlado do fogo no campo*

A inserção de medidas restritivas à utilização do fogo no campo em forma de multas, órgãos fiscalizadores e outras penalizações tem sido aplicada desde a criação do primeiro Código Florestal Brasileiro. Todavia, pesquisas recentes apontam que a gestão consciente na utilização do fogo é o primeiro passo para reduzir o alastramento de incêndios florestais e as consequências dos mesmos para a sociedade. À vista disso, esta pesquisa tem como objetivo elaborar, dentro do campo da Meteorologia, uma ferramenta que possa ser utilizada como auxílio a outros métodos de combate a queimadas pelos órgãos fiscalizadores. Para isso analisamos a variabilidade pluviométrica local levando em consideração os mecanismos oceano-atmosfera que foram atuantes no período de 2016 a 2019 na microrregião de Tomé Açu. Calculamos a média móvel para grupos de três dias para verificar a ocorrência de um volume médio pluviométrico seguro para criar um calendário de manejo indicando o momento mais seguro dentro de cada mês para a utilização do fogo no campo. Observamos que o número de queimadas varia de acordo com o tipo de uso e cobertura do solo e com o mecanismo oceano-atmosfera atuante, sendo o mês de setembro o mais relevante. Utilizamos o ano de 2020 para fazer a validação do calendário de manejo e constatamos que, de fato, a precipitação ocorreu dentro dos grupos esperados indicando a eficiência do mesmo para o auxílio no combate aos incêndios florestais.

**Palavras-chave:** Clima; Queimadas; Calendário de Manejo.

## *Meteorology applied to environmental management: process for the controlled use of fire in the field*

The insertion of restrictive measures to the use of fire in the field in the form of fines, inspection bodies and other penalties has been applied since the creation of the first Brazilian Forest Code. However, recent research points out that conscious management in the use of fire is the first step to reduce the spread of forest fires and their consequences for society. In view of this, this research aims to develop, within the field of Meteorology, a tool that can be used as an aid to other methods of combating fires by the inspection agencies. For this, we analyzed the local rainfall variability taking into account the ocean-atmosphere mechanisms that were active in the period from 2016 to 2019 in the Tomé Açu microregion. We calculated the moving average for groups of three days to verify the occurrence of an average safe rainfall to create a management calendar indicating the safest time within each month to use fire in the field. We observed that the number of fires varies according to the type of use and land cover and the ocean-atmosphere mechanism at work, with the month of September being the most relevant. We used the year 2020 to validate the management calendar and found that, in fact, precipitation occurred within the expected groups, indicating its efficiency in helping to fight forest fires.

**Keywords:** Climate; Burns; Management Calendar.

Topic: **Meteorologia e Climatologia**

Received: **12/12/2021**

Approved: **17/02/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Davi Miranda Costa**   
Universidade Federal do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0798242335523481>  
<http://orcid.org/0000-0002-0981-7530>  
[dm.costa2897@gmail.com](mailto:dm.costa2897@gmail.com)

**Maria Regina da Silva Oliveira**   
Universidade Federal do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6017780134473285>  
<http://orcid.org/0000-0002-7783-9803>  
[oliveiramr20@gmail.com](mailto:oliveiramr20@gmail.com)

**Giordani Rafael Conceição Sodré**   
Universidade Federal do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0513329362156835>  
<http://orcid.org/0000-0002-8918-973X>  
[giordani@ufpa.br](mailto:giordani@ufpa.br)

**Bergson Cavalcante de Moraes**   
Universidade Federal do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8462634544908052>  
<http://orcid.org/0000-0003-0052-1570>  
[Bergson@ufpa.br](mailto:Bergson@ufpa.br)



DOI: 10.6008/CBPC2318-2881.2022.001.0003

### Referencing this:

COSTA, D. M.; OLIVEIRA, M. R. S.; SODRÉ, G. R. C.; MORAES, B. C..  
Meteorologia aplicada ao manejo ambiental: processo para o uso controlado do fogo no campo. **Nature and Conservation**, v.15, n.1, p.29-39, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2022.001.0003>

## **INTRODUÇÃO**

As queimadas estão historicamente introduzidas nos processos agrícolas na Amazônia. Segundo Leonel (2000), o uso do fogo já era feito em pequenas propriedades por caboclos amazônicos e por indígenas. Todavia a utilização do fogo de forma equivocada por produtores de pequenas e médias propriedades rurais elevou o índice de focos de incêndio na Amazônia ocasionando muitas vezes a perda de grandes áreas florestais, a fauna e biodiversidade local e também acelerou o processo de empobrecimento do solo amazônico (FEARNSIDE, 2002; PEDROSO JUNIOR et al., 2008).

Atualmente, os produtores rurais do país ainda fazem a utilização do fogo da forma tradicional. Em regiões mais carentes, como Norte e Nordeste, tal prática é mais comum. A oposição destes produtores ao entendimento de novos mecanismos que permitem dissuadir a prática do uso do fogo, tem causado a continuidade de recordes de queimadas em todo o país (GONÇALVES, 2005).

Hoje no Brasil, os desmatamentos e as queimadas são dois dos agentes causadores de maior impacto na Amazônia, considerando-se que, ainda que distintos, são práticas relacionadas, haja vista que após a derrubada da vegetação local quase sempre há a queima do material vegetal (GONÇALVES et al., 2012).

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), cerca de 85% dos focos de queimada registrados no país nos últimos anos deram-se na localidade da Amazônia Legal, sobretudo nos estados do Pará, Maranhão, Tocantins, Rondônia, Mato Grosso e Acre. Os quais compreendem a zona do arco do desmatamento.

De acordo com Ferreira et al. (2005), o formato acerca do desmatamento e queimadas deriva da prática de ocupação realizada pelos governos militares durante a década de 1970, orientada pela integração nacional, na qual o desmatamento era a forma hegemônica de validar a posse da terra, permanecendo até nos dias de hoje, tendo em vista que pastagens e áreas abertas são entendidas como benfeitorias nos processos de validação de posses.

Tendo em vista o histórico de escassez de recursos financeiros dos produtores de pequeno e médio porte da região amazônica para adquirir máquinas pesadas para a remoção das árvores derrubadas e o uso do fogo ser considerado um método barato para preparar a terra para o plantio de culturas, existe uma racionalidade particular ao uso do fogo, haja vista que o fogo é utilizado como estimulante para o crescimento de gramíneas e também para matar plantas hostis que invadem as áreas de pastagens (NEPSTAD et al., 1994).

Em condições equilibradas e com os cuidados concernentes a clima, tipo de solo e outros fatores, o uso do fogo em práticas agrícolas pode ser proveitoso como trato cultural. Em muitos ambientes, as queimadas fazem parte do ecossistema local, e que os malefícios à fauna são relativos, havendo, em alguns casos, crescimento das populações em áreas incendiadas.

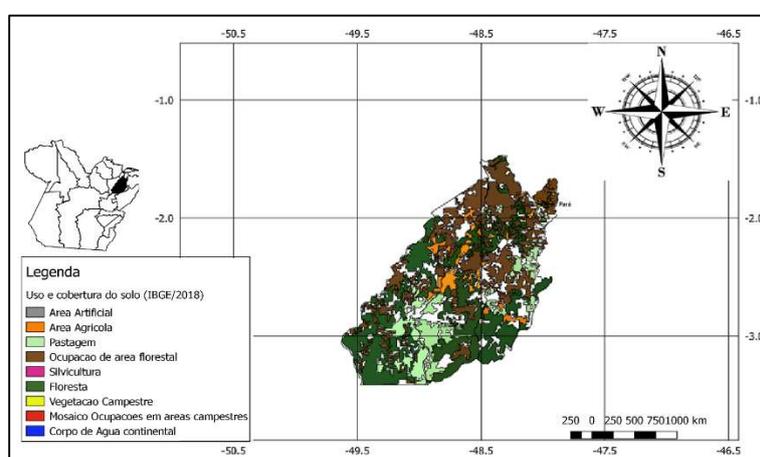
Dessa forma, a criação de medidas auxiliadoras para o uso correto do fogo por pequenos e médios produtores fazem-se necessárias para evitar seu uso exacerbado e, por conseguinte, o alastramento de incêndios na região amazônica.

O objetivo do projeto compreende a elaboração um calendário de manejo baseado na variabilidade pluviométrica para a microrregião de Tomé Açu que apresentou a maior densidade de queimadas por km<sup>2</sup> (Quilômetro quadrado) no período dos últimos cinco anos (2016-2020).

## METODOLOGIA

### Localização da área de estudo

A microrregião de Tomé Açu localiza-se ao norte brasileiro, na Mesorregião do Nordeste paraense, percorrendo uma área aproximada de 23.899 km<sup>2</sup>, entre as coordenadas 02°54'45' e 03°16'36' de latitude sul e de 47°55'38' e 48°26'44' de longitude. A microrregião é limitada ao norte pelos municípios de Concórdia do Pará e São Domingos do Capim, ao sul e leste pelo Município de Aurora do Pará e a oeste pelos Municípios de Tailândia e Acará (RODRIGUES et al., 2001).



**Figura 1:** Mapa de uso e cobertura do solo da microrregião de Tomé Açu.

De acordo com o IBGE, a população é estimada em 325.988 habitantes e está distribuída em cinco municípios: Acará, Concórdia do Pará, Moju, Tailândia e Tomé-Açu. Segundo (BOLFE et al., 2012), a média anual de precipitação da microrregião é de 2.300 mm e o clima é mesotérmico e úmido, do tipo Ami de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26 °C e umidade relativa do ar em torno de 85%.

## Dados

### Dados de precipitação

Os dados de precipitação aplicados nesta pesquisa foram baixados através do FileZilla FTP que é um servidor de código aberto utilizado para transferência de dados através do protocolo FTP (File Transfer Protocol) e angariados junto ao banco de dados do Climate Hazards Center (CHC) que atua como uma aliança de cientistas multidisciplinares que utilizam modelos climáticos e de culturas, observações terrestres por satélite e conjuntos de dados socioeconômicos para prever e monitorar secas e escassez de alimentos entre as populações mais vulneráveis do mundo.

Para criar as medições mais detalhadas da precipitação global, os pesquisadores do Climate Hazards

Group da UC Santa Barbara harmonizam os dados de satélites e estações meteorológicas no solo.

O conjunto de dados, conhecido como CHIRPS é disponibilizado em resolução temporal de 3 horas e resolução espacial de aproximadamente 0,05° (COMPO et al., 2006; SMITH et al., 2012). Para esta pesquisa foram angariados arquivos de precipitação de 1990 a 2020 (31 anos)<sup>1</sup>.

### **Focos de Queimadas**

Os focos de calor utilizados abrangem o período de 2016 a 2020 e foram colhidos junto ao banco de dados de queimadas (BD Queimadas do INPE). Estes focos foram identificados a partir de métodos operacionais, desenvolvidos pelo INPE, que utilizam imagens de satélites meteorológicos de órbita polares da série NOAA, EOS (TERRA/AQUA - Sensor MODIS) e satélites em órbita geoestacionária, GOES e METEOSAT. Mais detalhes sobre este banco de dados consultar Anderson et al. (2005).

### **Dados de uso do solo**

Os dados de uso e cobertura do solo da microrregião de Tomé-Açú foram adquiridos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que coordena um projeto sobre formas de uso do solo que tem como finalidade acompanhar as variações na cobertura vegetal do Brasil a cada dois anos. A última verificação publicada em 2016 exhibe as variações realizadas entre 2012 e 2014, neste intervalo, cerca de 4,6 % do território brasileiro sofreu algum tipo de mudança. Esta taxa de variação é maior que a observada no período anterior (2010-2012), que foi de 3,5 %. Parte desta diferença deve-se à atualização motivada pela disponibilização de novos materiais, como os novos mapeamentos estaduais de vegetação e de uso da terra, publicados pelo IBGE, e as imagens de satélite LANDSAT 8, cuja delegação ocorreu em 2013. No entanto, a maior parte desta diferença está diretamente ligada às mudanças nos aspectos de cobertura e uso da terra IBGE.

Segundo o manual do Monitoramento de Cobertura e Uso do Solo da Terra do Brasil (2014 - 2016) disponibilizado pelo IBGE. Os tipos de solo são classificados em: 1. Área Artificial; 2. Área Agrícola; 3. Pastagem com Manejo; 4. Mosaico de Ocupações em Área Florestal; 5. Silvicultura; 6. Vegetação Florestal; 9. Área Úmida; 10. Vegetação Campestre; 11. Mosaico de Ocupações em Área Campestre; 12. Corpo D'água Continental; 13. Corpo D'água Costeiro; 14. Área Descoberta.

### **METODOLOGIA**

Utilizamos o Software QGis para abrir os arquivos shapefile de todas as microrregiões do Estado do Pará e os arquivos relacionados aos focos de queimadas. Posteriormente, foi feita uma contagem dos focos de queimada para cada microrregião para, assim, sabermos qual era mais propícia ao uso do fogo.

Para identificar qual, de fato, era a microrregião mais problemática, em relação ao uso do fogo em práticas agrícolas, utilizamos a metodologia proposta por Bolwerk et al. (2021) na qual é necessário a divisão

---

<sup>1</sup> [https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/global\\_daily/netcdf/p05/](https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/global_daily/netcdf/p05/)

do número total de focos de queimadas pela sua área total, em quilômetros. Desta forma, é possível definir a densidade de área da concentração de focos de calor por quilômetro quadrado de cada microrregião.

Foi utilizado o software Qgis para realizar a divisão do território da microrregião selecionada por tipo de uso e cobertura do solo. Posteriormente, utilizando os dados de focos de calor, foi calculado o número de queimadas ocorridas sob cada tipo de solo. Assim, foi definido quais formas de uso e cobertura do solo são mais propícias à incidência de queimadas.

Utilizamos a série climatológica da precipitação do estado do Pará, no período de 1990 a 2019 (30 anos). Para obter as informações necessárias para esta pesquisa, utilizamos a metodologia proposta por Sodré et al. (2018), a qual consiste em selecionar pontos de latitude e longitude em várias partes da área de estudo, extrair a série de precipita o e calcular a média climatológica de  rea.

A extra o de série climatológica por ponto de latitude e longitude foi realizada utilizando o software Grads. Após o tratamento, os arquivos contendo as informa es de precipita o foram inseridos em uma planilha do Excel para que pudessem ser calculadas as m dias climatológicas de área da precipita o diária.

Em seguida foi necessário fazer uma média móvel, da série histórica de precipita o (1990-2019), considerando um período de três em três dias para que p d ssemos identificar a variabilidade temporal desejada. Está metodologia foi adotada baseando-se na pesquisa de Sodré et al. (2018), onde o intervalo de três em três dias foi definido com o intuito de criar um período seguro para ser usado como margem de segurança para o uso do fogo, reduzindo assim o risco de possíveis imprecisões.

Dessa forma, foram criados 29 grupos abrangendo os meses com até 31 dias, para meses com 28 ou 29 dias o calendário de manejo foi gerado considerando apenas até os grupos 25 e/ou 26 e para os meses com 30 dias, o calendário foi feito até o grupo 28.

**Tabela 1:** Grupo de três em três dias para a realiza o do cálculo das m dias móveis para a identifica o do padrão de precipita o.

Grupos	Dias	Grupos	Dias	Grupos	Dias
1	1_3	11	11_13	21	21_23
2	2_4	12	12_14	22	22_24
3	3_5	13	13_15	23	23_25
4	4_6	14	14_16	24	24_26
5	5_7	15	15_17	25	25_27
6	6_8	16	16_18	26	26_28
7	7_9	17	17_19	27	27_29
8	8_10	18	18_20	28	28_30
9	9_11	19	19_21	29	29_31
10	10_12	20	20_22		

**Fonte:** Adaptado de Sodré et al. (2018).

Seguindo a metodologia proposta por Sodré et al. (2018) o calendário de manejo foi elaborado considerando a média móvel de três dias e limiar de precipita o classificado em três classes: 1 - Chuva Intensa: 'Alerta ( mido)' (15 mm a 20 mm); 2 - A classe Chuva Moderada foi subdividida em: 'Favorável' (MM a 10 mm) e 'Recomendado' (10 mm a 15 mm); 3 - Chuva Fraca/Não Chuva: 'Alerta (seco)'.

Para valida o do Calendário de Manejo foi selecionado o mês com maior incidência de focos de queimadas do ano de 2020, observando quais mecanismos oceano-atmosfera foram atuantes no ano escolhido. A sele o foi baseada nos resultados do Multivariate ENSO Index (MEI), no qual a mudança de

valores positivos está ligada com o El Niño e valores negativos com o La Niña, sendo necessário pelo menos três meses decorrentes de resultados de mesmo sinal para indicar a ocorrência dos mesmos (ASHOK et al., 2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Identificação da Microrregião com maior densidade de queimada por área

O número de focos de queimada varia diretamente com a localização da microrregião e com a extensão territorial de cada uma. Na tabela 2, nota-se que em números absolutos de focos de queimadas detectados entre os anos de 2016 e 2020, as microrregiões de Altamira, Itaituba e São Félix do Xingu estão no topo da lista, no entanto, estas três microrregiões também são as maiores extensões territoriais. De acordo com o IBGE, o Estado do Pará possui onze microrregiões com dimensões territoriais distintas. Condição que requer maior atenção quando se quer observar a vulnerabilidade de uma área à incidência de queimadas, pois segundo Latorre et al. (2017) a mesma quantidade de focos em áreas de dimensões diferentes causará consequências distintas. Assim, calculamos a densidade de focos de queimadas por microrregião para definir qual região está mais vulnerável às consequências do excesso ou mau uso do fogo.

A microrregião que apresentou maior densidade de uso do fogo, como pode ser observado na Tabela 2, foi a de Tomé Açu, a qual apresentou uma densidade de 0,39 focos de fogo por Km<sup>2</sup> dentro do intervalo de 2016 a 2020. Seguida pelas microrregiões de Cametá e Castanhal com densidades de 0,30 e 0,31, respectivamente.

Segundo Sodré (2018) dentre as práticas que mais causam impactos sobre o solo está excesso do uso do fogo no campo, principalmente nos estados que compoem a Amazônia. Pesquisas têm sido realizadas para o desenvolvimento de novas tecnologias visando diminuir ou se possível eliminar a prática da queima nas atividades rurais. Porém, os esforos empregados desde o início da década de 1980, ainda não conseguiram resultados positivos, devido principalmente as questões econ micas e culturais que envolvem o uso da prática da queima na Amazônia.

Assim, identificar a microrregião mais vulner l a incidência de queimadas   o primeiro passo para compreender o comportamento do uso do fogo na Amazônia oriental. Outro aspecto, pelo fato de as queimadas estarem intimamente associadas às altera es no uso do solo,   importante entender como os focos de queimadas variam de acordo com a forma de uso e cobertura do solo.

**Tabela 2:** Microrregiões com maiores taxas de densidade de focos de queimadas do estado do Pará.

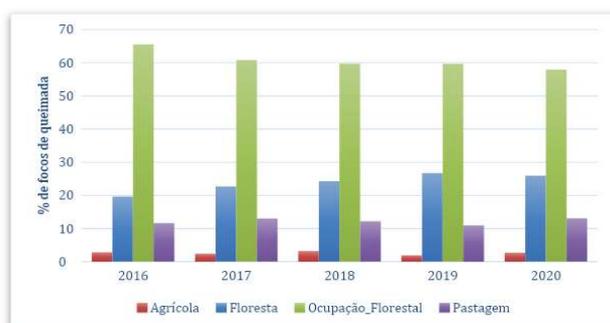
Microrregiões	2016	2017	2018	2019	2020	Total de focos	Área Microrregiões em km <sup>2</sup>	Focos/Km <sup>2</sup>
Tomé Açu	2175	2570	1334	1353	1959	9391	23899	0,39
Cametá	1335	1539	736	759	899	5268	16789	0,31
Castanhal	280	388	167	152	160	1147	3778	0,30
Conceição do Araguaia	1444	3198	793	1573	1797	8805	31764	0,28
Guamá	1411	2012	783	1124	1361	6691	28491	0,23

### Identificação do uso e cobertura do solo com maior incidência de queimadas

A microrregião de Tomé-açu possui, segundo o IBGE, nove formas de uso e cobertura do solo (Figura

1), sendo que a maior concentração de focos de queimadas está restrita a apenas quatro formas de uso do solo: áreas Agrícolas, áreas de Floresta, áreas de Pastagens e áreas de Ocupação Florestal. Sendo esta última a que apresentou maior concentração dos focos de queimadas (Figura 2).

Segundo o IBGE, a classe de 'Ocupação Florestal' é caracterizada pela ocorrência simultânea de várias formas de uso da terra, tais como: agricultura, pastagens e/ou silvicultura ligadas ou não a remanescentes de florestas, não sendo possível detectar a predominância ou individualizar cada forma de uso. Estão incluídas também as áreas com perturbações naturais e antrópicas, mecânicas ou não mecânicas que prejudiquem a caracterização da área.



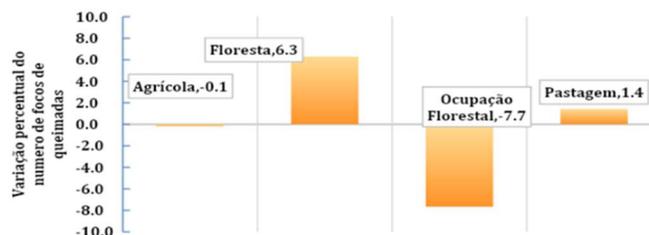
**Figura 2:** Percentual de incidência de queimadas sobre as áreas agrícolas, florestais, uso de ocupação florestal e pastagens compreendendo o período de 2016-2020.

No entanto, mesmo sendo uma forma de uso do solo com ampla diversidade na interferência antrópica, observou-se que a área de ocupação florestal apresentou um decaimento no número de queimadas dentro do período estudado, obtendo 65,5% dos focos de calor em 2016, 60,8% em 2017, 59,7% em 2018, 59,6% em 2019 e 57,9% em 2020. Comportamento também observável na área Agrícola, apresentando taxas de queimadas entorno 2,9 em 2016, 2,4% em 2017, 3,2% em 2018, 1,9% em 2019 e 2,7% em 2020.

Ao passo que as áreas de Pastagem e Floresta apresentaram comportamento inverso, observando um aumento no índice de queimadas no período de 2016 a 2020. A área de Pastagem apresentou 11,6% dos focos de queimadas em 2016, 13% em 2017, 12,2% em 2018, 10,9% em 2019 e 13,1% em 2020. A área de Floresta apresentou 19,6% do total de focos de queimadas em 2016, 22,7% em 2017, 24,3% em 2018, 26,7% em 2019 e 25,9% em 2020.

Considerando a variação do percentual de focos de queimadas entre os anos 2016 a 2020 nas quatro formas de uso do solo (Figura 3) nota-se que a forma de uso e cobertura do solo que teve maior elevação no número de queimadas foi a área de Floresta (6,3%), enquanto que a área de Ocupação Florestal foi a que apresentou maior taxa de redução (-7,7%).

O aumento do número de focos de queimadas observado na área de Floresta pode estar relacionado às recentes elevações na taxa de desmatamento florestal local, que segundo dados do PRODES/INPE, teve um aumento entorno de 11,4% entre 2016 e 2020 (Tabela 3). Segundo Copertino et al. (2019) o desmatamento e fogo estão intimamente relacionados na Amazônia, sendo esperado que, após o aumento registrado nas taxas de desmatamento, focos de queimadas aparecessem nas áreas mais desmatadas.



**Figura 3:** Percentual de variação incidência de queimadas nas diferentes formas de uso e ocupação do solo no período de 2016-2020.

**Tabela 3:** Taxa de desmatamento em áreas florestais na microrregião de Tomé-Açu entre os anos de 2016 a 2020.

	2016	2017	2018	2019	2020
km <sup>2</sup>	59,0	90,9	81,4	80,6	106,7
%	14,1	21,7	19,4	19,3	25,5

Fonte: PRODES/INPE.

### Calendário de Manejo

Apesar da área ‘Ocupação Florestal’ e ‘Floresta’ terem apresentado os maiores percentuais de focos de queimadas, o calendário de manejo elaborado nesta pesquisa foi direcionado somente para a forma de uso ‘Ocupação Florestal’, pois está por definição é a área que possui maior concentração de atividade antrópica IBGE.

Dentro do período de estudo, foi observado que o mês de setembro é o que apresenta maior incidência de focos que queimada na microrregião de Tomé-Açu, assim optamos por utilizar o mês mais ‘problemático’ para realizar a verificação e validação do calendário de manejo. Como pode ser observado na Figura 4, na qual é possível notar que os períodos favoráveis à utilização do fogo podem variar em relação a ação ou não de mecanismos oceano-atmosfera (El Niño / La Nina), os quais interferem diretamente no regime pluviométrico da região Amazônica (SODRÉ et al., 2015).

Em anos normais, observa-se que há baixa probabilidade de precipitação no mês de setembro, entretanto a maior possibilidade de haver pluviosidade, com valores percentuais acima de 50%, concentra-se entre os grupos 11, 12 e os grupos de 14 a 16. Verificamos também que há um período de estiagem no regime pluviométrico entre os grupos 17 e 26. Após esse período percebe-se que há probabilidade de precipitação acima de 50% ao final do mês nos grupos 27 e 28.

Em anos em que há influência de El Niño, percebe-se que há baixa probabilidade de precipitação durante quase todo o mês de setembro de forma que as maiores chances de ocorrer chuvas concentram-se entre os grupos 4 e 7.

Em anos em que há ação de La Niña, verificamos que há probabilidade de precipitação no início do mês, entre os grupos 3 e 6. No grupo 4 a probabilidade de precipitação é maior com valores acima de 70%. Verificamos também que após esse período, há baixa possibilidade de precipitação que se estende do grupo 5 ao grupo 13. O grupo 14, que compreende os dias 14, 15 e 16 do mês de setembro, apresenta valores percentuais acima de 50% para a possibilidade de chuvas na região. Após esse período, percebe-se que há um decaimento do volume e da frequência da precipitação que se estende do grupo 15 ao grupo 22 e, posteriormente, há um aumento do regime de precipitação entre os grupos 23 e 25.

A necessidade de criação de um calendário de manejo do fogo no campo é definida por Sodré et al.

(2018), onde foi observado que a de pendência da concentração de umidade na vegetação a ser queimada passa a ser o fator limitador para os produtores, condição que eleva a relação entre o número de focos de queimada e os fenômenos El Niño e/ou La Niña.

Em anos de El Niño, quando o volume pluviométrico fica abaixo do normal, a taxa de umidade sobre o ambiente a ser queimado é menor e os focos de queimada tendem a aumentar. Em anos de La Niña, com maior índice de pluviosidade, a taxa de umidade eleva-se acima do normal, inibindo o ambiente de sofrer queimadas e reduzindo o número de focos observados.

Assim, definir um período onde a ocorrência de precipitação pode ser usada como controle natural de uma queimada, apresenta-se como uma alternativa para um controle e redução de incêndios florestais.

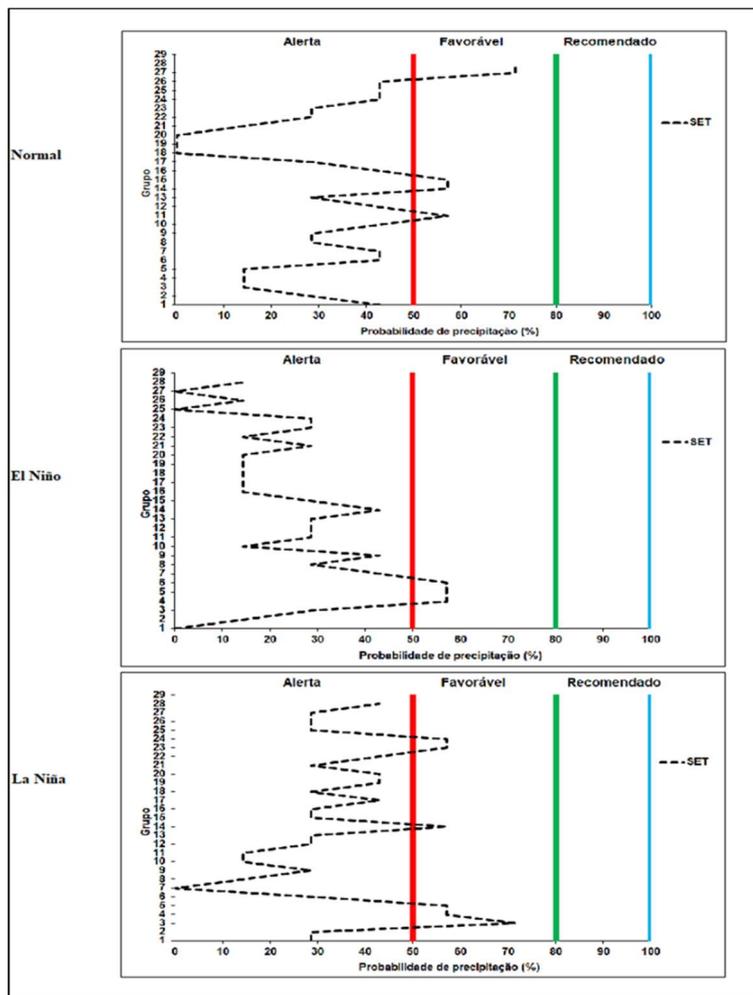


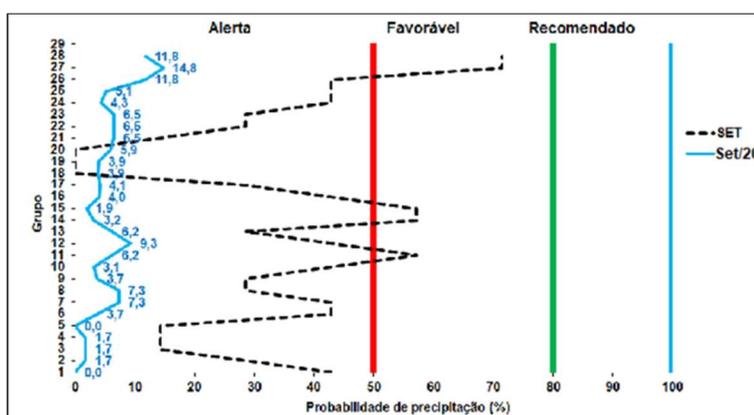
Figura 4: Representação do Calendário de Manejo do uso do fogo e suas variações em anos normais, de El Niño e de La Niña.

### Validação do calendário de manejo

Como observado anteriormente, o mês de setembro é o que apresenta maior incidência de focos de queimadas entre os anos de 2016 a 2020. Assim, utilizando a média móvel da precipitação do mês de setembro, em um intervalo de três dias, observado qual mecanismo oceano atmosfera modulou o período chuvoso, que segundo dados do índice MEI (GONZALES et al., 2021) o padrão oceano-atmosfera obteve condições próximas à neutralidade indicado que o ano de 2020, do ponto de vista meteorológico, foi considerado um ano normal.

Assim, na figura 5 nota-se que a precipitação observada no mês de setembro de 2020 ocorreu bem próxima à previsão estimada pelo calendário de manejo, indicando a aplicabilidade do mesmo para o mês selecionado. Nos grupos de 1 a 5, em que o calendário indicou baixa probabilidade de precipitação, verificamos que a ocorrência de chuvas ficou abaixo de 5 mm caracterizando Chuva Fraca/Não Chuva.

Ao fim do mês, nos grupos de 26 a 28, em que o calendário de manejo indicou probabilidade de precipitação acima de 50%, observou-se que a pluviosidade ficou acima de 10 mm de chuva, caracterizando Chuva Moderada – Recomendada.



**Figura 5:** Precipitação observada em milímetros (linha azul) e período previsto (linha pontilhada) para a queima na área de Ocupação Florestal no mês de setembro de 2020.

Segundo Copertino et al. (2019) O fogo tem sido usado tradicionalmente na agricultura e pecuária na Amazônia para o manejo e preparo do solo, pois é um método barato, acessível mesmo em áreas remotas, além de não demandar tecnologias ou maquinário. Embora a legislação proíba o uso do fogo na vegetação, ela abre exceção para essa prática em certas circunstâncias. De acordo com o artigo 38 do Código Florestal brasileiro (Lei nº 12.651/2012): ‘1 - em locais ou regiões que justifiquem o emprego do fogo em práticas agropastoris ou florestais, mediante prévia aprovação do órgão estadual ambiental’. Assim, desde que dentro das normas e em pequena escala, o uso do fogo é legal, pois, em princípio, a prática pressupõe a possibilidade de retorno da floresta após o cultivo.

## CONCLUSÕES

O entendimento acerca da variabilidade pluviométrica, sobretudo nos períodos secos, levando em consideração os dispares mecanismos oceano-atmosfera que modulam cada ano, é fundamental para a elaboração do calendário de manejo para definir o momento de menor risco para a utilização do fogo no campo. O calendário de manejo mostrou-se eficiente na localização do melhor momento para utilizar o fogo no campo, indicando que o mesmo pode ser uma contribuição considerável no processo de controle de queimadas na Amazônia, tomando como exemplo esta pesquisa na microrregião de Tomé Açu.

O manejo ambiental do fogo ainda é um tabu na Amazônia, todavia a utilização ponderada e monitorada do fogo vem sendo adotada por pesquisadores, gestores e órgãos ambientais que estão entendendo que é necessário que haja um controle no atual cenário de queimadas na Amazônia para reduzir os riscos de incêndios e, futuramente, projetar a diluição do número de atores que utilizam a queima como

forma de manejar e tratar o solo.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. C.; LIMA, A.; SHIMABUKURO, Y. E.. Burn scar detection based on linear mixture model and vegetation indices using multitemporal data from MODIS/TERRA sensor in Mato Grosso State. **Acta Amazonica**, v.35, n.4, p.445-456, 2005.

ASHOK, K.; BEHERA, S. K.; RAO, S. A.; WENG, H.; YAMAGATA, T.. El Niño Modoki and its possible teleconnection. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v.112, n.11, p.1-27, 2007.

BOLFE, É. L.; BATISTELLA, M.. Análise florística e estrutural de sistemas silviagrícolas em Tomé Açu, Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, 1139-1147, 2012.

BOLWERK, D. A.; ERTZOGUE, M. H.. Mudanças climáticas e/ou mudanças socioculturais na Amazônia Legal. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.1, p.202-213, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0017>

COMPO, G. P.; WHITAKER, J. S.; SARDESHMUKH, P. D.. Feasibility of a 100-year reanalysis using only surface pressure data. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.87, n.2, p.175, 2006.

COPERTINO, M.; PIEDADE, M. T. F.; VIEIRA, I. C. G.; BUSTAMANTE, M.. Desmatamento, fogo e clima estão intimamente conectados na Amazônia. **Cienc. Cult.**, v.71, n.4, 2019.

FEARNSIDE, P. M.. Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v.16, n.44, p.99-123, 2002.

FERREIRA, A. M. M.; SALATI, E.. Forças de transformação do ecossistema amazônico. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v.19, n.54, p.25-44, 2005.

GONÇALVES, J. S.. **A prática da queimada no saber tradicional e na concepção científica de risco: estudo sobre o uso do fogo por pequenos produtores rurais do norte do estado de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) - Universidade Federal do Viçosa, Viçosa, 2005.**

GONÇALVES, K. S.; CASTRO, H. A.; HACON, S. S.. As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.16, n.2, 2012.

GONZALES, E.; INGOL, E.. Determination of a New Coastal ENSO Oceanic Index for Northern Peru. **Climate**, v.9, n.5, p.71, 2021.

LATORRE, N. S.; OLIVEIRA, L. E.; ARAGÃO, C.; ANDRESON, L. O.. Impactos de queimadas sobre diferentes tipos de cobertura da terra no leste da Amazônia legal brasileira. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n.69, p.179-192, 2017.

LEONEL, M.. O uso do fogo: o manejo indígena e a piromania da monocultura. **Estud. Av.**, São Paulo, v.14, n.40, p.231-250, 2000.

NEPSTAD, D. C.; CARVALHO, C. R.; DAVIDSON, E. A.; JIPP, P. H.; LEFEBVRE, P. A.; NEGREIROS, G. H.; SILVA, E. D.; STONE, T. A.; TRUMBORE, S. E.; VIEIRA, S.. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures. **Nature**, v.372, p.666-669, 1994. DOI: <http://doi.org/10.1038/372666a0>

PEDROSO JUNIOR, N. N.; MURRIETA, R. S. S.; ADAMS, C.. A agricultura de corte e queima: um sistema em transformação. **Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Cienc. Hum.**, Belém, v.3, n.2, p.153-174, 2008.

RODRIGUES, T. E.; SANTOS, P. L.; ROLLIM, P. A. M.; SANTOS, E.; REGO, R. S.; SILVA, J. M. L.; GAMA, J. R. N.. **Caracterização e classificação dos solos do Município de Tomé Açu, PA.** Embrapa Amazônia Oriental, 2001.

SMITH, T. M.; ARKIN, P. A.; REN, L.; SHEN, S.. Improved reconstruction of global precipitation since 1900. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v.29, n.10, p.1505-1517, 2012

SODRÉ, G. R. C.; MORAES, B. C.; FERREIRA, D. S.; OLIVEIRA, J. V.; SOUZA, E. B.. Teleconexões oceânicas nos padrões climatológicos da Amazônia Oriental: análise dos últimos 40 anos (1974-2013). **Revista Brasileira de Climatologia**, v.17, 2015.

SODRÉ, G.; SOUZA, E.; OLIVEIRA, J.; MORAES, B.. Cálculo de risco e detecção de queimadas: uma análise na Amazônia oriental. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**, v.49, p.1-14, 2018. DOI: <http://doi.org/10.5327/Z2176-947820180345>

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea ([https://opensea.io/HUB\\_CBPC](https://opensea.io/HUB_CBPC)), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

*The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).*



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157774716499394561/>