

Análise da ocorrência de incêndios e queimadas mediante as condições climáticas e interferências antrópicas

Analysis of fire and burned occurrence according to climate conditions and anthropic interferences

Análisis de ocurrencia de incendios y quemaduras según condiciones climáticas e interferencias antropicas

Jocy Ana Paixão de Sousa

Doutora em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista – UNESP/Campus de Sorocaba. Professora da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB.
jocy@ufrb.edu.br / <http://orcid.org/0000-0003-0937-786X>

Rita de Cassia Ferreira da Silva

Doutora em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista – UNESP/Campus de Sorocaba.
rita.silva@unesp.br / <http://orcid.org/0000-0002-5858-3072>

Miqueias Lima Duarte

Doutor em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista – UNESP/Campus de Sorocaba.
miqueiaseng@hotmail.com / <http://orcid.org/0000-0001-8232-4655>

Roberto Wagner Lourenço

Doutor em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista - UNESP. Professor na Universidade Estadual Paulista – UNESP/Campus de Sorocaba.
roberto.lourenco@unesp.br / <http://orcid.org/0000-0002-5234-8944>

Recebido: 11/02/2021; Aceito: 19/06/2023; Publicado: 28/12/2024.

Resumo

Objetivou-se avaliar as ocorrências de incêndios e queimadas em função das variáveis climáticas e antrópicas representadas pelo Índice de Anomalia de Chuva (IAC) e pelo mapeamento de cobertura e uso da terra (MCUT). Para o IAC, utilizaram-se dados de chuva de uma série de trinta anos, e para o MCUT de 2010 e 2019 utilizaram-se imagens do sensor Vexcel Ultracam e do Satélite Sentinel 2B, respectivamente. Os dados de focos foram adquiridos no do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), referente ao período de 2014 a 2019. Os resultados mostraram que houve dezesseis anomalias negativas, destacando-se o ano de 2014 com IAC extremamente seco, e que nos anos de 2012, 2016 e 2019 os focos ocorreram em períodos com anomalias positivas. Quanto às classes da espacialização do IAC, a classe seco representou aproximadamente 50% da área total da bacia. Em relação aos tipos de cobertura e uso da terra, destacaram-se as florestas com mais mudanças. Concluiu-se que os focos não são apenas influenciados por fatores ambientais, mas sobretudo, por atividades humanas.

Palavras-chave: Condições climáticas; Atividades antrópicas; Dinâmica do uso do solo; Matriz de Mudança.

Abstract

The objective was to evaluate the occurrences of fires and burned in function of the climatic and anthropic variables represented by the Rainfall Anomaly Index (RAI) and mapping of land cover and use (MLCU). For the RAI, rain data from a series of thirty years was used, and for the MLCU of 2010 and 2019, images from the Vexcel Ultracam sensor and the Sentinel 2B Satellite were used, respectively. The outbreaks data were acquired from the National Institute for Space Research (INPE) for the period from 2014 to 2019. The results showed that there were sixteen negative anomalies, highlighting the year 2014 with extremely dry RAI and that in the years 2012, 2016 and 2019 the outbreaks occurred in periods with positive anomalies. As for the classes of spatialization of the RAI, the dry class represented approximately 50% of the total area of the basin. Regarding the types of cover and land use, forests stood out with more changes. It was concluded that the outbreaks are not only influenced by environmental factors, but especially, by human activities.

Keywords: Climate conditions; Human activities; Dynamics of land use; Change Matrix.

Resumen

El objetivo fue evaluar la ocurrencia de incendios y quemaduras en función de las variables climáticas y antrópicas representadas por el Índice de Anomalía de Lluvia (IAL) y el mapeo de cobertura y uso del suelo (MCUS). Para el IAL, se utilizaron datos de lluvia de una serie de treinta años, y para el MCUS de 2010 y 2019, se utilizaron imágenes del sensor Vexcel Ultracam y del Satélite Sentinel 2B, respectivamente. Los datos de los brotes fueron adquiridos del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) para el período de 2014 a 2019. Los resultados mostraron que hubo dieciséis anomalías negativas, destacando el año 2014 con IAL extremadamente seco y que en los años 2012, 2016 y 2019 los brotes ocurrieron en períodos con anomalías positivas. En cuanto a las clases de espacialización del IAL, la clase seca representó aproximadamente el 50% del área total de la cuenca. En cuanto a los tipos de cobertura y uso del suelo, se destacaron los bosques con más cambios. Se concluyó que los brotes no solo están influenciados por factores ambientales, sino especialmente, por actividades humanas.

Palabras clave: Condiciones climáticas; Actividades humanas; Dinámica de uso del suelo; Cambiar matriz.

Introdução

Incêndios florestais podem ocorrer de maneiras distintas dependendo de características regionais. Dentre os fatores que podem determinar sua ocorrência estão as diferenças climáticas (temperatura, umidade, velocidade do vento, dentre outros), o material combustível (tipo de vegetação representada pela produtividade e concentração de biomassa) e o comportamento cultural da população que vive no local representando a fonte de ignição (Machado e Lopes, 2014; Aragão et al., 2018).

Normalmente, esses eventos acontecem de maneira desordenada e sua origem pode ser natural, ocorrendo a partir de raios, ou antrópica a partir de cigarros, incendiários ou incêndios agrícolas que escapam para a vegetação nativa e modificam a estrutura das

comunidades vegetais, a química do solo e os ciclos do carbono e da água (Araújo; Ferreira; Arantes, 2012; Barlow et al., 2012).

No Brasil, o uso do fogo na agricultura ainda é considerado um método barato para renovação de pastagens e o preparo da terra para determinadas culturas. Essa prática é denominada como queimada controlada, diferente dos incêndios florestais (Tetto et al., 2015). As queimadas controladas são técnicas agrícolas tradicionais permitidas por lei, no entanto, para o seu controle são utilizadas técnicas de segurança como o conhecimento do clima local e a abertura de aceiros, que consiste em uma faixa do terreno sem vegetação, com o intuito de impedir o avanço das chamas (Silva; Pontes; Amorim, 2020).

Vale ressaltar que o tipo de bioma também pode determinar se a ocorrência dos focos de incêndio é natural ou não. Em biomas como o Cerrado, a vegetação herbácea é condicionada a evitar grandes perdas de água, no entanto em períodos de seca persistentes este tipo de vegetação não é capaz de acessar a água das camadas mais profundas do solo, o que pode aumentar sua propensão a queimadas (Nogueira et al., 2017). Já em biomas como a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica, a ocorrência de focos de incêndio naturais não é comum por se tratar de florestas úmidas, elas não possuem uma propensão natural a queimadas, ademais o período normal de ocorrência de incêndios varia de acordo com o início e o fim do período chuvoso (Silva et al., 2018).

Se natural no ecossistema, o fogo muitas vezes tem um papel regulador na renovação da vegetação, ao atuar como parte do processo de sucessão ecológica (Bowman et al., 2009, Pivello, 2011). Um levantamento recente do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) apontou que as principais causas antrópicas de incêndios florestais são manejo inadequado de queimadas, incendiários e desequilíbrios causados em períodos de secas persistentes (INPE, 2019).

Segundo Flannigan et al. (2013) e Torres et al. (2019), a sazonalidade e as mudanças na cobertura e uso da terra também estão ligadas a ocorrência de incêndios florestais. Guedes et al. (2020) afirma que a Mata Atlântica é mais vulnerável a incêndios florestais devido à sua fragmentação na paisagem e as pressões antrópicas que esses fragmentos sofrem em seu entorno, principalmente devido à presença de agricultura, sendo que os fragmentos florestais menores que 100 hectares são mais vulneráveis a incêndios florestais.

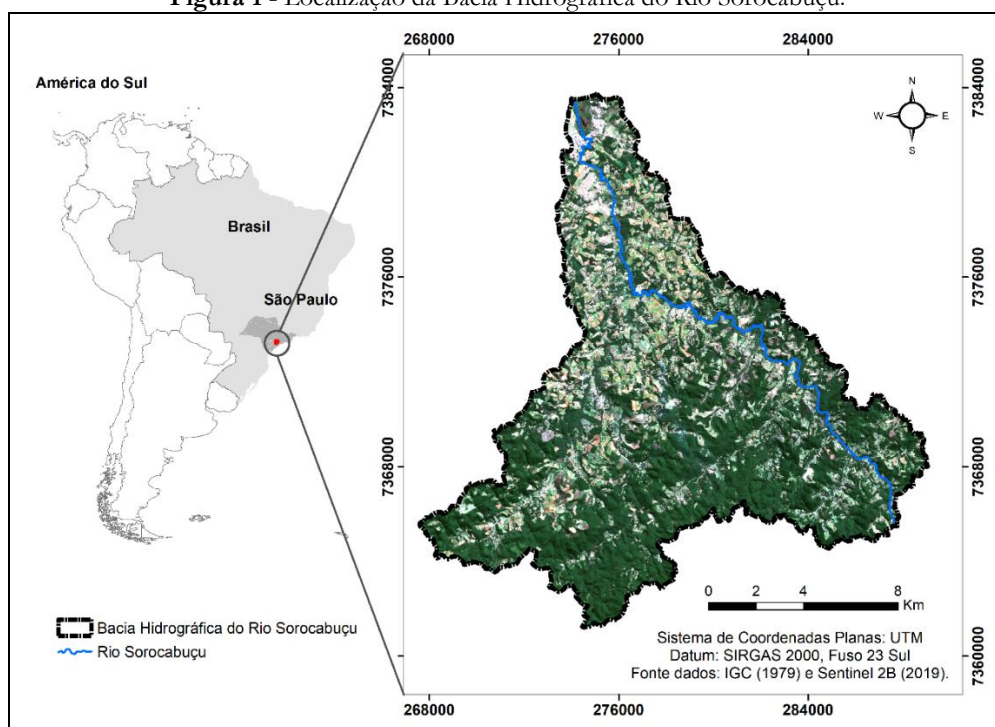
Nesse sentido, esta pesquisa busca demonstrar as possíveis relações entre a ocorrência de incêndios e queimadas com as condições climáticas e ações antrópicas na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu, localizada na região centro-leste do Estado de São Paulo, utilizando para isso a integração da variável Índice de Anomalia de Chuva (IAC) e as mudanças de cobertura e uso da terra.

Materiais e métodos

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu está localizada no município de Ibiúna, na região centro-leste do estado de São Paulo, com área aproximada de 202 km² (Figura 1). O rio principal dessa bacia, Rio Sorocabuçu, junto ao Rio Sorocamirim e o Rio Una, formam o Rio Sorocaba, que é responsável por abastecer um dos principais reservatórios públicos da região, a represa de Itupararanga (CBH-SMT, 2018; IGC, 1979), o que torna essa bacia relevante do ponto vista ambiental e socioeconômico.

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Apesar da importância hídrica da área de estudo, são observadas inúmeras atividades antrópicas, principalmente culturas temporárias, que são a principal fonte de renda da população local (Lopes et al., 2018), mas que também se constituem nas principais atividades de degradação das florestas e das águas fluviais.

O clima local caracteriza-se como Cwa, sendo do tipo temperado, apresentando verão com períodos quentes e úmidos (Dubreuil et al., 2017; Dubreuil et al., 2018), com o destaque para o mês de janeiro sendo o mais chuvoso e agosto o mais seco (DAEE, 2019). A temperatura média anual da região é de aproximadamente 20°C. A vegetação é típica do

bioma Mata Atlântica, principalmente floresta ombrófila densa, com áreas de florestas nativas marcada pela fragmentação (Lopes et al., 2018).

Quanto a pedologia, apresenta solos da ordem do Cambissolo, Gleissolos e Latossolos. Cambissolo são solos pouco profundos e característicos de relevo ondulado e fortemente ondulado. Gleissolos também são poucos profundos e estão em relevo plano. Latossolos são solos pouco profundos e muito profundos e estão em relevo ondulado e fortemente ondulado (Rossi, 2017).

Determinação do Índice de Anomalia de Chuva

Para determinação do Índice de Anomalia de Chuva foram obtidos dados de precipitação para uma série temporal de 30 anos disponibilizado pelo banco de dados hidrológicos dos Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) (DAEE, 2020). Foram consideradas para o estudo dados obtidos das estações pluviométricas que se encontravam a distância máxima de 20 km dos limites da bacia, além das que se encontravam nos domínios da bacia. Neste caso, a adoção de estações adjacentes é uma alternativa para que se possa obter a caracterização pluviométrica de determinada região, quando esta não apresenta estações suficientes (Oliveira et al., 2017).

Os dados foram organizados em uma planilha do Excel (Microsoft Corporation, 2016), sendo elaborado gráfico de precipitação ao longo do ano, e em seguida foi gerado o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) da área de estudo.

O IAC foi elaborado a partir dos dados de precipitação das estações pluviométricas visando a análise da variação das condições pluviométricas em escala espacial da área de estudo (Silva et al., 2009). Esse índice foi desenvolvido por Rooy e Van (1965) e por meio dele é possível obter as anomalias positivas (Equação 1) e anomalias negativas (Equação 2), sendo que essas anomalias são calculadas levando em consideração as precipitações que estão acima da média histórica e para aquelas que se apresentam abaixo, respectivamente (Lima et al., 2019).

$$IAC = 3 * \left(\frac{N-n}{M-n} \right) \quad [1]$$

$$IAC = -3 * \left(\frac{N-n}{\bar{X}-n} \right) \quad [2]$$

Sendo que:

N é a precipitação observada para cada ano (mm);

n é a precipitação média anual da série histórica (mm);

M é a média das dez maiores precipitações mensais da série histórica (mm);

X é a média das dez menores precipitações mensais da série histórica (mm);

Em seguida, foi realizado uma categorização do IAC conforme intervalos descritos por Freitas (1998), Freitas (2004) e Araújo e Silva (2011) que definem em classes variando entre extremamente úmido, muito úmido, úmido, seco, muito seco e extremamente seco (Tabela 1).

Tabela 1 – Classes do IAC.

Classificação da Pluviosidade	Índice de Anomalia da Chuva (IAC)
Extremamente úmido	$IAC > 4$
Muito úmido	$2 < IAC \leq 4$
Úmido	$0 < IAC \leq 2$
Seco	$-2 < IAC \leq 0$
Muito seco	$-4 < IAC \leq -2$
Extremamente seco	$IAC < -4$

Fonte: Adaptado de Freitas (1998), Freitas (2004) e Araújo e Silva (2011).

A partir da média dos dados de precipitação anual de cada estação obteve-se o IAC, para que assim pudesse ser espacializado. Para a espacialização utilizou o *software* ArcGIS 10.5 (Esri, 2016), na qual fez-se a interpolação das informações por meio do método Inverso Ponderado da Distância (*Inverse Distance Weighting* - IDW). Esse procedimento é realizado pela função conhecida como IDW, que se encontra na seção de ferramentas de análises espaciais (*Spatial Analyst Tools*). Na equação 3 tem-se a forma como se processa o IDW.

$$Z = (\sum_{i=1}^n \frac{1}{(di)^p} Zi) / (\sum_{i=1}^n \frac{1}{(di)^p}) \quad [3]$$

Sendo que:

Z é o valor do ponto a ser estimado;

Zi é valor do ponto conhecido;

Di é a Distância euclidiana ente o ponto conhecido e o ponto a ser estimado;

P é o expoente adotado, neste caso ao quadrado;

N é o número de pontos conhecidos.

Obtenção dos dados de focos de incêndios e queimadas

Dados sobre focos de incêndios e queimadas foram obtidos através de pesquisa na página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2020), banco de dados BDqueimadas. Foram utilizados os dados dos focos de incêndios e queimadas detectados pelos satélites NOAA, AQUA/TERRA, NPP-375, entre os anos de 2010 a 2019, tendo como referência espacial o município no qual a bacia está inserida. Após a aquisição dos dados, estes foram tratados em planilhas formadas por colunas contendo um sistema de coordenada geográfica x e y referente à localização do evento e linhas referentes ao número de ocorrências. Posteriormente foi convertido em arquivo no formato de arquivo vetorial e espacializado sobre os limites da bacia hidrográfica.

Mapeamento do uso da terra

Os mapas de uso da terra para os anos de 2010 e 2019 foram gerados com o auxílio do software ArcGIS 10.5 (Esri, 2016). Para 2010 foram utilizadas as imagens do sensor *Vexcel Ultracam* com resolução espacial de 0,45 metro cedido pelo Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC, 2010).

Mediante o mapeamento de 2010 e com auxílio da imagem do Sentinel foi obtido o mapeamento do ano de 2019, ambos realizados por meio da classificação visual, portanto, este último mapeamento também corresponde a 0,45 metro. Além disso, para o ano de 2019 teve-se o apoio do Google Earth Pro (GOOGLE LLC, 2019) para retificação. Nesse sentido, as imagens do Sentinel serviram então para auxiliar na atualização do mapeamento, no qual foi possível identificar as mudanças ocorridas. Foram utilizados esses períodos em virtude de já existir um mapeamento com boa qualidade (2010) e objetivando comparar a situação de uso com um ano mais atual (2019).

As imagens do Sentinel-2B são referentes a 08 de agosto de 2019, em que para composição natural e identificação das classes de cobertura e uso da terra foram utilizadas as bandas da faixa do visível, R4, G3 e B2, com resolução espacial de 10 metros. Para a atribuição das classes, utilizou o Manual de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), adaptando-as conforme a necessidade.

Essas imagens foram obtidas na plataforma do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2019) com correção geométrica, radiométrica e reflectância para topo da atmosfera (*Top-of-atmosphere*-TOA), sendo necessário corrigir para reflectância na base da atmosfera (*Bottom-of-atmosphere*-BOA), procedimento realizado por meio da extensão SNAP, versão 7.0.3 (SNAP, 2020).

Estudo da mudança do uso da terra

Para verificar as mudanças na cobertura e uso da terra no período de 2010 a 2019, foi construída uma matriz na qual se calcularam as áreas a partir de uma tabulação cruzada mediante os períodos do mapeamento. Como resultado, uma tabela é gerada com valores de quantidade de ganho ou perda de áreas de acordo com as classes utilizadas no mapeamento de cobertura e uso da terra. Portanto, essa matriz possibilita quantificar as áreas que foram convertidas para outras classes e aquelas que se mantiveram em um determinado período. Para o desenvolvimento desta etapa foi utilizada a ferramenta *Tabulate Area* do ArcGIS 10.5 (Esri, 2016).

Verificação da relação entre as variáveis e integração dos dados

A análise da relação entre as ocorrências de focos de incêndios e queimadas com o IAC e as classes de cobertura uso da terra foi realizada a partir da função *Intersect* do ArcGIS 10.5 (Esri, 2016). Essa ferramenta intersecciona duas camadas produzindo de saída uma outra camada de informação que apresenta apenas o que se sobrepõe em todas as camadas de entrada, combinando as tabelas de atributos das respectivas camadas.

Para se ter uma relação do IAC com os focos de incêndios e queimadas foram utilizados apenas o período de 2010-2019, pois foi o período que abrangia o ano inicial (2010) e final (2019) do mapeamento de cobertura e uso da terra, que são os anos de enfoque do estudo. Portanto, para a comparação dos comportamentos dos focos com o tipo de cobertura, apenas utilizaram-se os focos referentes ao ano de 2010 e 2019.

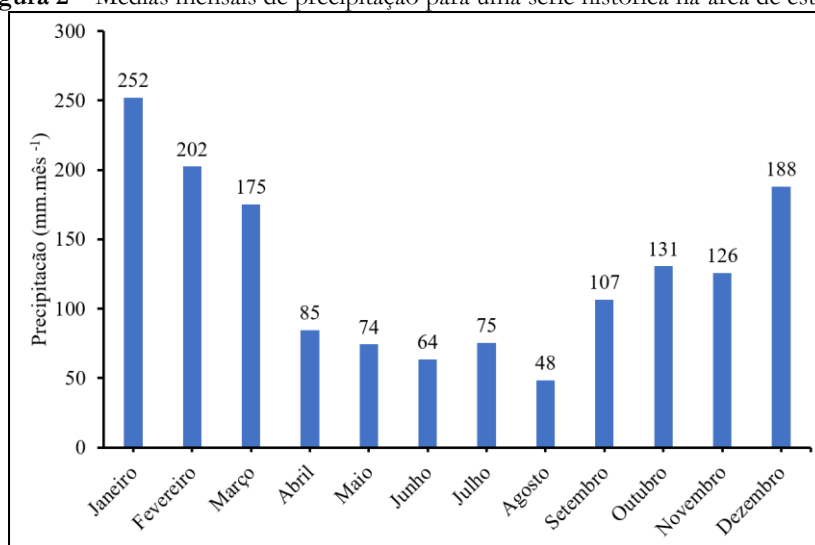
Resultados e discussão

A Figura 2 apresenta a distribuição da precipitação média mensal da série histórica entre 1989 a 2019, observado para a Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu.

Observa-se que o período com maior índice de precipitação corresponde ao mês de janeiro, com média mensal de $251,944 \text{ mm.mês}^{-1}$, enquanto para agosto tem-se as menores ocorrências de chuvas, aproximadamente 48 mm.mês^{-1} . Na Figura 2 também é possível notar a sazonalidade regional, na qual entre janeiro a agosto (com exceção ao mês de julho) a precipitação ocorreu de forma decrescente, e a partir de setembro a dezembro (com exceção de novembro) a precipitação ocorre de forma crescente, com diferença 204 mm.mês^{-1} entre o mês mais chuvoso (janeiro) e o menos chuvoso (agosto) para a série histórica de 30 anos.

|Jocy Ana Paixão de Sousa | Rita de Cassia Ferreira da Silva | Miqueias Lima Duarte |
|Roberto Wagner Lourenço|

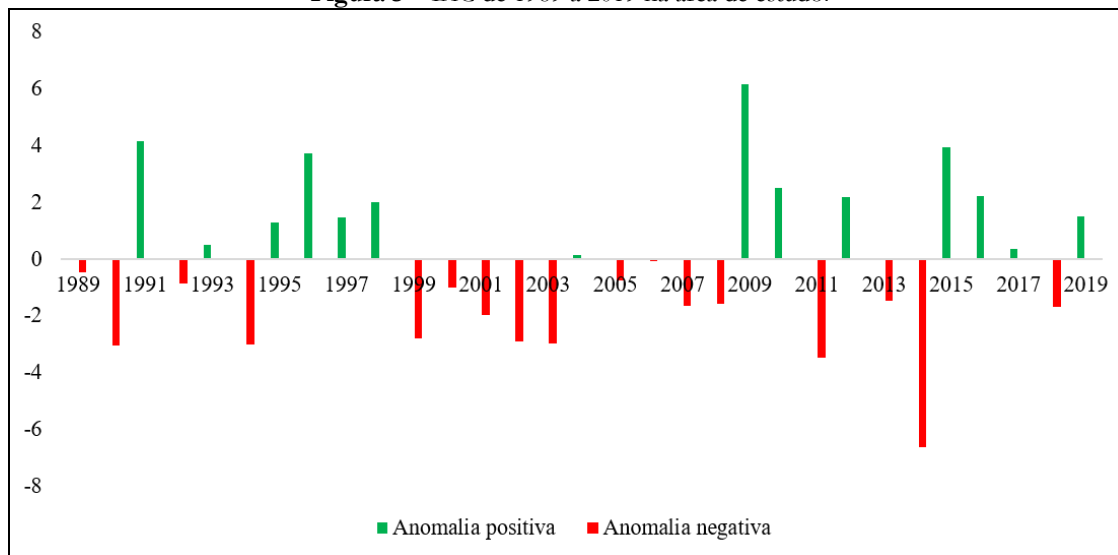
Figura 2 – Médias mensais de precipitação para uma série histórica na área de estudo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Com relação ao IAC (Figura 3), os anos de 1989, 1990, 1992, 1994, 1999, 2001, 2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008, 2011, 2015 e 2018 apresentaram anomalias negativas, portanto anos secos, enquanto os anos de 1991, 1993, 1995, 1996, 1997, 1998, 2004, 2009, 2010, 2012, 2015, 2016, 2017 e 2019 positivas, ou seja, anos chuvosos.

Figura 3 – IAC de 1989 a 2019 na área de estudo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

No total, foram observadas 16 anomalias negativas, sendo que nove delas (aproximadamente 56%), referentes aos anos de 1989, 1992, 2000, 2001, 2005, 2007, 2009, 2013 e 2019, encontram-se no intervalo entre 0 a -2, o que indica que foram anos considerados secos. No intervalo muito seco tem-se os anos de 1990, 1994, 1999, 2002, 2003 e 2011. No entanto, observa-se que houve apenas um ano em que o IAC foi

extremamente seco, o de 2014. Para as anomalias positivas, verifica-se que os anos de 1993, 1995, 1996, 1997, 1998, 2004, 2009, 2010, 2017 e 2019 foram considerados úmidos, 1996, 2010, 2012 e 2016 como muito úmido e 1991, 2009 e 2015 como extremamente úmido.

Nota-se que de 1995 a 1998 houve um período de anomalias positivas, enquanto a sequência de 1999 a 2003 teve anomalias negativas, cessado em 2004 com o IAC entre 0 e 2, e entre os anos 2005 a 2008 o IAC voltou a indicar anomalias negativas.

O valor de IAC para o ano de 2014, considerado extremamente seco para a área de estudo, coincide com um período conhecido por intensa seca que ocorreu na região. Nobre et al. (2016) mostraram, por exemplo, que sobre um importante sistema de reservatório (Cantareira), responsável pelo abastecimento de água para a região metropolitana de São Paulo, houve baixos valores de precipitação, tendo em vista o períodos de grande estiagem, que não ocorriam desde o ano de 1962. É possível também verificar na pesquisa desses autores, que em anos consecutivos, de 1999 a 2003, constatou-se um período de anomalias negativas que coincide com que foi observado neste estudo.

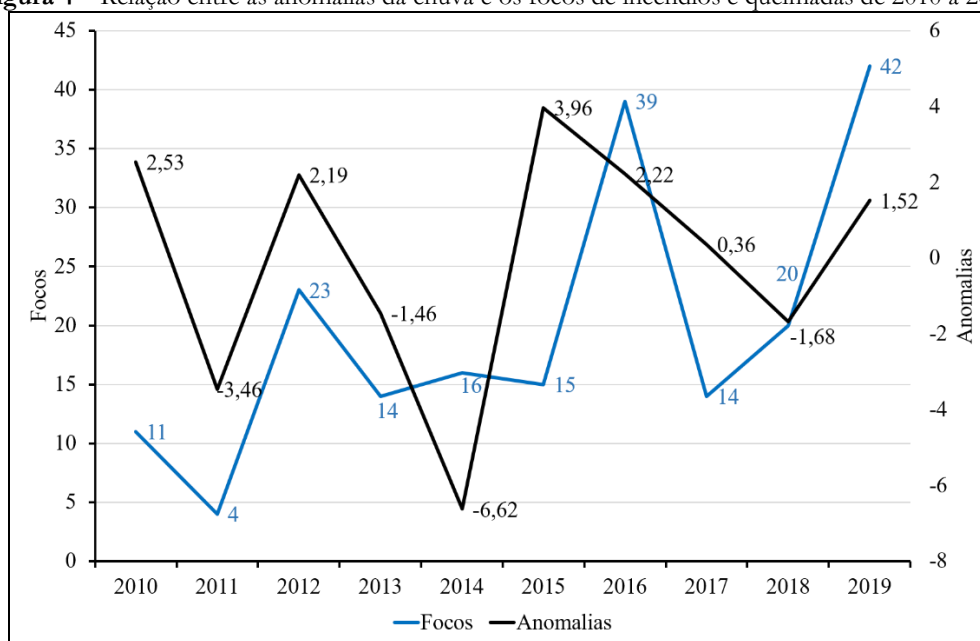
Segundo Chechi e Sanches (2013), a ocorrência de fenômeno de El Niño, somado com as mudanças da atmosfera nas proximidades dos oceanos e enfraquecimento dos ventos alísios, contribuem para as alterações na atmosfera. Isso faz com que ocorra alterações na distribuição de umidade e consequentemente nos padrões de precipitação. Isso pode influenciar, entre outras coisas, a variação das chuvas e consequentemente na ocorrência de incêndios (Littell et al., 2016).

A seca em diferentes escalas de tempo pode influenciar diretamente nas chances de ignição, como também na disponibilidade de materiais combustíveis, mas em um curto espaço de tempo vai interferir na umidade e na propagação do fogo. No entanto, a intensidade com que esses eventos podem ocorrer está relacionado aos fatores locais, tais como a dinâmica de uso da terra e a cultura da população local (Littell et al., 2016).

A Figura 4 mostra o gráfico do número de focos de incêndios em função das anomalias de chuva observadas de 2010 a 2019. Os anos de 2011, 2013, 2014 e 2018 foram os únicos em que se verificou o aumento das anomalias negativas. Em meados de 2015 até aproximadamente a metade do ano de 2016, verificou-se que, mesmo com as anomalias se caracterizando como úmidas, uma tendência na redução da umidade aumentou o número de focos.

|Jocy Ana Paixão de Sousa | Rita de Cassia Ferreira da Silva | Miqueias Lima Duarte |
|Roberto Wagner Lourenço|

Figura 4 – Relação entre as anomalias da chuva e os focos de incêndios e queimadas de 2010 a 2019.

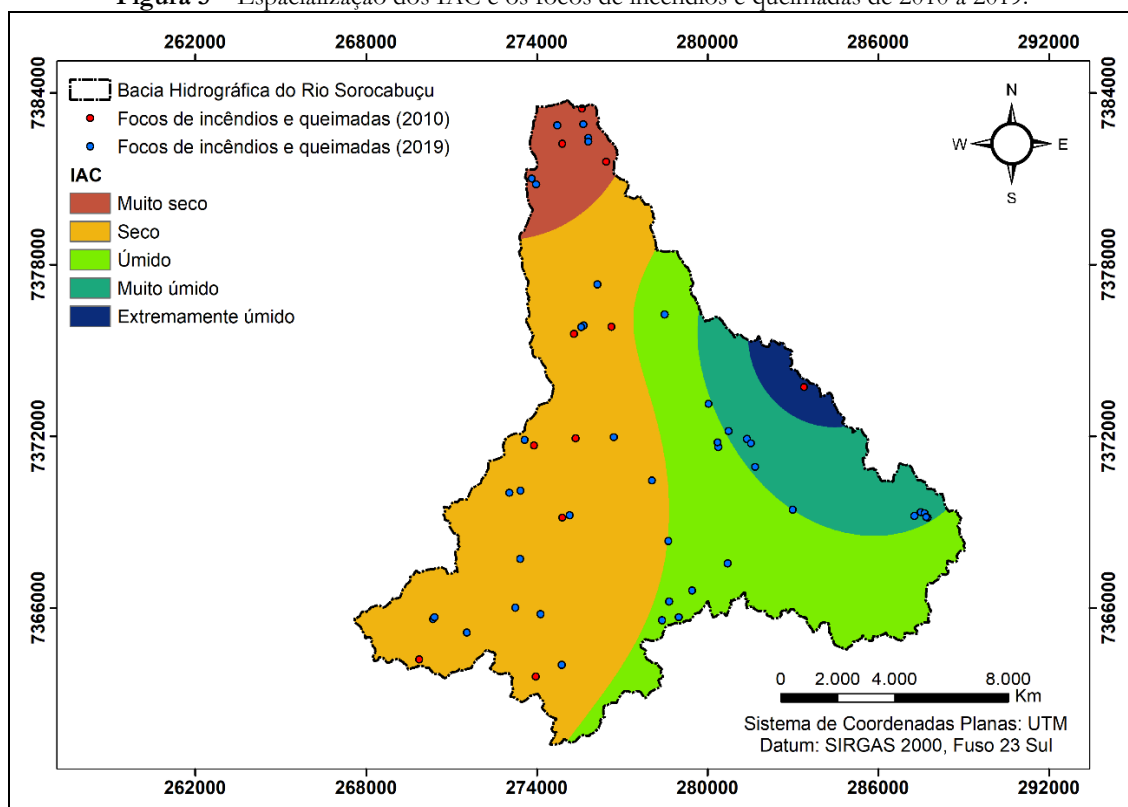


Fonte: Elaborada pelos autores.

Foi possível observar que, os anos com maiores focos de incêndios e queimadas (2012, 2016 e 2019), ocorreram em períodos com anomalias positivas e o ano com menor quantidade de focos (2011) em uma anomalia negativa. Isso indica que o regime de incêndios na região é pouco influenciado pelas anomalias climáticas e provavelmente mais influenciado por atividades humanas que contribuem para os incêndios e queimadas. De acordo com Santos et al. (2019), em uma análise temporal dos focos de calor no estado de Minas Gerais verificaram que a pluviosidade apresenta uma influência parcial sobre as ocorrências de focos, já que outros fatores também contribuem para o padrão distribuição desses focos.

A Figura 5 apresenta a espacialização dos focos de incêndio e queimadas para os anos de 2010 e 2019 e o IAC classificado em muito seco, seco, úmido, muito úmido e extremamente úmido para a bacia hidrográfica. Observa-se que todas as classes foram representadas, exceto a extremamente seco. Na Tabela 2 apresenta-se o quantitativo das ocorrências de incêndio e queimadas para o ano de 2010 e 2019 em função do IAC.

Figura 5 – Espacialização dos IAC e os focos de incêndios e queimadas de 2010 a 2019.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 2 – Quantificação da área do IAC e das ocorrências de focos de incêndios e queimadas.

IAC	Área (ha)	Área (%)	Focos 2010	Focos 2019
Muito seco	1.084,68	5,35	3	6
Seco	10.112,19	49,90	7	16
Úmido	6.057,60	29,89	0	10
Muito úmido	2.538,06	12,52	1	10
Extremamente úmido	474,96	2,34	0	0
Total	2.0267,49	100,00	11	42

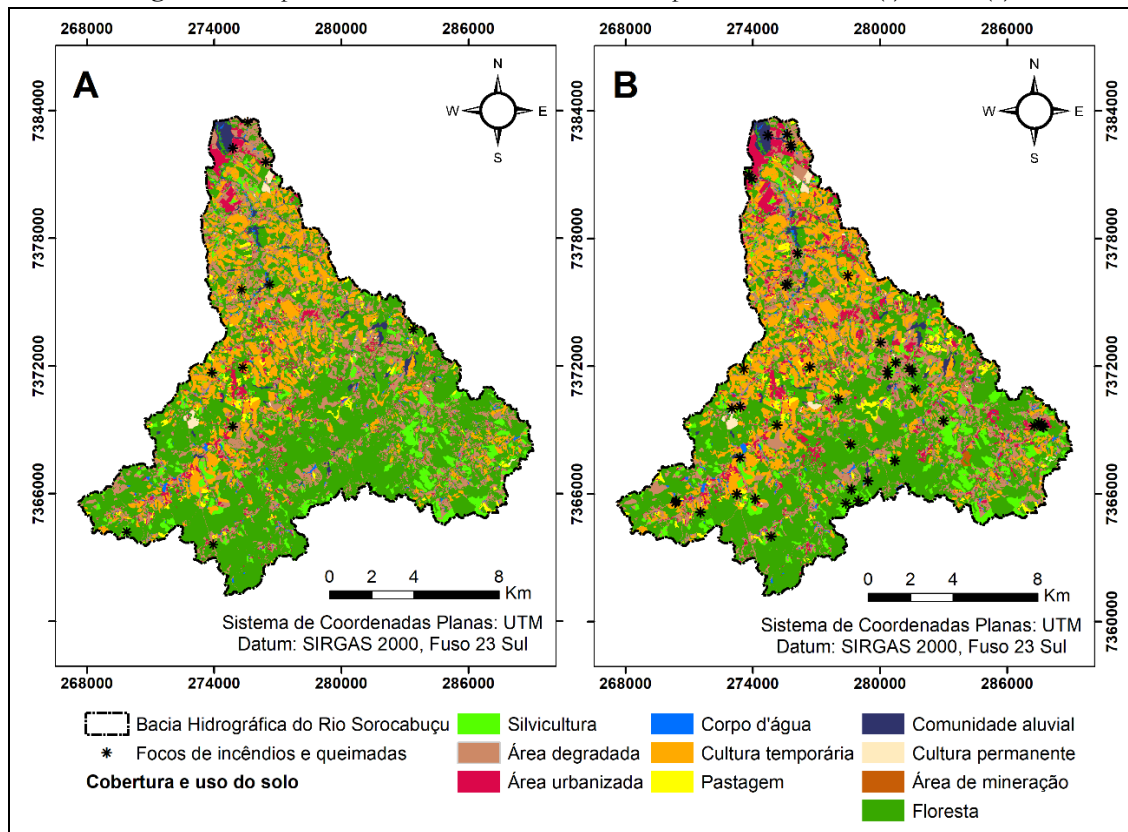
Fonte: Elaborada pelos autores.

O IAC classificado como seco apresentou uma área de 10.112,19 ha, o que corresponde a quase 50% da área total da bacia. A classe muito seco correspondeu a 5,35%, a classe úmido 29,89%, muito úmido 12,52% e, por fim, apenas 2,34% ao extremante úmido. Ao total ocorreram 11 focos de incêndios e queimadas na bacia em 2010 e 42 em 2019. Estes prevaleceram sobre as áreas que indicam o IAC seco, com 64% do total de focos em 2010 e 38% em 2019.

Observa-se que em 2010 as áreas que se encontravam sobre o IAC úmido e extremamente úmido não apresentaram focos e aquelas como muito úmido apenas um foco, porém, em 2019, as áreas úmidas e muito úmidas foram consideradas áreas com o segundo maior quantitativo de focos (Figura 5 e Tabela 2).

As Figuras 6A e 6B mostram os focos de incêndios e queimadas sobrepostos aos mapas de cobertura e uso da terra de 2010 e 2019, respectivamente.

Figura 6 – Mapeamento da cobertura e uso da terra para o ano de 2010 (a) e 2019 (b).



Fonte: Elaborada pelos autores.

Foram mapeadas dez classes de cobertura e uso da terra, sendo, floresta, silvicultura, área urbanizada, corpo d'água, área degradada, cultura temporária, pastagem, comunidade aluvial, cultura permanente e área de mineração. É importante destacar que as áreas ocupadas por florestas se referem à mata nativa, enquanto as áreas degradadas são locais que apresentam pouca vegetação (gramínea/herbácea) resultante possivelmente de um processo de desmatamento ou áreas que foram abandonadas.

A Tabela 3 mostra a matriz de mudança de uso da terra de 2010 para 2019, em que os valores em destaque na diagonal referem-se à quantidade de áreas que foram mantidas de um ano para outro, e os valores fora dessa diagonal representam as perdas, quando a leitura é feita no sentido linha-coluna, já quando a leitura é ao contrário, representam os ganhos.

Tabela 3 – Matriz de mudança da cobertura e uso da terra de 2010 para 2019.

Cobertura e uso da terra (ha), 2010	Classe	Cobertura e uso da terra (ha), 2019										Total 2010
		F	S	Au	Ca	Ad	Ct	P	Cal	Cp	Am	
	F	9.261	89	123	19	837	206	28	0	3	3	10.569
	S	3	1.086	6	0	18	28	3	0	2	0	1145
	Au	0	0	752	0	7	9	1	0	0	0	769
	Ca	0	0	0	203	2	0	0	0	0	0	205
	Ad	4	81	435	15	2.949	382	115	0	21	17	4.019
	Ct	0	16	21	0	37	2.767	9	0	5	0	2.856
	P	0	4	3	0	9	49	286	0	0	0	352
	Cal	0	0	0	0	0	0	0	270	0	0	271
	Cp	0	2	0	0	2	2	0	0	72	0	78
	Am	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
	Total 2019	9.268	1.279	1.342	237	3.861	3.444	441	270	103	23	20.268

Legenda: F - Floresta, S - Silvicultura, Au - Área urbanizada, Ca - Corpo d'água, Ad - Área degradada, Ct - Cultura temporária, P - Pastagem, Cal - Comunidade aluvial, Cp - Cultura permanente, Am - Área de mineração. Fonte: Elaborada pelos autores.

Pode-se afirmar pela matriz que as maiores coberturas eram de florestas em 2010 com 10.569 ha (52%) e em 2019 passaram a 9.268 ha (46%), seguidas por áreas degradadas com 4.019 ha (20%) e 3.861 ha (19%), culturas temporárias, 2.856 ha (14%) e 3.444 ha (17%), respectivamente de 2010 para 2019. As menores quantidades de cobertura foram para a área de mineração, que representou 3 ha (0,01%) em 2010 e 23 ha (0,11%) em 2019 (Figura 6 e Tabela 3).

As áreas ocupadas por florestas foram reduzidas em 1.308 ha (12%), mudança que pode ter ocorrido principalmente em função das áreas degradadas, das culturas temporárias e áreas urbanizadas, o que representam 7,9%, 1,9% e 1,2%, respectivamente, das áreas de florestas possivelmente desmatadas de 2010 a 2019. As áreas degradadas, consideradas como locais que apresentam algum tipo de vegetação, mas com grandes interferências antrópicas, foram convertidas sobretudo em áreas urbanizadas e culturas temporárias, com 435 ha (11%) e 382 ha (9,5%), concomitantemente, do total de áreas degradadas que foram suprimidas.

As culturas temporárias apresentaram um acréscimo de 3% entre os dois períodos estudados. Para as demais atividades antrópicas também se observou um aumento, sejam estas agrícolas, como, a silvicultura, pastagem e cultura permanente ou não agrícolas, área urbanizada e área de mineração. O principal ganho de áreas de culturas temporárias foi sobre áreas de florestas e de áreas degradadas.

Vários estudos realizados em áreas adjacentes a este, tem mostrado que nos últimos anos essas transformações da paisagem ocorrem de forma sistêmica sobre a área natural, onde há a perda principalmente de florestas, para atender atividades antrópicas (Andrade; Lourenço, 2016; Lopes et al., 2018; Miyano et al., 2020).

|Jocy Ana Paixão de Sousa | Rita de Cassia Ferreira da Silva | Miqueias Lima Duarte |
|Roberto Wagner Lourenço|

Na Tabela 4 são mostrados os focos de incêndios e queimadas observadas em 2010 e 2019 em função do IAC e das classes de cobertura e uso da terra.

Tabela 4 - Focos de incêndios e queimadas em função do IAC e das classes de cobertura e uso da terra.

2010							
IAC	Ad	Cal	Au	Ct	F	S	Total
Muito seco	1	0	0	0	2	0	3
Seco	2	0	0	1	3	1	7
Úmido	0	0	0	0	0	0	0
Muito úmido	0	0	0	0	1	0	1
Extremamente úmido	0	0	0	0	0	0	0
Total	3	0	0	1	6	1	11
2019							
Muito seco	4	2	1	0	0	0	6
seco	6	0	0	4	4	1	16
úmido	0	0	0	1	8	1	10
Muito úmido	3	0	0	0	3	4	10
Extremamente úmido	0	0	0	0	0	0	0
Total	13	2	1	5	15	6	42

Legenda: F - Floresta, S - Silvicultura, Au - Área urbanizada, Ca - Corpo d'água, Ad - Área degradada, Ct - Cultura temporária, P - Pastagem, Cal - Comunidade aluvial, Cp - Cultura permanente, Am - Área de mineração. Elaborada pelos autores.

Ao analisar a Tabela 4, pode-se afirmar que as maiores ocorrências de focos de incêndio e queimadas estão evidenciadas para o IAC seco, tanto para 2010 quanto para 2019, com sete e dezesseis focos, respectivamente. Além disso, estes ficaram concentrados nas classes de área degradada, cultura temporária, floresta e silvicultura. Em 2010 verificou-se três focos de incêndio e queimadas em áreas de floresta, dois em área degradada e apenas um em cultura temporária e silvicultura. Já em 2019 o número de focos de incêndio e queimadas em áreas de florestas e cultura temporária aumentou para quatro, e em área degradada triplicou, ocorrendo seis focos de incêndio e queimadas.

A segunda maior ocorrência em 2010 foi observada para o IAC classificado como muito seco, com três focos de incêndio e queimadas, sendo dois sobre florestas e um sobre área degradada. Já em 2019, houve um total de seis focos, com maior número ocorrendo em áreas degradadas, totalizando quatro.

Em 2010, foi registrado um foco de incêndio e queimada sobre áreas de floresta para o IAC classificado como muito úmido. Já em 2019, nas áreas com IAC úmido e muito úmido, ocorreram dez focos cada, e sobre o IAC úmido, prevaleceram oito ocorrências em áreas de florestas e, no muito úmido, sobre a silvicultura quatro ocorrências, e em áreas de floresta e área degradada, ambas com três focos.

Observa-se que, mesmo em regiões consideradas úmidas, em 2019, os focos de incêndios e queimadas representaram cerca de 48%. Isso pode indicar que não somente as características climáticas influenciaram nas ocorrências de focos de incêndio e queimadas, mas deve-se considerar as características da dinâmica de transformação da paisagem de cada região, que muitas vezes se utiliza do fogo para o manejo e limpeza do solo. Portanto, é possível afirmar que nas regiões mais úmidas as ocorrências de focos incêndios e queimadas, assim como nas demais regiões, aconteceram não somente em função da existência de florestas, mas também em função de intensas atividades antrópicas desenvolvidas na bacia hidrográfica, sobretudo, as de cultivos agrícolas.

Em áreas atualmente consideradas como degradadas, que apresentaram uma das maiores conversões na cobertura e uso da terra (Tabela 3), constatou-se a segunda maior ocorrência de focos de incêndio e queimadas, nos dois anos estudados, isso leva a deduzir que os focos de incêndio e queimadas podem ter sido resultantes do uso do fogo provavelmente para eliminar os restos vegetais e expandir as áreas urbanizadas e de culturas temporárias, já que a conversão de áreas degradadas aconteceu, sobretudo, em função dessas duas classes.

As ocorrências dos focos de incêndios e queimadas nas áreas de florestas ocorreram, provavelmente, de duas formas: natural, em função de uma incidência de raios, ou mais frequentemente relacionados à ação antrópica (Chen et al., 2012; Chen et al., 2015). Os incêndios provocados por raios são mais específicos temporalmente e espacialmente em relação àqueles provocados pelo homem, já que as causas são conhecidas e ocorrem de forma imediata (Chen et al., 2015). Entre as causas antrópicas estão aquelas de forma proposital ou acidental, como descartes de cigarros, faíscas de carro ou até mesmo o uso do fogo por moradores para diversas finalidades (Verma; Singh, 2020).

Conclusões

Nos 30 anos de estudo do IAC verificou-se que as anomalias negativas mais intensas ocorreram em 2014, período extremamente seco, enquanto as anomalias positivas apresentaram maiores frequências em 2009, período mais úmido. Porém, quando relacionado as anomalias com os focos de incêndios e queimadas, observou-se que não necessariamente apresentam um comportamento inverso, pois houve períodos úmidos com altas frequências de focos de incêndios e queimadas e períodos secos com baixas frequências de ocorrências desses eventos.

O estudo espacial do IAC mostrou que não apenas as regiões mais secas apresentaram focos de incêndios e queimadas, pois como pode ser visto em 2019, o segundo maior quantitativo de eventos foi nas regiões mais úmidas e muito úmidas, com 20 ocorrências, demonstrando que os eventos não são apenas influenciados por fatores, mas sobretudo, em função das atividades humanas, já que na área de estudo as culturas temporárias são a segunda maior classe predominante, consideradas atividades que contribuem para ocorrências desses eventos dependendo da forma de manejo do solo.

O estudo demonstrou que as perdas de áreas foram marcadas pela conversão de floresta para área degradada, cultura temporária e área urbanizada, e quando observadas as ocorrências de focos de incêndio e queimadas em função das classes de uso da terra é evidente que estes ocorreram predominantemente sobre as florestas e áreas degradadas. Como as áreas degradadas apresentam uma vegetação menos densa e já passou por um processo de desmatamento, provavelmente a limpeza dessas áreas ocorram com o auxílio do fogo.

Nesse sentido, pode-se afirmar que a metodologia utilizada para analisar a relação dos focos de incêndios e queimadas com os fatores climáticos e as mudanças de cobertura e uso da terra se mostrou importante, principalmente devido o aumento dos focos de incêndios e queimadas nos últimos anos, e que, portanto, necessitam ser analisados para compreender suas origens, e assim propor medidas que visem o combate ou o controle de novos focos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES). Código de financiamento 001.

Referências

ANDRADE, F. M.; LOURENÇO, R. W. Uso do Solo e Cobertura Vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Una, Ibiúna/SP. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 32, p. 48-60, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/rdg.v2i0.116342>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

ARAGÃO, L. [et al.]. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. **Nature Communications**, p. 1–12, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

ARAÚJO, L. E. A; SILVA, D. Influência da Variabilidade Climática sobre a Distribuição Espaço-Temporal da Precipitação na Região do Baixo Paraíba (PB). **Caminhos de Geografia**, v. 12, n. 37, p. 289–304, 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16087>>. Acesso em: 27 mar. 2020.

ARAÚJO, M. F.; FERREIRA, L. G.; ARANTES, A. E. Distribution Patterns of Burned Areas in the Brazilian Biomes: An Analysis Based on Satellite Data for the 2002–2010 Period. **Remote Sensing**, v. 4, p. 1929–1946, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/rs5020042>>. Acesso em: 03 maio 2020.

BARLOW, J. et al. The critical importance of considering fire in REDD+ programs. **Biological Conservation**, v. 154, n. 2012, p. 1–8, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.03.034>>. Acesso em: 02 maio 2020.

BOWMAN, D. M. J. S. [et al.]. Fire in the earth system. **Science**, v. 324, n. 5926, p. 481–484, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.1163886>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

CBH-SMT- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA SOROCABA – MÉDIO TIETÊ. **Relatório de Situação 2018**. 2018. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/events//CBH-SMT/6684/3brelatorio-situao-2018.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

CHECHI, L.; SANCHES, F. O. O Uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação do Fenômeno do El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Alto Uruguai Gaúcho entre 1957–2012. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 6, p. 1586–1597, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.26848/rbgf.v6.6.p1586-1597>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

CHEN, F.; DU, Y.; NIU, S.; ZHAO, J. Modeling Forest Lightning Fire Occurrence in the Daxinganling Mountains of Northeastern China with MAXENT. **Forests**, v. 6, p. 1422–1438, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/f6051422>>. Acesso em: 23 abr. 2020.

CHEN, X.C. et al. **New Data Mining Framework for Forest Fire Mapping**. Conference on Intelligent Data Understanding, p. 104–111, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/CIDU.2012.6382190>>. Acesso em: 06 mar. 2020.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. 2020. **Banco de dados hidrológicos**. Disponível em: <<http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. **International Journal of Climatology**, p. 1–11, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/joc.5893>>. Acesso em: 07 jul. 2020.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015.

EchoGéo, v. 41, p. 1-28, 2017. Disponível em:

<<https://doi.org/10.4000/echogeo.15017>>. Acesso em: 08 jul. 2020.

ESRI - ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGis 10.5**. 2016.

FLANNIGAN, M. [et al.]. **Global wildland fire season severity in the 21st century**.

Ecology and Management. v. 294, p. 54-61, 2013. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.022>>. Acesso em: 04 abr. 2020.

FREITAS, M. A. S. A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE REPRESAS Y OPERACIÓN DE EMBALSES, 2004, Puerto Iguazú. **Anais eletrônicos...** Puerto Iguazú: CACIER, 2004. v. 1. p. 1-12. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/275958581_A_Previsao_de_secas_e_a_gestao_hidroenergetica_o_caso_da_bacia_do_Rio_Parnaiba_no_Nordeste_do_Brasil>. Acesso em: 20 maio 2020.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi- Áridas. **Revista Tecnologia**, n. 19, p. 19-30, 1998.

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5020/23180730.1998.1175>>. Acesso em: 22 maio 2020.

GOOGLE LLC. **Google Earth Pro**, v. 7.3, Mountain View, 2019.

GUEDES, B.J.; MASSIA, K.G.; EVERS, C.; NIELSEN-PINCUS, M. Vulnerability of small forest patches to fire in the Paraíba do Sul River Valley, southeast Brazil: Implications for restoration of the Atlantic Forest biome. **Forest Ecology and Management**, v. 465, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118095>>. Acesso em: 09 abr. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2013. 171 p. Disponível em:

<<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>. Acesso: 05 ago. 2019.

IGC - INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO. **Carta topográfica**. Serviço Gráfico do IGC, 1979. Escala 1:10.000.

IGC - INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO. **Ortofoto Leste de SP**.

2010. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/>>. Acesso em: mar. 2018.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. 2020. **Banco de dados de queimadas**. Disponível em:

<<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>>. Acesso em: 20 fev. 2020.

LIMA, R. P. C. [et al.]. Development of an annual drought classification system based on drought severity indexes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n. 1, p. 1 -11, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201920180188>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

LITTELL, J. S. [et al.]. A review of the relationships between drought and forest fire in the United States. **Global Change Biology**, p. 1-17, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/gcb.13275>>. Acesso em: 22 mar. 2020.

LOPES, E. R. N. [et al.]. Losses on The Atlantic Mata Vegetation Induced By Land Use Changes. **Cerne**, v. 24, p. 121-132, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/01047760201824022512>>. Acesso em: 35 jun. 2020.

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Excel**. Versão 1909. 2016.

MIYANO, C. A.; SOUSA, J. A. P.; LOPES, E. R. N.; LOURENÇO, R. W. Dinâmica de Fragmentação no Alto Curso do Rio Una. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 494-512, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020494-512>>. Acesso em: 07 jun. 2020.

NOBRE, C. A. [et al.]. Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 8, p. 252-262, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2016.82022>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

NOGUEIRA, J. M. P.; RAMBAL, S.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; MOUILLOT, F. Spatial pattern of the seasonal drought/burned area relationship across Brazilian biomes: Sensitivity to drought metrics and global. **Remote-Sensing fire products, Climate**, v. 5, n. 42, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/cli5020042>>. Acesso em: 06 abr. 2020.

OLIVEIRA, W. P. [et al.]. Caracterização da variabilidade espacial e temporal da precipitação pluviométrica do Centro Sul Baiano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.4, 1143-1151, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.26848/rbgf.v10.4.p1143-1151>>. Acesso em: 22 jun. 2020.

PIVELLO, V. R. The Use of Fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: Past and Present. **Fire Ecology**, v. 7, p. 24-39, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.4996/fireecology.0701024>>. Acesso em: 28 jun. 2020.

ROOY, M. P. V. A Rainfall Anomaly Index (RAI), Independent of Time and Space, **Notes**, v. 14, p. 1-43, 1965.

SANTOS, B. A. [et al.]. Distribuição Espaço-Temporal dos Focos de Calor no Estado de Minas Gerais. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 3, p. 64-84, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11137/2019_3_64_84>. Acesso em: 22 maio 2020.

SILVA, D. F.; SOUSA, F. A. S.; KAYANO, M. T.; GALVÍNCIO, J. D. Influência da Variabilidade Climática Global e de suas Escalas Temporais Sobre a Precipitação no Alto Mundaú (PE). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, n. 3, p. 64-82, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.5935/1984-2295.20090012>>. Acesso em: 08 jul. 2020.

SILVA, E. C. G. [et al.]. Análise temporal da ocorrência de incêndios florestais nas Américas e região do Caribe. **Nativa**, v. 6, n. 5, p. 491-496, 2018. Disponível em: <<http://doi.org/10.31413/nativa.v6i5.5845>>. Acesso em: 03 jun. 2020.

|Jocy Ana Paixão de Sousa | Rita de Cassia Ferreira da Silva | Miqueias Lima Duarte |
|Roberto Wagner Lourenço|

SILVA, T. P. da, PONTES, A. N., AMORIM, I. A. Alternatives to the use of fire in agriculture as a way to mitigate burning in the Amazon. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 1 - 20, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5938>>. Acesso em 26 jul. 2020.

SNAP - SENTINEL APPLICATION PLATFORM. **Snap- Esa**. Versão 7.0.3. 2020.

TETTO, A. F. [et al.]. Incêndios florestais atendidos pela Klabin do Paraná no período de 1965 a 2009. **Cerne**, Curitiba, v. 21, n. 3, p. 345-351, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/01047760201521031682>>. Acesso em: 07 jul. 2020.

TORRES, F. T.; SILVA JUNIOR, M. R.; LIMA, G. S. Influência dos Elementos Meteorológicos Sobre o Comportamento do Fogo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, p. 33-41. 2019. Disponível em: <<http://doi:10.1590/0102-7786334014>>. Acesso em: 24 maio 2020.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **EarthExplorer - Home**. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 28 jan. 2019.

VERMAA, N.; SINGH, D. Analysis of cost-effective sensors: Data Fusion approach used for Forest Fire Application. *Materials Today: Proceedings*, v. 24, p. 2283–2289, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.756>>. Acesso em: 07 ago. 2020.

MACHADO, J. A.; LOPES, A. M. Analysis of Forest Fires by means of Pseudo Phase Plane and Multidimensional Scaling Methods. **Mathematical Problems in Engineering**, p. 1-8, 05 June 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1155/2014/575872>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

Como citar:

ABNT

SOUSA, J. A. P. de [et al.]. Análise da ocorrência de incêndios e queimadas mediante as condições climáticas e interferências antrópicas. **Interespaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 10, n. 01, e16260, 2024. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e16260>>. Acesso em: 28 dez. 2024.

APA

Sousa, J. A. P. de [et al.]. Análise da ocorrência de incêndios e queimadas mediante as condições climáticas e interferências antrópicas. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, v. 10, n. 01, e16260, 2024. Recuperado em 28 dezembro, 2024, de <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e16260>



This is an open access article under the CC BY Creative Commons 4.0 license.
Copyright © 2024, Universidade Federal do Maranhão.

