









Artigo

Dinâmica dos Focos de Calor nas Mesorregiões Climáticas do Estado de Alagoas

Valter Ramos de Sousa Filho¹ , José Francisco de Oliveira Junior¹ ,
Heliofábio Gomes Barros¹ , Iago de Lima Silva¹ , Pedro Henrique de Almeida Souza¹ ,
Givanildo de Gois² , Francine Santos de Paula³ , Washington Luiz Félix Correia Filho⁴ 

¹*Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.*

²*Programa de Pós-Graduação Mestrado e Doutorado em Geografia Fundação, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, RO, Brasil.*

³*Departamento de Química, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.*

⁴*Instituto de Matemática, Estatística e Física, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil.*

Recebido em: 29 de Março de 2022 - Aceito em: 5 de Agosto de 2022

Resumo

Os incêndios ocorrem devido às ações antrópicas e causam problemas socioambientais no Nordeste do Brasil (NEB). Portanto, este estudo avaliou a variabilidade espaço-temporal dos focos de calor (FC) nas três mesorregiões climáticas de Alagoas: Sertão, Leste e Agreste Alagoano. Os dados de FC foram obtidos do Banco de Dados de Queimadas (BDQueimadas) entre 1998-2020. A série temporal de FC foi submetida às análises estatísticas descritiva, exploratória e multivariada aplicada aos 102 municípios alagoanos. Com base no agrupamento hierárquico identificaram-se três grupos homogêneos (G1, G2 e G3) no Sertão e dois grupos homogêneos de FC no Agreste e Leste Alagoano (G1 e G2). Alguns municípios não formaram grupos (NA), tais como: Belo Monte ($26,83 \pm 25,87$ focos), Limoeiro de Anadia ($54,48 \pm 38,65$ focos), Penedo ($262,83 \pm 183,80$ focos) e Coruripe ($553 \pm 369,40$ focos). A variabilidade interanual dos FC em Alagoas está associada com atividades agrícolas, desmatamento, novas áreas para a criação de animais e colheita da cana-de-açúcar. Na avaliação espacial via densidade de FC por município utilizou-se o período total (1998-2020) e os anos de destaque na série temporal (2012 e 2019). O maior registro de densidade de FC no período total encontra-se na mesorregião do Leste Alagoano e não se descarta que os anos em destaque sejam influenciados pela ocorrência de seca e períodos de estiagens em Alagoas.

Palavras-chave: incêndios, áreas queimadas, análise multivariada, seca, urbanização..

Dynamics of fire foci in the Climatic Mesoregions of the State of Alagoas

Abstract

Fires occur due to anthropic actions and cause socio-environmental problems in Northeast Brazil (NEB). Therefore, this study evaluated the spatiotemporal variability of fire foci (FF) in the three climatic mesoregions of Alagoas: Arid Zone, East and Hinterland Alagoano. FF data were obtained from the Queimadas Database (BDQueimadas) between 1998-2020. The FF time series was submitted to descriptive, exploratory, and multivariate statistical analysis applied to 102 municipalities in Alagoas. Based on the hierarchical grouping, three homogeneous groups were identified (G1, G2 and G3) in the Arid Zone and two homogeneous groups of FF in the Hinterland and East Alagoas (G1 and G2). Some municipalities did not form groups (NA), such as: Belo Monte (26.83 ± 25.87 foci), Limoeiro de Anadia (54.48 ± 38.65 foci), Penedo (262.83 ± 183.80 foci) and Coruripe (553 ± 369.40 foci). The interannual FF variability in Alagoas is associated with agricultural activities, deforestation, new areas for animal husbandry and sugarcane harvest. In the spatial evaluation via FF density per municipality, the total period (1998-2020) and the years highlighted in the time series (2012 and 2019) were used. The highest FF density record in the total period is found in the East Alagoas mesoregion and it is not ruled out that the highlighted years are influenced by the occurrence of drought and dry periods in Alagoas.

Keywords: fires, burned areas, multivariate analysis, drought, urbanization.

1. Introdução

Incêndios florestais ocorrem em vários ecossistemas existentes no mundo (White *et al.*, 2017; Garcia *et al.*, 2021). Os incêndios podem ser naturais (causados por queda de raios ou longos períodos de estiagem) - ou antrópicos, sendo esta última o principal problema ambiental do Brasil (Lopes *et al.*, 2018; Oliveira Júnior *et al.*, 2020; Medeiros *et al.*, 2004). No Brasil, nos últimos anos tem sido frequente a ocorrência das queimadas e dos incêndios florestais, sendo intensificado a partir do desmatamento, do agronegócio, pelos períodos de estiagens e pelas secas severas (Da Silva Júnior *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2021; Teodoro *et al.*, 2022).

Vale destacar a diferença entre as queimadas e os incêndios. A queimada é uma atividade controlada e regulamentada pelo Governo Federal de acordo com o Código Florestal, no artigo n. 38 da Lei n. 12.651/12, que abrange todas as atividades agrícolas, as Unidades de Conservação (UC) e as Áreas de Preservação Ambiental (APA) - (Clemente *et al.*, 2017; MMA, 2010). Ao contrário do incêndio, que se refere à perda do controle da queimada ou quando ela é resultante do processo antrópico ou natural (Caúla *et al.*, 2015; Marinho *et al.*, 2021).

Tanto as queimadas quanto os incêndios florestais são uma das maiores ameaças à preservação da biodiversidade (White *et al.*, 2017; Libonati *et al.*, 2022). Além dos seus impactos diretos sobre a fauna e a flora, contribuem, indiretamente, com a degradação ambiental, por exemplo, o solo se torna susceptível a processos erosivos e com tempo intensifica o processo de desertificação (Castelleti *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2022) e, ainda libera na atmosfera os gases de efeito estufa (GEE), que por sua vez contribuem para o Aquecimento Global - (Soares e Batista, 2007; White *et al.*, 2013; Silva Júnior *et al.*, 2020; Libonati *et al.*, 2022).

A detecção de queimadas e incêndios florestais por meio de satélites teve seu início na década de 1980 (Wang *et al.*, 2012; Caúla *et al.*, 2015). Em geral, a nível global, os satélites da série *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), com os sensores *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR), e o sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) a bordo das plataformas Terra e Aqua, são os mais utilizados neste tipo de monitoramento. As imagens geradas pelos sensores termais e infravermelhos a bordo das plataformas orbitais são enviadas para o centro de controle onde são processadas por meio de algoritmos de detecção (Batista, 2004; Wang *et al.*, 2012).

No Brasil, o Centro de Pesquisa do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) gera e disponibiliza publicamente, via Internet, dados de focos de calor (FC) registrados por satélites ambientais (Caúla *et al.*, 2015; Marinho *et al.*, 2021). Os dados FC são tratados por

algoritmos que indicam apenas os registros de fogo em vegetação, e disponibilizados a partir do Banco de Dados de Queimadas (BDQueimadas) - (CPTEC, 2020). Apesar de receberem imagens de diversos satélites ambientais em operação, o “satélite de referência”, neste caso AQUA e TERRA e, anteriormente o NOAA-12, é utilizado na composição da série temporal ao longo dos anos e assim, permitir avaliar os FC sobre as regiões de interesse (CPTEC, 2020).

Recentemente, foram realizados os primeiros estudos sobre FC em Alagoas, por exemplo, Santos *et al.* (2020) avaliaram a espaço-temporalidade dos FC na Região Metropolitana de Maceió (RMM), e identificaram que alta variabilidade dos FC estava diretamente associada às atividades agrícolas na RMM, destaque para a relação com a colheita de cana-de-açúcar. Eles também apontaram que os maiores registros de FC estavam associados à degradação de vegetação litorânea (bioma Mata Atlântica). Oliveira-Júnior *et al.* (2020) mostraram que a variabilidade dos FC estava diretamente associada aos indicadores socioeconômicos no Estado de Alagoas, neste caso, Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e o índice de Gini. Os autores supracitados não destacam a influência dos FC nas mesorregiões climáticas do estado (Sertão, Leste e Agreste Alagoano) e a sua variabilidade espaço-temporal. Portanto, o objetivo deste estudo é avaliar a variabilidade espaço-temporal dos FC nas três mesorregiões climáticas no Estado de Alagoas a partir da estatística aplicada e multivariada.

2. Material e Métodos

2.1. Caracterização da área de estudo

A área do estado de Alagoas é de aproximadamente 27.767 km² (IBGE, 2020), o que representa aproximadamente 0,33% do território brasileiro (Tabela 1). Localiza-se entre os paralelos 8°48'12" e 10°29'12" Sul (S) e entre os meridianos 35°09'36" e 38°13'54" Oeste (W). Está limitado ao norte (N) e W com o estado de Pernambuco, ao sul (S) com os estados de Sergipe e Bahia e a leste (E) com o oceano Atlântico (Fig. 1). Possui 339 km de extensão na direção do seu eixo maior (E-W) e 186 km na direção de seu eixo menor (N-S) - (Lyra *et al.*, 2014).

Alagoas possui apenas 1% de seu território localizado em áreas superiores a 600 m de altitude. Atualmente, o estado de Alagoas está dividido em três mesorregiões: o Leste, o Agreste e o Sertão Alagoano (Fig. 1). O Leste é a maior região em aspecto territorial e abrange o Litoral e a Zona da Mata. O Agreste é uma região de transição entre as zonas úmida e seca, e o Sertão Alagoano corresponde às localidades com características climáticas áridas e semiáridas (IBGE, 2010).

Tabela 1 - Localização dos 102 municípios de Alagoas, com suas respectivas coordenadas geográficas (latitude e longitude, °), altitude (m) e as mesorregiões climáticas (Sertão, Agreste e Leste Alagoano).

ID	Municípios	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Mesorregiões Climáticas
1	Água Branca	09°15'39" S	37°56'10" W	570	Sertão Alagoano
2	Batalha	09°40'40" S	37°07'29" W	120	Sertão Alagoano
3	Belo Monte	09°49'42" S	37°16'48" W	30	Sertão Alagoano
4	Canapi	09°07'01" S	37°36'08" W	342	Sertão Alagoano
5	Carneiros	09°28'57" S	37°22'38" W	347	Sertão Alagoano
6	Delmiro Gouveia	09°23'19" S	37°59'57" W	256	Sertão Alagoano
7	Dois Riachos	09°23'33" S	37°06'02" W	245	Sertão Alagoano
8	Inhapi	09°13'17" S	37°44'55" W	410	Sertão Alagoano
9	Jacaré dos Homens	09°38'08" S	37°12'17" W	135	Sertão Alagoano
10	Jaramataia	09°39'34" S	37°00'07" W	164	Sertão Alagoano
11	Major Isidoro	09°31'56" S	36°59'06" W	182	Sertão Alagoano
12	Maravilha	09°14'08" S	37°21'00" W	362	Sertão Alagoano
13	Mata Grande	09°07'03" S	37°43'56" W	633	Sertão Alagoano
14	Monteirópolis	09°36'10" S	37°14'54" W	228	Sertão Alagoano
15	Olho D'agua das Flores	09°32'10" S	37°17'38" W	286	Sertão Alagoano
16	Olho D'agua do Casado	09°30'07" S	37°50'02" W	230	Sertão Alagoano
17	Oliveira	09°31'07" S	37°11'26" W	231	Sertão Alagoano
18	Ouro Branco	09°10'00" S	37°21'24" W	380	Sertão Alagoano
19	Palestina	09°40'19" S	37°19'45" W	160	Sertão Alagoano
20	Pão De Açúcar	09°44'54" S	37°26'12" W	19	Sertão Alagoano
21	Pariconha	09°15'10" S	38°00'17" W	550	Sertão Alagoano
22	Piranhas	09°37'25" S	37°45'24" W	88	Sertão Alagoano
23	Poço das Trincheiras	09°18'45" S	37°17'08" W	292	Sertão Alagoano
24	Santana do Ipanema	09°22'42" S	37°14'43" W	250	Sertão Alagoano
25	São José da Tapera	09°33'30" S	37°22'52" W	255	Sertão Alagoano
26	Senador Rui Palmeira	09°27'59" S	37°27'25" W	352	Sertão Alagoano
27	Arapiraca	09°45'09" S	36°39'40" W	264	Agreste Alagoano
28	Belém	09°34'16" S	36°29'32" W	311	Agreste Alagoano
29	Cacimbinhas	09°24'01" S	36°59'25" W	270	Agreste Alagoano
30	Campo Grande	09°57'28" S	36°47'30" W	142	Agreste Alagoano
31	Coite do Noia	09°37'56" S	36°34'43" W	280	Agreste Alagoano
32	Craíbas	09°37'05" S	36°46'05" W	252	Agreste Alagoano
33	Estrela de Alagoas	09°23'25" S	36°45'36" W	290	Agreste Alagoano
34	Feira Grande	09°54'01" S	36°40'39" W	220	Agreste Alagoano
35	Girau Do Ponciano	09°53'03" S	36°49'44" W	244	Agreste Alagoano
36	Igaci	09°32'13" S	36°38'01" W	240	Agreste Alagoano
37	Lagoa da Canoa	09°49'47" S	36°44'16" W	283	Agreste Alagoano
38	Limoeiro de Anadia	09°44'26" S	36°30'10" W	140	Agreste Alagoano
39	Mar Vermelho	09°26'51" S	36°23'17" W	542	Agreste Alagoano
40	Maribondo	09°34'38" S	36°18'19" W	157	Agreste Alagoano
41	Minador do Negrão	09°18'19" S	36°51'53" W	270	Agreste Alagoano
42	Olho D'agua Grande	10°03'30" S	36°49'00" W	118	Agreste Alagoano
43	Palmeira dos Índios	09°24'26" S	36°37'39" W	342	Agreste Alagoano
44	Paulo Jacinto	09°21'58" S	36°22'11" W	292	Agreste Alagoano
45	Quebrangulo	09°19'08" S	36°28'16" W	366	Agreste Alagoano
46	São Brás	10°07'40" S	36°54'02" W	25	Agreste Alagoano

(continua)

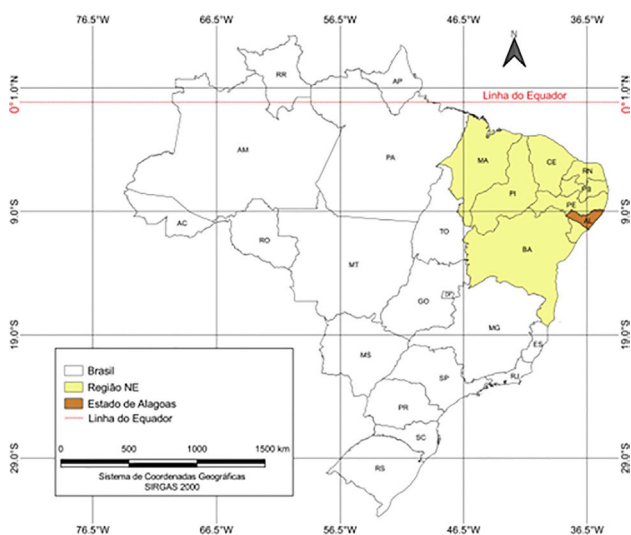
Tabela 1 - continua

ID	Municípios	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Mesorregiões Climáticas
47	São Sebastião	09°56'01" S	36°33'15" W	201	Agreste Alagoano
48	Tanque D'arca	09°31'55" S	36°25'58" W	212	Agreste Alagoano
49	Taquara	09°38'42" S	36°29'50" W	159	Agreste Alagoano
50	Traipu	09°58'14" S	37°00'12" W	10	Agreste Alagoano
51	Anadia	09°41'04" S	36°18'15" W	153	Leste Alagoano
52	Atalaia	09°30'07" S	36°01'22" W	54	Leste Alagoano
53	Barra de Santo Antônio	09°24'17" S	35°30'26" W	10	Leste Alagoano
54	Barra de São Miguel	09°50'24" S	35°54'28" W	2	Leste Alagoano
55	Boca da Mata	09°38'29" S	36°13'13" W	132	Leste Alagoano
56	Branquinha	09°14'44" S	36°00'55" W	100	Leste Alagoano
57	Cajueiro	09°23'48" S	36°09'13" W	102	Leste Alagoano
58	Campestre	08°50'45" S	35°34'05" W	200	Leste Alagoano
59	Campo Alegre	09°46'55" S	36°21'03" W	176	Leste Alagoano
60	Capela	09°24'27" S	36°04'25" W	84	Leste Alagoano
61	Chã Preta	09°15'19" S	36°17'46" W	463	Leste Alagoano
62	Colônia Leopoldina	08°54'32" S	35°43'30" W	140	Leste Alagoano
63	Coqueiro Seco	09°38'18" S	35°48'11" W	31	Leste Alagoano
64	Coruripe	10°07'32" S	36°10'32" W	16	Leste Alagoano
65	Feliz Deserto	10°17'31" S	36°18'22" W	6	Leste Alagoano
66	Flexeiras	09°11'51" S	35°46'51" W	78	Leste Alagoano
67	Ibateguara	08°58'21" S	35°56'22" W	505	Leste Alagoano
68	Igreja Nova	10°07'31" S	36°39'43" W	14	Leste Alagoano
69	Jacuípe	08°50'30" S	35°27'36" W	74	Leste Alagoano
70	Japaratinga	09°05'18" S	35°15'30" W	5	Leste Alagoano
71	Jequiá da Praia	10°00'51" S	36°01'47" W	16	Leste Alagoano
72	Joaquim Gomes	09°08'00" S	35°44'54" W	104	Leste Alagoano
73	Jundiá	08°56'05" S	35°34'25" W	94	Leste Alagoano
74	Junqueiro	09°55'31" S	36°28'33" W	175	Leste Alagoano
75	Maceió	09°39'57" S	35°44'07" W	16	Leste Alagoano
76	Maragogi	09°00'44" S	35°13'21" W	5	Leste Alagoano
77	Marechal Deodoro	09°42'37" S	35°53'42" W	31	Leste Alagoano
78	Matriz de Camaragibe	09°09'06" S	35°32'00" W	16	Leste Alagoano
79	Messias	09°23'00" S	35°50'30" W	148	Leste Alagoano
80	Murici	09°18'24" S	35°56'36" W	82	Leste Alagoano
81	Novo Lino	08°54'54" S	35°38'48" W	146	Leste Alagoano
82	Paripueira	09°27'54" S	35°33'06" W	5	Leste Alagoano
83	Passo de Camaragibe	09°14'18" S	35°29'36" W	4	Leste Alagoano
84	Penedo	10°17'25" S	36°35'11" W	27	Leste Alagoano
85	Piaçabuçu	10°24'20" S	36°26'04" W	3	Leste Alagoano
86	Pilar	09°35'50" S	35°57'24" W	13	Leste Alagoano
87	Pindoba	09°28'31" S	36°17'24" W	310	Leste Alagoano
88	Porto Calvo	09°02'42" S	35°23'54" W	54	Leste Alagoano
89	Porto de Pedras	09°09'30" S	35°17'42" W	22	Leste Alagoano
90	Porto Real do Colégio	10°11'09" S	36°50'24" W	10	Leste Alagoano
91	Rio Largo	09°28'42" S	35°51'12" W	39	Leste Alagoano
92	Roteiro	09°49'58" S	35°58'40" W	32	Leste Alagoano
93	Santa Luzia do Norte	09°36'12" S	35°49'21" W	32	Leste Alagoano

(continua)

Tabela 1 - continua

ID	Municípios	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Mesorregiões Climáticas
94	Santana do Mundaú	09°10'05" S	36°13'20" W	221	Leste Alagoano
95	São José da Laje	09°00'35" S	36°03'30" W	256	Leste Alagoano
96	São Luis do Quitunde	09°19'06" S	35°33'40" W	4	Leste Alagoano
97	São Miguel dos Campos	09°46'52" S	36°05'37" W	12	Leste Alagoano
98	São Miguel dos Milagres	09°15'56" S	35°22'23" W	1	Leste Alagoano
99	Satuba	09°33'48" S	35°49'28" W	6	Leste Alagoano
100	Teotônio Vilela	09°54'19" S	36°21'10" W	156	Leste Alagoano
101	União dos Palmares	09°09'46" S	36°01'55" W	155	Leste Alagoano
102	Viçosa	09°22'17" S	36°14'27" W	210	Leste Alagoano

**Figura 1** - Localização do Estado de Alagoas, com destaque o Nordeste do Brasil (NEB).

2.2. Série temporal de focos de calor

A base de dados de FC usadas no estudo compreendeu o período de 1998 a 2020, sendo obtida a partir do BDqueimadas do CPTEC/INPE (CPTEC, 2020). Vale ressaltar que foi desenvolvido um script do software ambiente R versão 4.1.1 (R Development Team, 2021), para aquisição dos dados de FC por municípios nas mesorregiões climáticas de Alagoas.

2.3. Estatística multivariada

A técnica *Cluster Analysis* (CA) foi aplicada a série temporal de FC na escala municipal por meio do software

R versão 4.1.1 (R Development Team, 2021). Assim, o respectivo número de grupos e o dendrograma foram determinados para os municípios pertencentes às mesorregiões climáticas do Estado. O número de grupos adotados e a estratificação foram baseados no método hierárquico aglomerativo da média das distâncias (*average linkage*). O método aglomerativo de ligação média consiste na medida de similaridade entre dois clusters, sendo definida pela maior distância de todos os pontos do 1º cluster em relação aos pontos do 2º cluster (Lyra *et al.*, 2014; Gois *et al.*, 2020). A distância euclidiana é dada pela Eq. (1):

$$d_E = \sqrt{\sum_{j=1}^p (x_{ik} - x_{kj})^2} \quad (1)$$

em que, d_E = distância euclidiana e x_{ij} e x_{kj} = quantitativos variáveis dos indivíduos p e k , respectivamente.

O grau de ajuste do método de ligação média foi avaliado pelo coeficiente de correlação cofenética (CCC). Isto mede a associação entre a matriz de dissimilaridade (F) e a matriz resultante da simplificação fornecido pelo método de agrupamento. O CCC é baseado em Coeficiente de correlação de Pearson (r), sendo calculado entre a matriz de dissimilaridade e a matriz resultante do processo de agrupamento (Sokal e Rohlf, 1962). Assim, quanto maior o valor de r , menor será a distorção. Rohlf (1970) e Biagiotti *et al.* (2013) mencionam que quanto maior o valor obtido para o CCC, menor a distorção causada por CA. Na prática, dendrogramas com $CCC < 0,7$ indicam a inadequação da técnica de CA. O CCC é definido pela Eq. (2):

$$CCC = r_{cof} = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} \sum_{j'=j+1}^n (c_{ij'} - \bar{c})(f_{ij'} - \bar{f})}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n-1} \sum_{j'=j+1}^n (c_{ij'} - \bar{c})^2} \sqrt{\sum_{j=1}^{n-1} \sum_{j'=j+1}^n (f_{ij'} - \bar{f})^2}} \quad (2)$$

em que, c e f são as médias aritméticas definidas pelas Eqs. (3)-(4).

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{n} \quad (3)$$

$$\bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} \quad (4)$$

em que, CCC é o coeficiente de correlação cofenética, c é a matriz cofenética, \bar{c} é a média da matriz cofenética, f é a matriz fenética, \bar{f} é a média da matriz fenética e n é o número de elementos.

2.4. Estatística aplicada e mapeamento dos focos de calor

A avaliação dos FC nas mesorregiões de Alagoas foi baseada na estatística descritiva (ED). Os indicadores usados foram: média (M), mediana (M_d), máximo (M_x), mínimo (M_n), amplitude total (AT), desvio padrão (DP) e o coeficiente de variação (CV , %), conforme metodologia proposta por [Gois et al. \(2020\)](#). Na estatística exploratória (EE) foram definidos os seguintes indicadores: Valores Máximo (Vma), Mínimo (Vmi), Amplitude Interquartilica (AIQ), 1º quartil ($Q1$), 3º quartil ($Q3$) e os Limites inferior (Li) e superior (Ls). Todos os indicadores estatísticos calculados via software ambiente R versão 4.1.1 (R Development Team, 2021). Para a confecção dos mapas de FC, foi usado software QGIS (Quantum GIS) na versão 3.16.9. A interpolação dos FC foi baseada no método de interpolação Inverso do Quadrado da Distância (IQD).

3. Resultados e Discussão

3.1. Grupos homogêneos de focos de calor nas mesorregiões

A formação dos grupos homogêneos de FC em Alagoas foi baseada na técnica CA a partir do método hierárquico aglomerativo baseado no método das ligações médias, sendo obtido CCC de 0,90 e uma linha de Fenon de 37,45% (corte na horizontal). Vale ressaltar que o CCC superior a 0,90 mostrou a consistência do dendrograma formado pelos FC, onde o recomendado na literatura científica é $CCC > 0,70$ ([Sokal e Rohlf, 1962](#); [Saraçlı et al., 2013](#), [Gois et al., 2020](#); [Oliveira Júnior et al., 2022](#)). A decisão do corte do dendrograma se baseou na distância normalizada de ligação dos grupos, sendo determinados três grupos homogêneos de FC (G_1 , G_2 e G_3) no Sertão Alagoano ([Fig. 2a](#)), exceto o município de Belo Monte que não formou grupo de FC (NA) - ([Fig. 2b](#)). O grupo G_1 ($5,77 \pm 8,81$ focos) é o maior grupo de FC formados por 19 municípios, porém com a menor média anual, enquanto o grupo G_2 ($16,15 \pm 15,49$ focos) com 2 municípios possui as médias intermediárias, e o grupo G_3 ($24,26 \pm 23,59$

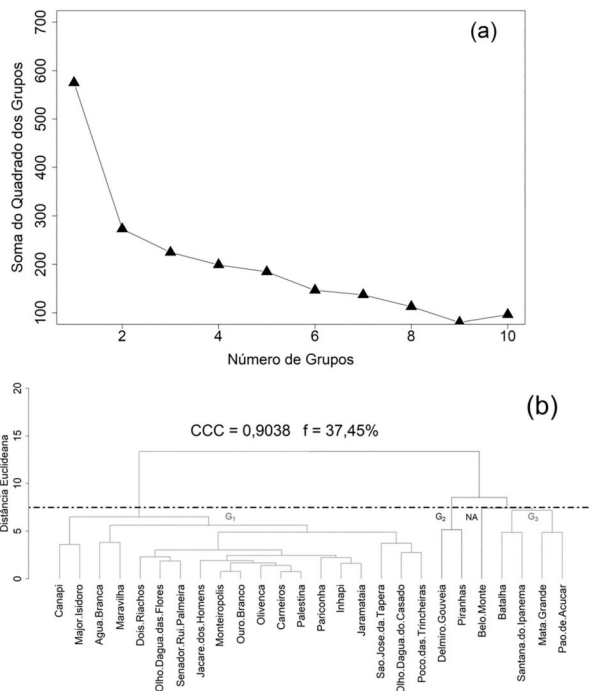


Figura 2 - Curva de inércia que ilustra o número ideal de grupos a serem constituídos (a), e dendrograma dos grupos homogêneos de focos de calor (b) na mesorregião do Sertão Alagoano.

focos) composto por 4 municípios exibe a maior média de FC anuais, respectivamente.

O município de Belo Monte (NA) - ($26,83 \pm 25,87$ focos) compreende 10% dos FC da mesorregião, com um total de 617 FC no período de estudo, seguido das maiores M , DP e $CV\%$ ($> 95\%$). O maior registro de FC no município de Belo Monte (NA), pode estar associado as práticas agrícolas, por exemplo, manejo das culturas de feijão, o milho e de palma (alimentação de animais) ou desmatamento para abrigar novas áreas para criação de animais, vale a pena destacar que o município faz parte da Bacia Leiteira de Alagoas, 83% da sua população é essencialmente rural e ocupa a 94ª posição no IDH com valor de 0,517 ([IBGE, 2020](#), [Santos, et al., 2020](#), [Oliveira-Júnior et al., 2020](#)). Vale ressaltar que no semiárido ocorrem os menores registros de chuva anual, um fator determinante para o surgimento de longos períodos de estiagem, e de secas severas e prolongadas ([Marengo et al., 2017](#); [Costa et al., 2021](#)) e, assim aumenta a susceptibilidade a incêndios ([Caúla et al., 2015](#); [Silva Júnior et al., 2020](#)). Não se descarta o aumento da probabilidade de incêndios via FC no NEB estarem relacionados ao desmatamento e a expansão da agricultura via consórcios agrícolas ([Oliveira-Júnior et al., 2021](#); [Garcia et al., 2021](#)).

No Leste Alagoano foram delimitados dois grupos homogêneos de FC (G_1 , G_2) ([Fig. 3a](#)), novamente houve exceção, no caso os municípios de Coruripe e Penedo (NA) - ([Fig. 3b](#)) via técnica CA por meio do método hierárquico aglomerativo com base no método das ligações

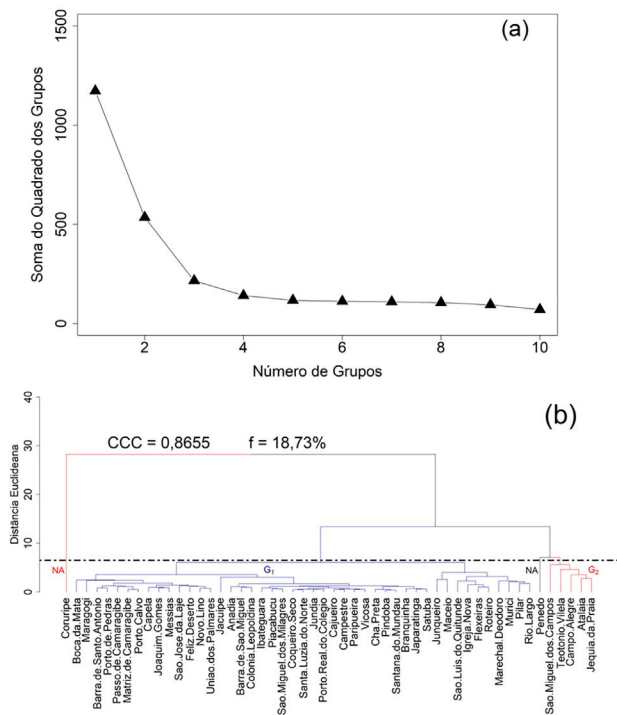


Figura 3 - Curva de inércia que ilustra o número ideal de grupos a serem constituídos (a), e dendrograma dos grupos homogêneos de focos de calor (b) na mesorregião do Leste Alagoano.

médias (Johnson e Wichern, 1992). O CCC obtido foi de 0,86 e uma linha de Fenon de 18,73% (corte na horizontal), sendo inferior a mesorregião do Sertão.

Os municípios de Coruripe e Penedo totalizaram 18767 FC, ambos correspondem a 25% do número total de FC no período avaliado. Vale ressaltar que ambos os municípios têm as maiores M e DP. Ambos os municípios de Coruripe e Penedo possuem produção sucroalcooleira e, portanto, maior queima da cana-de-açúcar durante o período da colheita, prática usual e comum no NEB (Fernandes e Correia Filho, 2014; Oliveira-Júnior *et al.*, 2020; Oliveira-Júnior *et al.*, 2022). O grupo G₁ (36,33 ± 42,37 focos) é o maior grupo de FC formados por 45 municípios, enquanto o grupo G₂ (174,24 ± 143,51 focos) foi menor, com apenas 5 municípios na mesorregião.

Os resultados obtidos foram similares aos de Gois *et al.* (2020) para o estado do Rio de Janeiro (ERJ), próximo do ambiente costeiro e no mesmo bioma, Mata Atlântica. Os autores atribuem o aumento dos FC ao crescimento populacional, seguido do adensamento urbano, resultantes das mudanças no uso e ocupação do solo (Oliveira-Júnior *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2021), principalmente no NEB (Oliveira-Júnior *et al.*, 2022).

A técnica CA por meio do método hierárquico aglomerativo com base no método da ligação média determinou um CCC de 0,8655 e uma linha de Fenon de 37,45% (corte na horizontal) delimitando dois grupos homogêneos de focos de calor (G₁, G₂) no Agreste Alagoano (Fig. 4a),

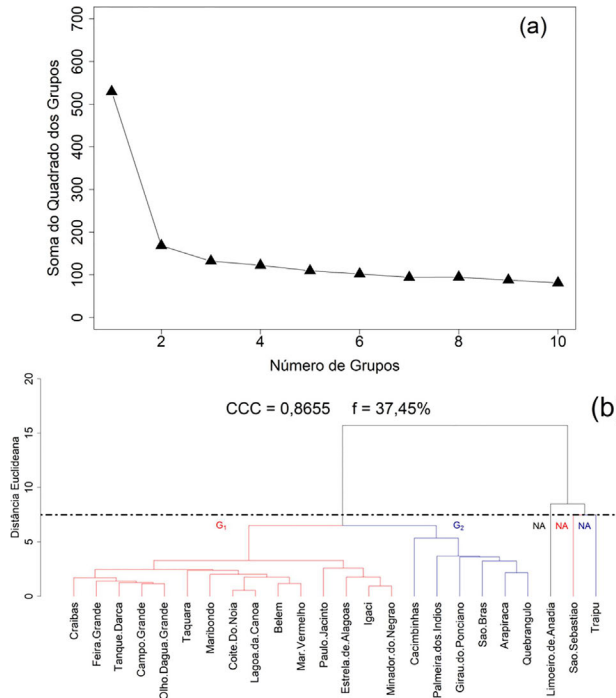


Figura 4 - Curva de inércia que ilustra o número ideal de grupos a serem constituídos (a), e dendrograma dos grupos homogêneos de focos de calor (b) na mesorregião do Agreste Alagoano.

similar ao Leste alagoano, e os municípios de Limoeiro de Anadia (54,48 ± 38,65 focos), São Sebastião (40,43 ± 27,70 focos) e Traipu (61,26 ± 55,47 focos) - (NA) - (Fig. 4b).

O grupo NA formado pelos municípios: Limoeiro de Anadia, São Sebastião e Traipu totalizaram 3592 focos, correspondendo a 46% dos FC no período avaliado na mesorregião do Agreste. Os FC detectados nestes municípios do Grupo (NA) podem estar associados à produção de cana-de-açúcar e consequentemente maiores queima no período da colheita (Fernandes e Correia Filho, 2014; Sindaçúcar-AL, 2020; Oliveira Junior *et al.*, 2020). O grupo G₁ (5,31 ± 6,45 focos) é o maior grupo de FC com 15 municípios, enquanto G₂ (16,98 ± 19,57 focos) com 6 municípios foi o menor.

Em suma, os grupos homogêneos FC identificados nas mesorregiões climáticas de Alagoas via técnica CA apresentam variabilidade temporal, que depende dos regimes pluviométricos interanuais e intrasazonais e das alterações associadas ao uso e ocupação do solo das mesorregiões, similar aos resultados obtidos para o NEB (Oliveira-Júnior *et al.*, 2022). Não se descarta que os grupos NA foram devido às características locais de cada município, principalmente, em relação as práticas agrícolas, principalmente a monocultura da cana de açúcar, seguido do IDH e das práticas culturais (Fernandes e Correia Filho, 2014; Oliveira-Júnior *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2021).

3.2. Estatística aplicada aos focos de calor nas mesorregiões

Em relação à ED no Sertão Alagoano, os grupos G₂, G₃ e NA apresentaram as maiores M anuais e DP dos FC, ao contrário do grupo G₁, com destaque para os municípios de Carneiros (0,87 ± 1,25 focos) e Palestina (1,04 ± 1,94 focos). Na maioria dos municípios, a M_d foi inferior a M. Vale ressaltar que os municípios do grupo G₁ obtiveram as maiores M anuais de FC, por exemplo, Major Isidoro (13,17 ± 15,72 focos), Canapi (13,13 ± 15,16 focos), Olho D'água do Casado (9,91 ± 12,48 focos), Água Branca (9,78 ± 12,8 focos) - (Tabela 2). O número elevado de registro de FC nesses municípios pode estar associado a atividades antrópicas, neste caso, atividades agrícolas e desmatamento - (Oliveira-Júnior *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2021), seguido de secas severas frequentes em Alagoas (Oliveira-Júnior *et al.*, 2012; Lyra *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2021). Na mesorregião do Sertão ocorreu alta variabilidade dos FC dentro dos grupos homogêneos, visto que os valores de DP e AIQs se sobressairam em relação a Md. Destaque para o município de Belo Monte (NA) que obteve maior DP (25,87 focos) e M (26,83 focos).

É mostrada na Fig. 5 a média de FC anual em alguns municípios da mesorregião Sertão. Vale destacar os anos de 2012 e 2019, que obtiveram os maiores registros dos FC, devido à seca que ocorreu no NEB no período (Marenco *et al.*, 2017). A partir do ano de 2012 até o ano de 2019 os FC foram superiores a M na maioria dos municípios analisados da mesorregião, com destaque para os municípios do grupo G₃ (Batalha, Santana do Ipanema, Mata Grande, Pão de Açúcar).

Em relação à ED, o grupo G2 e NA apresentaram as maiores M anuais e DP dos FC, ao contrário do grupo G1,

com os menores valores M anuais e DP dos FC, com destaque para Chã preta (2,13 ± 2,51 focos) e Pindoba (0,65 ± 1,11 focos). Para a Md, na maioria dos municípios, observam-se valores inferiores a M (Tabela 2). Vale ressaltar os municípios do grupo G2, com maiores M anuais de FC, por exemplo, São Miguel dos Campos (200,17 ± 160,45 focos), Jequiá da Praia (163,55 ± 100,36 focos), Campo Alegre (158,43 ± 114,43 focos), Teotônio Vilela (148,30 ± 122,37 focos), Coruripe (NA) (553,13 ± 369,40 focos) - (Tabela 3 e Fig. 6). O maior registro de FC nesses municípios está relacionado a áreas com plantio de cana-de-açúcar, e tal cultivo utiliza o fogo para a colheita, sendo uma prática secular no NEB e no Brasil (Fernandes e Correia Filho, 2014; Oliveira-Júnior *et al.*, 2020; Marinho *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2021).

A Tabela 3 apresenta a ED dos FC nos grupos da mesorregião Leste Alagoano durante o período de estudo. No Leste Alagoano foram registrados 74812 focos de calor, com destaque para os municípios de Coruripe e Penedo que não formaram grupo mesmo apresentando um dos maiores registros de focos de calor com aproximadamente 25% do acumulado total da mesorregião (18767 focos).

Em relação à ED, o grupo G₂ e NA apresentaram as maiores M anuais e DP dos FC, ao contrário do grupo G₁, com os menores valores M anuais e DP dos FC, destacando-se os municípios de Lagoa da Canoa (1,26 ± 1,68 focos) e Belém (2,43 ± 3,63 focos). Para a Md, na maioria das estações, observam-se valores inferiores a M (Tabela 4). Vale ressaltar que os municípios do grupo G₂, com maiores M anuais de FC, por exemplo, Cacimbinhas (21,30 ± 28,01 focos), Girau do Ponciano (20,74 ± 21,61), Craibas (6,09 ± 6,38 focos), Feira Grande (7,65 ± 8,37

Tabela 2 - Resultado da ED aplicado à série temporal 1998-2020 entre os grupos do Sertão alagoano.

Grupos	\bar{x}	Md	Valores			Limites	
			Vmi	Vma	At	Li	Ls
G ₁	5,77	3,00	0,00	58,00	58,00	-10,88	18,13
G ₂	16,15	12,50	0,00	82,00	82,00	-20,63	48,38
G ₃	24,26	17,00	0,00	115,00	115,00	-32,38	72,63
NA	26,83	21,00	1,00	115,00	114,00	-20,75	65,25
Grupos	CV (%)	Dp	Quartis		AIQ		
			Q1	Q3			
G ₁	152,61	8,81	0,00	7,25	7,25		
G ₂	95,90	15,49	5,25	22,50	17,25		
G ₃	97,23	23,59	7,00	33,25	26,25		
NA	96,42	25,87	11,50	33,00	21,50		

Legenda: \bar{x} = Média, Md = Mediana, Vmi = Valor mínimo, Vma = Valor Máximo, At = Amplitude total, Li = Limite inferior, Ls = Limite superior, CV = Coeficiente de variação, Dp = Desvio Padrão, Q1 = 1st Quartil, Q3 = 3rd Quartil, AIQ = Amplitude interquartil.

Tabela 3 - Resultado da ED e EE aplicado à série temporal 1998-2020 entre os grupos do Leste alagoano.

Grupos	\bar{x}	Md	Valores			Limites	
			Vmi	Vma	At	Li	Ls
Focos de Calor. Ano ⁻¹							
G ₁	36,33	20,50	0,00	291,00	291,00	-60,13	118,88
G ₂	174,24	135,00	1,00	586,00	585,00	-141,75	460,25
NA	407,98	357,00	8,00	1351,00	1343,00	-360,38	1066,63
Grupos	CV (%)	DP	Quartis		AIQ		
			Q1	Q3			
Focos de Calor. Ano ⁻¹							
G ₁	116,63	42,37	7,00	51,75	44,75		
G ₂	82,36	143,51	84,00	234,50	150,50		
NA	79,34	323,68	174,75	531,50	356,75		

Legenda: \bar{x} = Média, Md = Mediana, Vmi = Valor mínimo, Vma = Valor Máximo, At = Amplitude total, Li = Limite inferior, Ls = Limite superior, CV = Coeficiente de variação, Dp = Desvio Padrão, Q1 = 1st Quartil, Q3 = 3rd Quartil, AIQ = Amplitude interquartil.

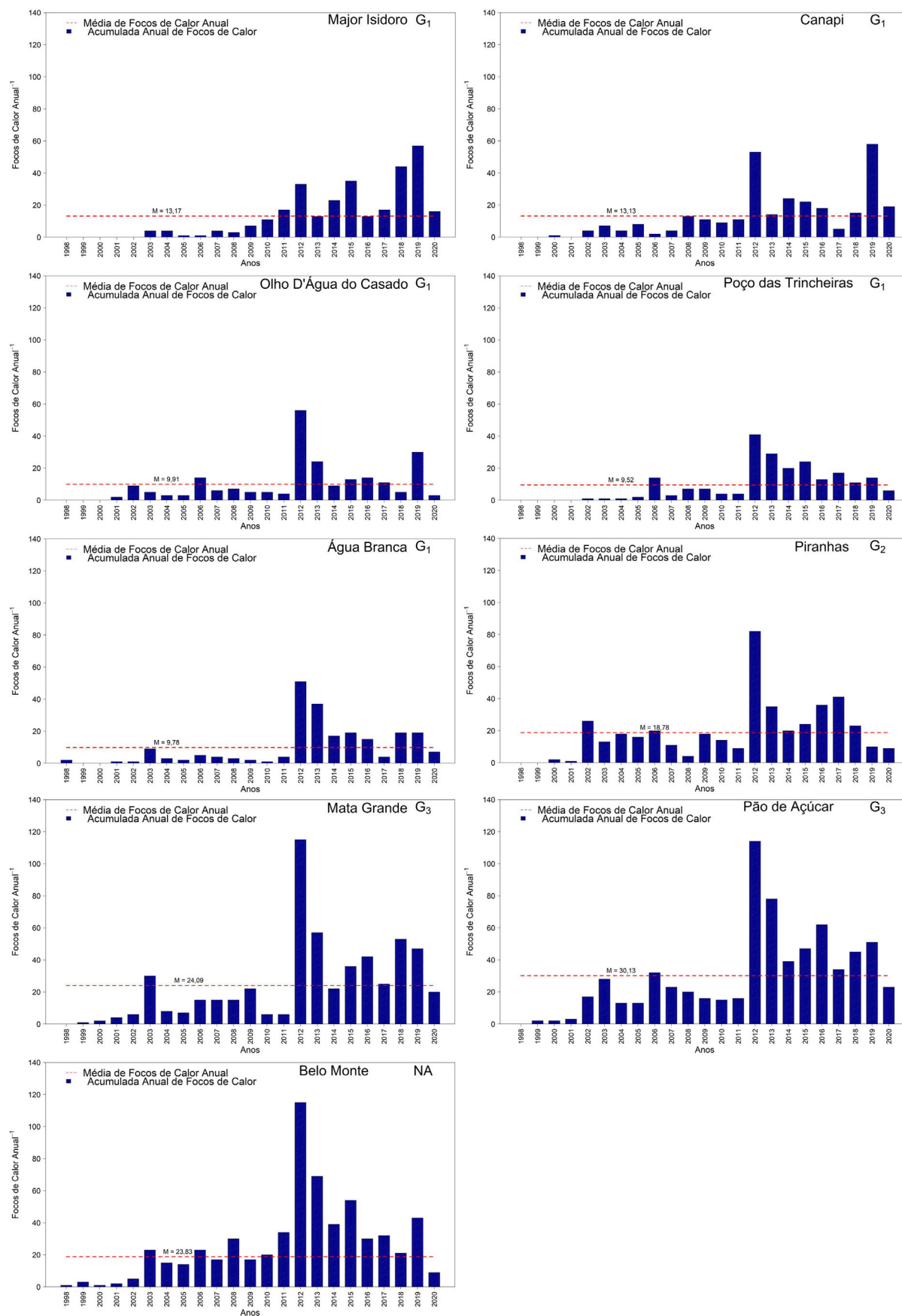


Figura 5 - Distribuição temporal dos focos de calor anual nos Grupos G₁, G₂ e G₃ na mesorregião Sertão estado de Alagoas entre 1998 e 2020.

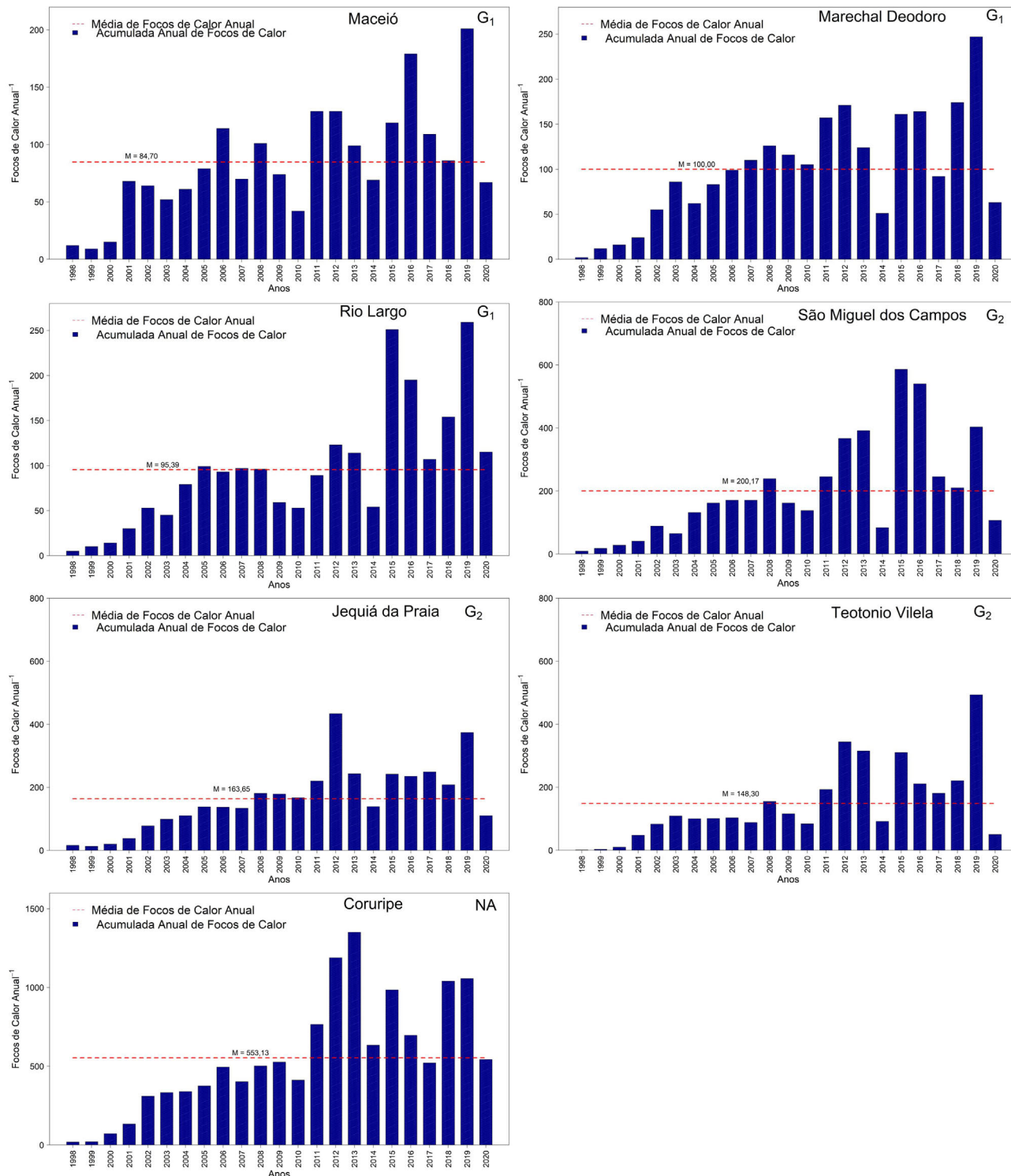


Figura 6 - Distribuição temporal dos focos de calor anual nos Grupo G₁, G₂ e NA, na mesorregião Leste estado de Alagoas entre 1998 a 2020.

focos), Tanque D'arca ($7,26 \pm 7,17$ focos), Taquarana ($7,04 \pm 9,58$ focos) Estrela de Alagoas ($7,87 \pm 8,64$ focos), Igaci ($8,30 \pm 7,38$ focos) Minador do Negrão ($8,39 \pm 8,32$ focos) - (Fig. 7 e Tabela 4). O maior registro de FC nesses municípios pode estar relacionado com atividades antrópi-

cas (atividades agrícolas ou desmatamento) - (Caúla *et al.*, 2016; Oliveira-Júnior *et al.*, 2021).

A Tabela 4 apresenta a ED dos FC nos grupos da mesorregião Agreste Alagoano durante o período de estudo, os resultados obtidos da ED dos FC nos grupos

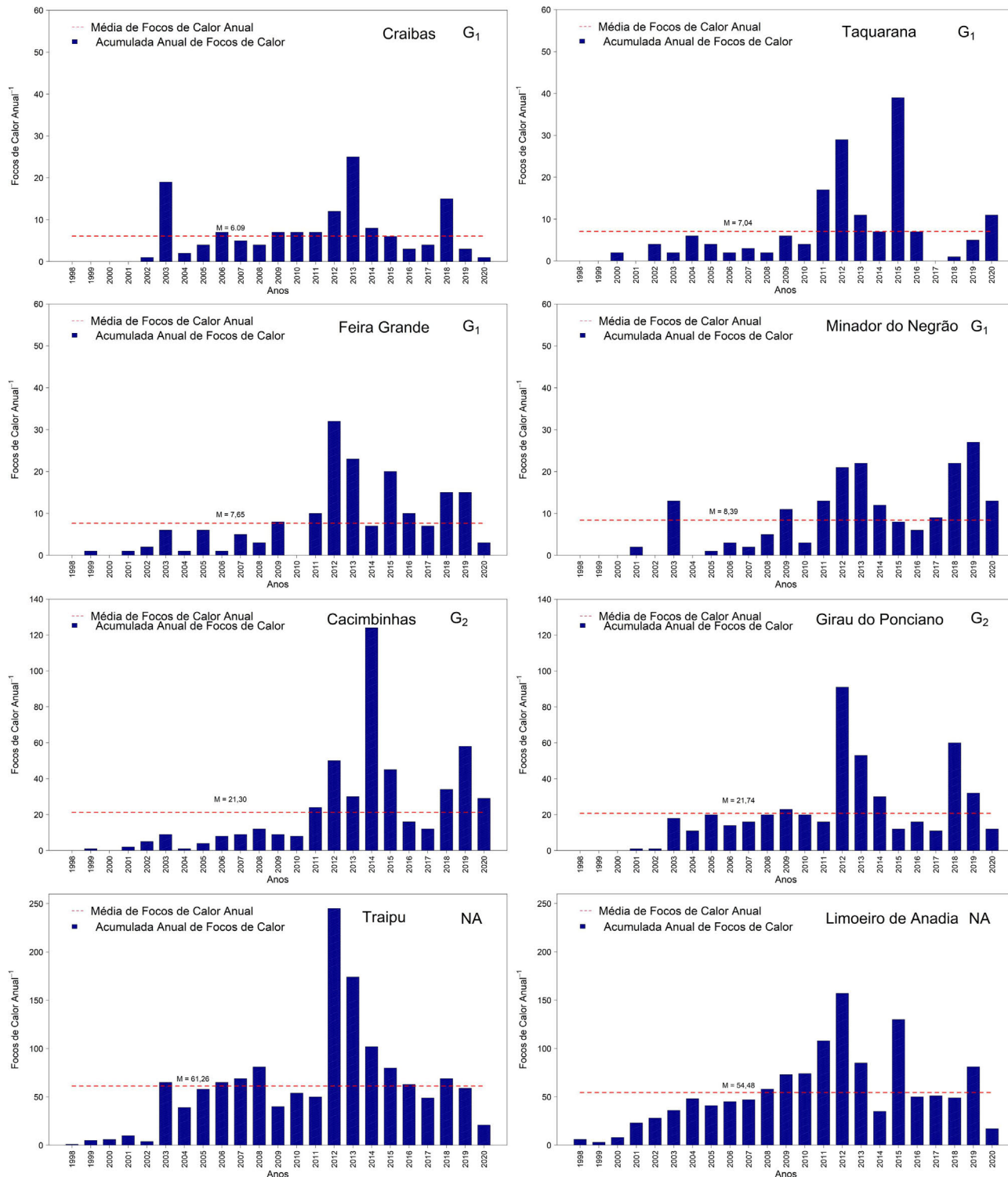


Figura 7 - Distribuição temporal dos focos de calor anual nos Grupos G₁, G₂ e NA, na mesorregião Agreste estado de Alagoas entre 1998 e 2020.

homogêneos obtidos do Agreste Alagoano no período de estudo. No Agreste Alagoano foram registrados 7789 focos, com destaque para os municípios de Limoeiro de Anadia (1253 focos) São Sebastião (930 focos) e Traipu

(1409 focos) que não formaram grupo mesmo apresentando um dos maiores registros de FC aproximadamente 46% do acumulado anual da mesorregião (3592 focos).

Tabela 4 - Resultado da ED e EE aplicado à série temporal 1998-2020 entre os grupos do Agreste alagoano.

Grupos	\bar{x}	Md	Valores			Limites	
			Vmi	Vma	At	Li	Ls
Focos de Calor. Ano ⁻¹							
G ₁	5,31	3,00	0,00	39,00	39,00	-8,00	16,00
G ₂	16,98	12,00	0,00	124,00	124,00	-27,00	53,00
NA	52,06	46,00	1,00	245,00	244,00	-41,00	135,00
Grupos	CV (%)	DP	Quartis		AIQ		
			Q1	Q3		Focos de Calor. Ano ⁻¹	
G ₁	121,54	6,45	1,00	7,00	6,00		
G ₂	115,28	19,57	3,00	23,00	20,00		
NA	81,57	42,47	25,00	69,00	44,00		

Legenda: \bar{x} = Média, Md = Mediana, Vmi = Valor mínimo, Vma = Valor Máximo, At = Amplitude total, Li = Limite inferior, Ls = Limite superior, CV = Coeficiente de variação, Dp = Desvio Padrão, Q1 = 1st Quartil, Q3 = 3rd Quartil, AIQ = Amplitude interquartil.

3.3 Análise espacial dos focos de calor

Na avaliação espacial utilizou-se o período total (1998-2020) e anos de 2012 e 2019 via densidade de FC por município. Destaque para maior registro de densidade de FC no período total no Leste Alagoano (Fig. 8), com valores entre 3515 a 14059 FC, isso se deve a colheita da cana-de-açúcar nos municípios produtores de cana-de-açúcar: São Miguel dos Campos, Campo Alegre, Penedo, São José da Laje, Junqueiro, Rio Largo e Pilar com destaque a Coruripe (Sindaçúcar - AL 2022, Silva et al., 2020) seguido do desmatamento do bioma Mata Atlântica, que por sua vez ocupa a área e se estende do litoral até o Agreste (Fernandes e Correia Filho, 2014; Correia Filho et al., 2019).

Além disso, nas últimas décadas o Leste Alagoano passou por diversas mudanças de uso e ocupação do solo, sendo confirmado recentemente por Santos et al., (2020) via índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Recentemente, Costa et al. (2021) e Oliveira-Júnior et al. (2021) encontraram mudanças marcantes nos

períodos de chuva no Estado de Alagoas, com destaque, para dois períodos de chuva, um chuvoso entre 1960-1990 e outro seco entre 1990-2016, tal mudança se deve as alterações no uso e ocupação da terra, particularmente, o processo de urbanização (Santos et al., 2020) e, com isso podem ter aumentado os FC detectados.

Comparativamente os anos de 2012 e 2019, houve um aumento considerável dos FC, que por sua vez podem ser associados à degradação da vegetação litorânea, visto que a presença de serrapilheira permite o alastramento dos FC, pois é um dos combustíveis da queima, principalmente nas regiões de florestas decíduas ou semi-decíduas, com categorização climática “Aw” (Brito Neto et al., 2018; Delgado et al., 2018), seguido de fatores climáticos, tais como, alta temperatura e baixo registro de chuvas, atividades antrópicas e principalmente ao manejo do cultivo da cana-de-açúcar, sendo observado por (Oliveira-Júnior et al., 2020; Oliveira-Júnior et al., 2022). É sabido que o NEB é fortemente afetado pelas fases do El Niño - Oscilação Sul (ENOS) - (Molion e Bernardo, 2002; Lyra et al., 2017). Nos eventos La Niña, a chuva no NEB é geralmente superior à média climatológica. No entanto, o evento La Niña em 2011-2012, o NEB passou por sua pior seca dos últimos 30 anos (Rodrigues et al., 2014), durante a estação chuvosa de 2012, muitas áreas receberam menos de 50% da chuva média, e assim muitos municípios decretaram estado de emergência (Marengo et al., 2013; Marengo et al., 2016).

4. Conclusões

Os FC obedecem à variabilidade espaço-temporal dos regimes pluviométricos, nas escalas interanuais e intrasazonais, seguido das alterações associadas ao uso e ocupação do solo que ocorrem nas mesorregiões do Estado de Alagoas. Ressalta-se que às características locais de cada município, particularmente as práticas agrícolas, tais como, a monocultura da cana de açúcar, seguido do IDH e das práticas culturais influenciam a técnica CA na identificação de três grupos homogêneos no Sertão e dois grupos homogêneos no Agreste e Leste Alagoano.

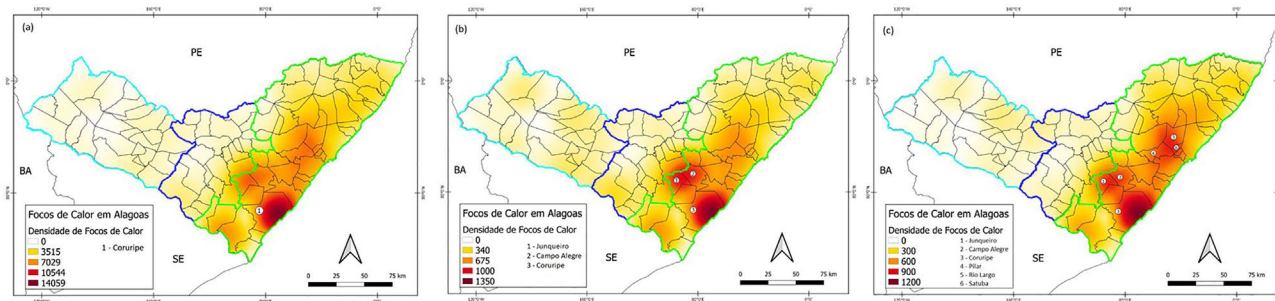


Figura 8 - Distribuição espacial da densidade dos FC total (1998-2020) (a), 2012 (b) e 2019 (c) no Estado de Alagoas. As linhas verde (Leste), azul-escuro (Agreste) e azul-claro (Sertão Alagoano).

Destaque para o método aglomerativo da ligação média que é consistente na determinação dos grupos homogêneos nas mesorregiões climáticas do Estado, por meio do uso do CCC ($> 0,70$). Vale destacar que alguns municípios não formaram grupos, por exemplo, Belo Monte (Sertão), Limoeiro de Anadia, São Sebastião e Traipu (Agreste) e Penedo e Coruripe (Leste). Esses municípios fazem uso do fogo como ferramenta para preparação da terra para a criação de animais, ou limpeza para o plantio de culturas de subsistência (agricultura familiar) ou até mesmo a monocultura da cana-de-açúcar, principalmente os municípios situados nas mesorregiões Agreste e Leste Alagoano.

A estatística aplicada aponta que os grupos homogêneos formados em Alagoas apresentam alta variabilidade temporal dos FC e com características marcantes, por exemplo, nas mesorregiões do Agreste e Leste Alagoano às alterações no uso e ocupação do solo, particularmente o processo de urbanização e a produção cana-de-açúcar aumenta a detecção dos FC, ao contrário do Sertão, com destaque os longos períodos de estiagem e secas severas.

Em suma, todos os grupos homogêneos de FC nas mesorregiões climáticas merecem atenção especial por parte da gestão pública e dos órgãos ambientais em relação a ocorrência de futuros incêndios no Estado de Alagoas, pois pode contribuir drasticamente para diminuição das áreas dos principais biomas (Caatinga e Mata Atlântica).

Referências

- BATISTA, A.C. Detecção de incêndios florestais por satélites. **Revista Floresta**, v. 34, n. 2, p. 237-241, 2004.
- BRITO NETO, R.L.; ARAÚJO, E.I.D.P.; MACIEL, C.M.S.; PAULA, A.D., TAGLIAFERRE, C. Fenologia de *Astronium graveolens* Jacq. em floresta estacional decidual em Vitória da Conquista, Bahia. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 641-650, 2018. doi
- CASTELLETTI, C.H.M.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. **Quanto ainda resta da Caatinga? Uma Estimativa Preliminar. Biodiversidade da Caatinga: Áreas e Ações Prioritárias Para a Conservação. Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora da Universidade Federal de Pernambuco, p. 719-734, 2003,
- CAÚLA, R.H.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; LYRA, G.B.; DELGADO, R.C.; HEILBRON FILHO, P.F.L. Overview of fire foci causes and locations in Brazil based on meteorological satellite data from 1998 to 2011. **Environmental Earth Science**, v. 74, n. 2, p. 1497-1508, 2015. doi
- CAÚLA, R.H.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; GOIS, G.; DELGADO, R.C.; PIMENTEL, L.C.G.; TEODORO, P.E. Non-parametric statistics applied to fire foci obtained by meteorological satellites and their relationship to the MCD12Q1 product in the state of Rio de Janeiro, Southeast Brazil. **Land Degradation & Development**, v. 28, n. 3, p. 1056-1067, 2017. doi
- CLEMENTE, S.S.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; LOUZADA, M.A.P. Focos de calor do bioma Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro: uma abordagem de gestão e legislação ambiental. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 15, n. 2, p. 158-174, 2017. doi
- CORREIA FILHO, W.L.F.; SANTOS, T.V.; DIOGO, A.M.; AMORIM, R.F.C. Diagnóstico da Precipitação e EVI em Dois Eventos de Seca no Nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 35, p. 102-112, 2018. doi
- COSTA, M.S.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; SANTOS, P.J.; CORREIA FILHO, W.L.F.; BLANCO, C.J.C.; TEODORO, P.E.; et al. Rainfall extremes and drought in Northeast Brazil and its relationship with El Niño-Southern oscillation. **International Journal of Climatology**, v. 41, n. S1, p. E2111-E2135, 2021. doi
- DELGADO, R.C.; PEREIRA, M.G.; TEODORO, P.E.; SANTOS, G.L.; CARVALHO, D.C.; ÍRIS, C.M.; VILANOVA, R.S. Seasonality of gross primary production in the Atlantic Forest of Brazil. **Global Ecology and Conservation**, v. 14, p. e00392, 2018. doi
- FERNANDES, R.C.; CORREIA FILHO, W.L.F. Espacialização temporal dos focos de queimadas e de poluentes atmosféricos (CO, CH₄, NO₂, N₂O) em Alagoas. **Ciência e Natura**, v. 35, n. 2, p. 287-294, 2014. doi
- GARCIA, L.C.; SZABO, J.K.; DE OLIVEIRA ROQUE, F.; PEREIRA, A.D.; DA CUNHA, C.N.; DAMASCENO-JÚNIOR, G.A.; RIBEIRO, D.B. Record-breaking wildfires in the world's largest continuous tropical wetland: integrative fire management is urgently needed for both biodiversity and humans. **Journal of Environmental Management**, v. 293, p. 112870, 2021. doi
- GOIS, G.; FREITAS, W.K.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F. Spatial-temporal of fire foci in the state of Rio de Janeiro, Brazil. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 3, p. 1008-1017, 2020. doi
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 642 p., 1992.
- LIBONATI, R.; GEIRINHAS, J.L.; SILVA, P.S.; RUSSO, A.; RODRIGUES, J.A.; BELÉM, L.B.C.; et al. Assessing the role of compound drought and heatwave events on unprecedented 2020 wildfires in the Pantanal. **Environmental Research Letters**, v. 17, p. 015005, 2022. doi
- LOPES, E.R.N.; SILVA, A.P.P.; PERUCHI, J.F.; LOURENÇO, R.W. Zoneamento de risco de incêndio e queimadas no município de Sorocaba, São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 36, 117-129, 2018. doi
- LYRA, G.B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; GOIS, G.; CUNHA-ZERI, G.; ZERI, M. Rainfall variability over Alagoas under the influences of SST anomalies. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 129, n. 1, p. 157-171, 2017. doi
- LYRA, G.B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; ZERI, M. Cluster analysis applied to the spatial and temporal variability of monthly rainfall in Alagoas state, Northeast of Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 13, p. 3546-3558, 2014. doi
- MARENGO, J.A.; ALVES, L.M.; SOARES, W.R.; RODRIGUEZ, D.A.; CAMARGO, H.; et al. Two contrasting severe seasonal extremes in tropical South America in 2012: flood in Amazonia and drought in northeast Brazil. **Journal of Climate**, v. 26, n. 22, p. 9137-9154, 2013. doi

- MARENGO, J.A.; ALVES, L.M.; ALVALA, R.C.S.; CUNHA, A.P.; BRITO, S.; MORAES, O.L.L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 23, n. 1, p. 1-21, 2017. doi
- MARENGO, J.A.; CUNHA, A.P.; ALVES, L.M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. *Climanálise*, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.
- MARINHO, A.A.R.; GOIS, G.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; CORREIA FILHO, W.L.F.; SANTIAGO, D.B.; SILVA JUNIOR, C.A.; ROGERIO, J.P. Temporal record and spatial distribution of fire foci in State of Minas Gerais, Brazil. *Journal of Environmental Management*, v. 280, p. 111707, 2021. doi
- MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; LYRA, G.B.; GOIS, G.; BRITO, T.T.; MOURA, N.S.H. Análise de homogeneidade de séries pluviométricas para determinação do índice de seca IPP no estado de Alagoas. *Floresta e Ambiente*, v. 19, n. 1, p. 101-112, 2012. doi
- OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; GOIS, G.; SILVA, I.J.L.; JARDIM, A.M.R.F.; SILVA, M.V.; SHAH, M.; JAMJAREGULGARN, P. Wet and dry periods in the state of Alagoas (Northeast Brazil) via Standardized Precipitation Index. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, v. 224, n. 1, p. 105746, 2021. doi
- OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; SHAH, M.; ABBAS, A.; CORREIA FILHO, W.L.F.; SILVA JUNIOR, C.A.; SANTIAGO, D.B.; et al. Spatiotemporal analysis of fire foci and environmental degradation in the biomes of Northeastern Brazil. *Sustainability*, v. 14, n. 11, p. 6935, 2022. doi
- OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; CORREIA FILHO, W.L.F.; ALVES, L.E.R.; LYRA, G.B.; GOIS, G.; SILVA JUNIOR, C.A.; et al. Fire foci dynamics and their relationship with socio-environmental factors and meteorological systems in the state of Alagoas, Northeast Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 192, n. 1, p. 654-683, 2020. doi
- RODRIGUES, R.R.; MCPHADEN, M.J. Why did the 2011-2012 La Niña cause a severe drought in the Brazilian Northeast? *Geophysical Research Letters*, v. 41, n. 3, p. 1012-1018, 2014. doi
- ROHLF, J.F. Adaptive hierarchical clustering schemes. *Systematic Biology*, v. 19, n. 2, p. 58-82, 1970. doi
- SANTOS, C.T.B.; CORREIA FILHO, W.L.F.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; SANTIAGO, D.B.; BATISTA, B.A. Diagnosis spatiotemporal of fire foci in Brazil. *Research, Society and Development*, v. 10, p. 1-10, 2021. doi
- SANTOS, F.S.; GOMES, H.B.; BARROS, G.V.P.; ALVES, L.E.R.; SILVA, D.F.; COSTA, R.L.; et al. Análise sazonal dos parâmetros biofísicos utilizando o sensor MODIS para o estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 35, n. (spe), p. 955-968, 2021. doi
- SANTOS, J.F.; SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. *Floresta*, v. 36, n. 1, p. 93100, 2006. doi
- SANTOS, J.N.R. *Agricultura Familiar e Políticas Públicas: Um Estudo em Municípios dos Territórios da Cidadania Cantuquiriguaçu Paranaense e Bacia Leiteira Alagoana*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Fronteira Sul, 2020.
- SARAÇLI, S.; DOĞAN, N.; DOĞAN, I. Comparison of hierarchical cluster analysis methods by cophenetic correlation. *Journal of Inequalities and Applications*, v. 2013, n. 1, p. 1-8, 2013. doi
- SILVA JUNIOR, C.A.; TEODORO, P.E.; DELGADO, R.C.; TEODORO, L.P.R.; LIMA, M.; PANTALEÃO, A. A.; et al. Persistent fire foci in all biomes undermine the Paris Agreement in Brazil. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 1-14, 2020. doi
- SILVA, E.M.S.; CORREIA FILHO, W.L.F.; GOMES, H.B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; FALCÃO, N.A.M.; COSTA, M.; GOIS, G. Espaço-temporalidade dos focos de calor na região metropolitana de Maceió. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 35 (spe.), p. 1029-1043, 2021. doi
- SILVA, J.M.C.; LEAL, I.R.; TABARELLI, M. *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. 1. ed. New York: Springer Nature, 487 p., 2017.
- SILVA, L.R.; STOSIC, T.; STOSIC, B.D. Power law correlations in time series of wild-land and forest fires in Brazil. *International Journal of Remote Sensing*, v. 33, n. 7, p. 2059-2067, 2012. doi
- SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. *Incêndios Florestais: Controle, Efeitos e Uso do Fogo*. Curitiba: UFPR, 2007. 264 p.
- SOARES, T.B.O.; RESENDE, F.C.; PEREIRA, G. Distribuição espacial dos focos de calor em unidades de conservação de Minas Gerais no período de 2007 a 2012. *Revista UD y la Geomática*, v. 11, p. 3945, 2016. doi
- SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon*, v. 11, n. 2, p. 33-40, 1962. doi
- TEODORO, P.E.; SILVA JUNIOR, C.A.; DELGADO, R.C.; LIMA, M.; TEODORO, L.P.R.; BAILO, F.H.R.; et al. Twenty-year impact of fire foci and its relationship with climate variables in Brazilian regions. *Environmental Monitoring And Assessment*, v. 194, p. 90, 2022. doi
- WANG, S.D.; MIAO, L.L.; PENG, G.X. An improved algorithm for forest fire detection using HJ Data. *Procedia Environmental Sciences*, v. 13, p. 140150, 2012. doi
- WHITE, B.L.A.; WHITE, L.A.S.; RIBEIRO, G.T.; FERNANDES, P.A.M. Development of a fire danger index for eucalypt plantations in the northern coast of Bahia, Brazil. *Floresta*, v. 43, n. 4, p. 601-610, 2013. doi
- WHITE, B.L.A.; WHITE, L.A.S. Queimadas e incêndios florestais no estado de Sergipe, Brasil, entre 1999 e 2015. *Floresta*, v. 46, n. 4, p. 561-570, 2017. doi

Endereços de Internet

- CPTEC - Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. Monitoramento de focos. Disponível em <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/> Acesso em 27 de Out. 2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidadeseestados/al.html> Acesso em: 20 de junho de 2021.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010 Disponível em: www.ibge.gov.br Acesso em: 20 de junho de 2021.

Ministério do Meio Ambiente. Subsídios para a Elaboração do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Caatinga. Brasília, dezembro de 2010. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/publicacoes/biomas/category/61caatinga.html?download=391:subsídios-para-a-elaboracao-do-plano-de-acao-para-a-prevencao-e-controle-do-desmatamento-na-caatinga&start=20>

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2020). R: A Language And Environment For Statistical Computing. R Foundation for

Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/old/4.1.0/>
SINDAÇÚCAR-AL. Boletim da Safra. Disponível em <https://www.sindacucar-al.com.br/boletim-da-safra/> acesso em 28 de mar. 2022, 2020

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (type CC-BY), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original article is properly cited.