Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS ASSOCIADOS AO CULTIVO DA OLIVEIRA (*Olea Europaea L.*) EM MINAS GERAIS

GARCIA, Sâmia Regina- samiarg@gmail.com
Universidade Federal de Itajubá / UNIFEI

SANTOS, Diego Felipe dos - dfsantos17@hotmail.com
Universidade Federal de Itajubá / UNIFEI

MARTINS, Fabrina Bolzan - fabrinabm@gmail.com
Universidade Federal de Itajubá / UNIFEI

TORRES, Roger Rodrigues - torres.fisico@gmail.com
Universidade Federal de Itajubá / UNIFEI

RESUMO: No intuito de suprir as necessidades do consumo interno de azeite e azeitona, muitos produtores no Brasil, mais especificamente no sul de Minas Gerais, têm investido nesse cultivo. Entretanto, para viabilizar a expansão da olivicultura é necessário conhecer as condições climáticas limitantes ao seu cultivo, principalmente em relação a eventos extremos de temperatura e precipitação, que são os maiores limitantes à olivicultura. Portanto, o objetivo deste estudo é determinar as áreas climatologicamente aptas ao cultivo da oliveira em Minas Gerais. Foram calculadas as climatologias mensais de precipitação e das temperaturas média, máxima e mínima do ar, para o período de 1981 a 2010, em 49 estações meteorológicas de Minas Gerais. Também foram calculados os percentis para determinação de eventos extremos de precipitação (P5 e P95), temperatura máxima (T90) e mínima (T10); além de contabilizar o número de casos com temperatura inferior a 9,5°C e superior a 30°C. Por fim, foi analisada a relação da quantidade dos eventos extremos com as fases fenológicas da oliveira. Os eventos de temperatura inferior a 9,5°C ocorrem com maior frequência (≥ 1500 eventos) na região sul do estado. Com relação a eventos de temperatura superior a 30°C, há um maior número de casos (≥ 1000 eventos) no noroeste, norte, Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Central e Triângulo Mineiro. Já a precipitação não inviabiliza o cultivo de oliveira em Minas Gerais, principalmente pela possibilidade de irrigação suplementar nas regiões com maiores registros de P5 e pelo pequeno número de casos (≤ 24 eventos) de P95. Somente as regiões sul e pequena parte do centro-oeste de Minas Gerais possuem características climáticas favoráveis ao cultivo de oliveira.

PALAVRAS-CHAVES: Eventos extremos, Precipitação, Temperatura

CLIMATOLOGICAL ASPECTS ASSOCIATED TO THE OLIVE TREE (Olea Europaea L.) CULTIVATION IN MINAS GERAIS

ABSTRACT: In order to meet the needs of domestic consumption of olive oil and olive table, many producers in Brazil, more specifically in the state of Minas Gerais, have invested in this crop. However, in order to make possible the expansion of olive tree, it is necessary to know the climatic conditions suitable for olive cultivation, especially in relation to extreme events of temperature and precipitation; which are the major limitation to olive tree. The objective of this study is to determine the areas climatologically suitable to olive tree cultivation in Minas Gerais. The monthly climatologies of precipitation and near surface air temperatures (mean, maximum and minimum) were calculated for the 1981 to 2010, based on 49 meteorological stations in Minas Gerais. The percentiles were also calculated for extreme precipitation events (P5 and P95), maximum temperature (T90) and minimum temperature (T10); besides counting the number of cases with temperature below 9.5°C and above 30°C. Finally, the relationship between the number of extreme events and the phenological phases of the olive tree was analyzed. Events of temperature below 9.5°C occur more frequently

(≥1500 events) in the southern region of the state. Regarding events of temperature above 30°C, there are a larger number of cases (≥1000 events) in the northwest, north, Vale do Jequitinhonha and Mucuri, Central and Triângulo Mineiro. On the other hand, precipitation does not impair olive tree in Minas Gerais, mainly due to the possibility of supplementary irrigation in the regions with the highest P5 records and the small number of cases (≤ 24 events) of P95. Only the southern regions and a small part of the central-west of Minas Gerais have favorable climatic characteristics for olive cultivation.

KEYWORDS: Extreme Events, Precipitation, Temperature

1. INTRODUÇÃO

As áreas tradicionalmente destinadas ao cultivo da oliveira (*Olea europaea L.*) não são suficientes para suprir a crescente demanda mundial por seus produtos. Por exemplo, a Espanha, que é o maior produtor de oliveira, não apresenta capacidade de ampliar os plantios já existentes (WREGE et al., 2015). Por esse motivo, nas últimas décadas, o cultivo da oliveira tem sido ampliado em várias regiões do mundo, principalmente em locais onde o cultivo não é tradicional (MARTINS et al., 2012; TANASIJEVIC et al., 2014; WREGE et al., 2015). No Brasil, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Minas Gerais (MARTINS et al., 2014; SANTOS et al., 2017b; WREGE et al., 2015), tem-se investido nesse cultivo, no intuito de suprir as necessidades do consumo interno (MARTINS et al., 2012), justamente pelo fato do país ser um dos maiores importadores do mundo, com uma demanda anual de aproximadamente 60 mil toneladas de azeite e 114 mil toneladas de azeitona (IOC, 2017).

Entretanto, para viabilizar a expansão da olivicultura no Brasil, primeiramente é necessário conhecer as áreas climatologicamente aptas ao seu cultivo (SANTOS et al., 2017b). Além disso, alterações nos padrões climáticos, decorrentes das mudanças climáticas, podem impactar e até inviabilizar o cultivo da oliveira, principalmente, devido às modificações nos padrões de evapotranspiração e do balanço hídrico, assim como alterações nas respostas fisiológicas, fenológicas e duração dos estágios de desenvolvimento (TANASIJEVIC et al., 2014; MORIONDO et al., 2015; SANTOS et al., 2017b).

A oliveira possui exigências climáticas distintas em cada fase fenológica (GARCÍA-MOZO et al., 2010; TANASIJEVIC et al., 2014), que é caracterizada pelas mudanças morfológicas e anatômicas da planta, sendo constituída pelos estágios e subperíodos de desenvolvimento. Resumidamente, durante o inverno são necessárias temperaturas baixas para interromper a dormência fisiológica e iniciar a diferenciação dos botões florais (MELO-ABREU et al., 2004; WREGE et al., 2015). Em geral, temperaturas inferiores a 11ºC (MARTINS et al., 2012) são exigidas pelo menos durante dois meses do ano para diferenciação dos botões florais (GALÁN et al., 2001). Regiões com temperaturas elevadas no inverno podem explicar a ausência do aparecimento de botões florais, além de causar o abortamento e incompatibilidade na polinização (AYERZA; SIBBETT, 2001). Depois desse período, a oliveira necessita de acúmulo de calor, dentro de limites toleráveis, para induzir o desenvolvimento reprodutivo com o surgimento das inflorescências e em seguida o florescimento, polinização, frutificação e maturação dos frutos (GARCIA-MOZO et al., 2010; MORIONDO et al., 2015; WREGE et al., 2015). Adicionalmente, chuvas abaixo da média podem acarretar situação de deficiência hídrica, que é prejudicial durante o subperíodo inflorescência (início da floração e frutificação), uma vez que reduz o número de inflorescências, aumenta a produção de flores imperfeitas (ORGAZ; FERERES,

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

1999) e má formação dos frutos (GARCÍA-MOZO et al., 2010). Por outro lado, excesso de chuvas em plena floração pode causar menor taxa de polinização e durante a frutificação pode causar redução no teor de óleo do fruto (SANTOS et al., 2017b).

As principais condições limitantes à olivicultura são a ocorrência de eventos extremos, associados principalmente ao aumento de temperatura, além do estresse hídrico (GARCIA-MOZO et al., 2010; TANASIJEVIC et al., 2014; MORIONDO et al., 2015). Essa limitação é agravada em função da época de ocorrência dos eventos extremos, principalmente quando ocorrem nos subperíodos de florescimento, polinização, fixação e maturação dos frutos (AGUILERA et al., 2015; WREGE et al., 2015).

Nesse sentido, esforços devem ser realizados para determinar as áreas climatologicamente aptas ao seu cultivo, principalmente em locais que apresentam forte investimento e ao mesmo tempo não possuem esse tipo de informação, como é o caso do estado de Minas Gerais. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi analisar a climatologia e os extremos climatológicos das variáveis temperatura do ar (mínima, média e máxima) e precipitação, associando as necessidades da oliveira nas diferentes fases fenológicas.

2.METODOLOGIA

2.1.DADOS E CLIMATOLOGIA

Os dados diários de precipitação (mm dia^{-1}) e temperatura máxima e mínima do ar próximo à superfície (ºC) utilizados nesse estudo foram obtidos a partir de 49 estações meteorológicas convencionais de Minas Gerais (MG), mantidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o período de 1981-2010 (Figura 1, Tabela 1). A temperatura média do ar foi obtida pelo cálculo da média entre as temperaturas máxima e mínima do ar.

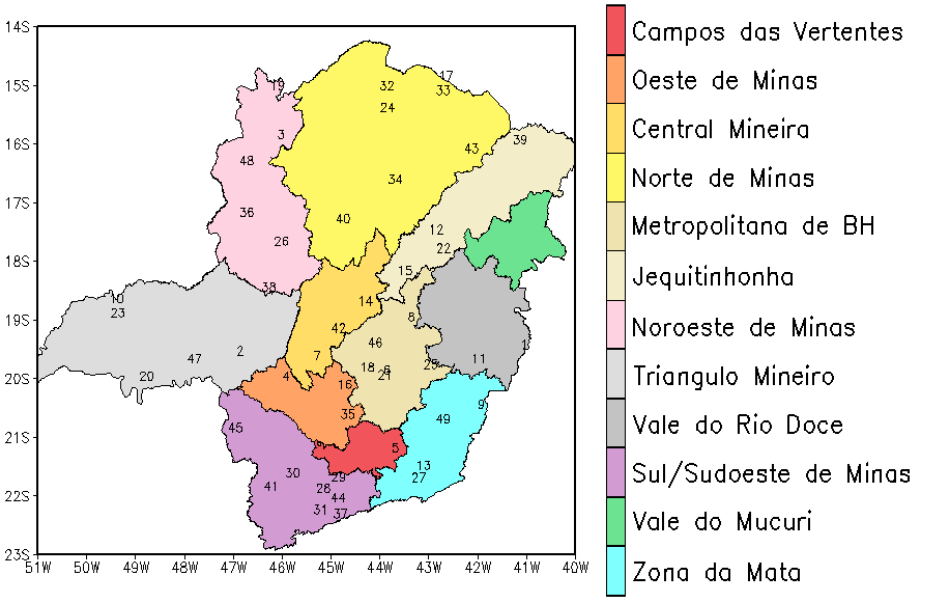


Figura 1 – Localização das mesorregiões de Minas Gerais e das estações meteorológicas convencionais utilizadas neste estudo.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Tabela 1 – Estação meteorológica, latitude, longitude, altitude e data do início de operação das estações utilizadas neste estudo. A numeração apresentada na primeira coluna diz respeito àquela utilizada na Figura 1.

Número	Estação meteorológica	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Início de Operação
1	Aimorés	-19,49	-41,07	82,7	01/06/1972
2	Araxá	-19,60	-46,94	1023,6	07/09/1916
3	Arinos	-15,91	-46,10	519,0	05/04/1976
4	Bambuí	-20,03	-45,00	661,3	26/08/1926
5	Barbacena	-21,25	-43,76	1126,0	06/09/1941
6	Belo Horizonte	-19,93	-43,93	915,0	03/03/1910
7	Bom Despacho	-19,68	-45,36	695,0	01/01/1981
8	Conceição do Mato Dentro	-19,02	-43,43	652,0	30/06/1925
9	Caparaó	-20,51	-41,90	843,2	17/11/1972
10	Capinópolis	-18,71	-49,55	620,6	13/08/1969
11	Caratinga	-19,73	-42,13	609,7	15/03/1924
12	Carbonita	-17,53	-43,00	736,4	01/01/1981
13	Coronel Pacheco	-21,55	-43,26	435,0	01/01/1955
14	Curvelo	-18,75	-44,45	672,0	03/09/1912
15	Diamantina	-18,23	-43,64	1296,1	13/04/1918
16	Divinópolis	-20,17	-44,87	788,4	11/10/1995
17	Espinosa	-14,91	-42,80	569,6	01/03/1974
18	Florestal	-19,88	-44,41	760,0	09/04/1960
19	Formoso	-14,93	-46,25	840,0	03/04/1976
20	Frutal	-20,03	-48,93	543,7	27/11/1913
21	Ibirité	-20,01	-44,05	814,5	06/04/1959
22	Itamarandiba	-17,85	-42,85	914,0	27/03/1925
23	Ituiutaba	-18,95	-49,52	560,0	16/11/1979
24	Januária	-15,45	-44,00	473,7	19/06/1912
25	João Monlevade	-19,83	-43,11	859,8	01/01/1981
26	João Pinheiro	-17,73	-46,17	760,4	09/12/1925
27	Juiz de Fora	-21,76	-43,36	940,0	01/01/1910
28	Lambari	-21,94	-45,31	878,5	01/06/1976
29	Lavras	-21,75	-45,00	918,8	18/02/1911
30	Machado	-21,68	-45,94	873,4	01/09/1961
31	Maria da Fé	-22,31	-45,37	1276,3	01/01/1981
32	Mocambinho	-15,08	-44,01	452,0	01/11/1975
33	Monte Azul	-15,16	-42,86	625,0	01/03/1974
34	Montes Claros	-16,68	-43,84	652,0	01/01/1912

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

35	Oliveira	-20,68	-44,81	966,5	01/01/1981
36	Paracatu	-17,24	-46,88	712,0	13/05/1918
37	Passa Quatro	-22,38	-44,96	920,0	01/01/1981
38	Patos de Minas	-18,51	-46,43	940,3	23/10/1947
39	Pedra Azul	-16,00	-41,28	648,9	01/10/1918
40	Pirapora	-17,35	-44,91	505,2	23/12/1912
41	Poços de Caldas	-21,91	-46,38	1150,0	10/11/1988
42	Pompeu	-19,21	-45,00	690,9	01/11/1972
43	Salinas	-16,15	-42,28	471,3	05/03/1925
44	São Lourenço	-22,10	-45,01	953,2	04/02/1922
45	São Sebastião do Paraíso	-20,91	-47,11	820,0	29/04/1965
46	Sete Lagoas	-19,46	-44,25	732,0	03/05/1926
47	Uberaba	-19,73	-47,95	737,0	11/10/1913
48	Unaí	-16,36	-46,88	460,0	07/04/1976
49	Viçosa	-20,76	-42,86	712,2	01/10/1919

A partir dos dados diários foram calculados o acumulado mensal de precipitação (mm) e as médias mensais de temperatura média, máxima e mínima (°C). Para a identificação dos dados errôneos nas séries de dados foram estabelecidos limites inferiores e superiores para cada variável em cada estação meteorológica. Desta forma, os valores abaixo ou acima desses limites são considerados dados errôneos e se nenhuma estação vizinha apresentar magnitude semelhante, esse dado deve ser considerado outlier e retirado da série.

A determinação desses limites baseou-se na Variação Interquartil (Inter Quartile Range, IQR), onde IQR é igual a diferença entre o terceiro quartil (Q3) e o primeiro quartil (Q1) (GONZÁLEZ-ROUCO et al., 2001; SEO, 2006; SILVA; REBOITA, 2014; REBOITA et al., 2015). Para a precipitação o limite inferior foi estabelecido como zero (LI =0). Já o limite superior foi definido por LS=P98+3IQR; onde P98 é o percentil 98º. Com relação à temperatura, o limite inferior foi definido por LI = Q3- 3 IQR e o limite superior por LS = Q3 + 3 IQR. Nessa análise não foram encontrados dados menores que os limites inferiores, nem dados maiores que os limites superiores; tanto para precipitação quanto para as temperaturas.

Com os dados mensais foram calculadas as climatologias mensais de janeiro a dezembro de precipitação (mm) e temperatura média, máxima e mínima do ar(°C). Para o cálculo das climatologias mensais foram utilizados apenas os meses com mais de 85% de dados válidos, isto é, meses com aproximadamente menos de 5 dias faltantes (WMO, 1989). As médias foram calculadas, baseadas em observações diárias que se estendem interruptamente sobre um período mínimo de 10 até 30 anos (SUGAHARA, 1999). Posteriormente, os dados foram espacializados para uma grade regular cobrindo todo o estado de Minas Gerais através da utilização do método Ordinary Krigging (CRESSIE, 1988; WICKHAM, 2014).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

2.2. ANÁLISE DOS EVENTOS EXTREMOS

A análise dos eventos extremos de precipitação e temperatura do ar foi feita associando a quantidade desses eventos com o momento de ocorrência das fases fenológicas da oliveira (OLIVEIRA et al., 2012; STEDUTO et al., 2012).

A primeira análise é referente aos valores de temperatura mínima inferiores a 9,5ºC no início do período reprodutivo: durante os meses de inverno (JJA) para verificar se essa exigência é atendida e durante os meses de primavera (SON) para verificar se essa exigência não é atendida. O valor de 9,5ºC é o limiar médio da temperatura basal inferior (Tb) das cultivares de oliveira mais cultivadas em Minas Gerais (MARTINS et al., 2012; SOUZA; MARTINS, 2014). A segunda análise é referente à ocorrência de temperaturas elevadas, acima da temperatura máxima de 30ºC nos períodos de polinização (setembro e outubro), inflorescência (meados de agosto a fim de setembro), florescimento pleno (meados de setembro e meados de novembro) e início da frutificação (setembro, outubro e meados de novembro). Essa análise é justificada pois temperaturas elevadas são benéficas ou prejudiciais dependendo da fase fenológica em que ocorrem (GARCÍA-MOZO et al., 2010; TANASIJEVIC et al., 2014).

Com o objetivo de encontrar os extremos de precipitação foram calculados os percentis dessa variável, sendo selecionados os casos (OLIVEIRA et al., 2012): abaixo do percentil 5° (P5) no início do florescimento (meados de agosto a setembro) e final da frutificação (meados de dezembro a meados de fevereiro), e acima do percentil 95° (P95) na floração (meados de julho a final de outubro) e na colheita (meados de dezembro a final de março), conforme recomendações de Sillmann et al. (2013a; 2013b) e Oliveira et al. (2016). Apesar de Oliveira et al. (2016) terem aplicado a técnica para valores ≥ 0 mm, neste estudo utilizou-se os valores de precipitação ≥ 1mm (WMO, 1989).

Assim, para melhor visualização, a quantidade de casos dos extremos associados às fases fenológicas da oliveira também foram espacializados para uma grade regular cobrindo todo o estado de MG através da utilização do método Ordinary Krigging (CRESSIE, 1988; WICKHAM, 2014).

3.RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1.ANÁLISE CLIMATOLÓGICA

As Figuras 2 a 5 estão dispostas seguindo as estações do ano: inverno (a-junho, b-julho e c-agosto); primavera (d-setembro, e-outubro e f-novembro); verão (g-dezembro, h-janeiro e i-fevereiro) e outono (j-março, k-abril, e l-maio). A escolha dessa disposição justifica-se, pois, na climatologia de precipitação dessas variáveis, tem-se a época seca evoluindo para a época chuvosa, e, para as variáveis de temperatura do ar, tem-se a evolução do período mais frio para o período mais quente, tornando a análise mais fluente.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

O ciclo anual climatológico de precipitação em MG é bem definido, com inverno seco (Figuras 2a- 2c) e verão chuvoso (Figuras 2g-2i), consistente à climatologia de precipitação do estado mostrada por Silva e Reboita (2014) e Reboita et al. (2015),com períodos de transição na primavera e no outono (Figuras 2d-2l). Esses resultados são característicos do Sistema de Monção da América do Sul (SMAS)(RAO et al., 1996; ZHOU; LAU, 1998; SANTOS; GARCIA, 2016; GARCIA et al., 2016a; 2016b).O ciclo sazonal da precipitação do SMAS tem início na Amazônia equatorial, propaga-se rapidamente para leste e sudeste no final de setembro e início de outubro, gerando uma estação úmida com chuvas abundantes na Bacia Amazônica. Na fase madura do SMAS (final de novembro até final de fevereiro), essa atividade convectiva da região amazônica estende a precipitação sobre o sudeste do Brasil e o oceano Atlântico adjacente, caracterizando uma banda de nebulosidade, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (KODAMA, 1993). Na fase de dissipação do SMAS (que inicia-se aproximadamente em março), as áreas de precipitação intensa sobre a Amazônia diminuem e migram gradualmente para noroeste na direção do equador (RAO et al., 1996; ZHOU; LAU, 1998; GARCIA et al., 2016a; 2016b).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

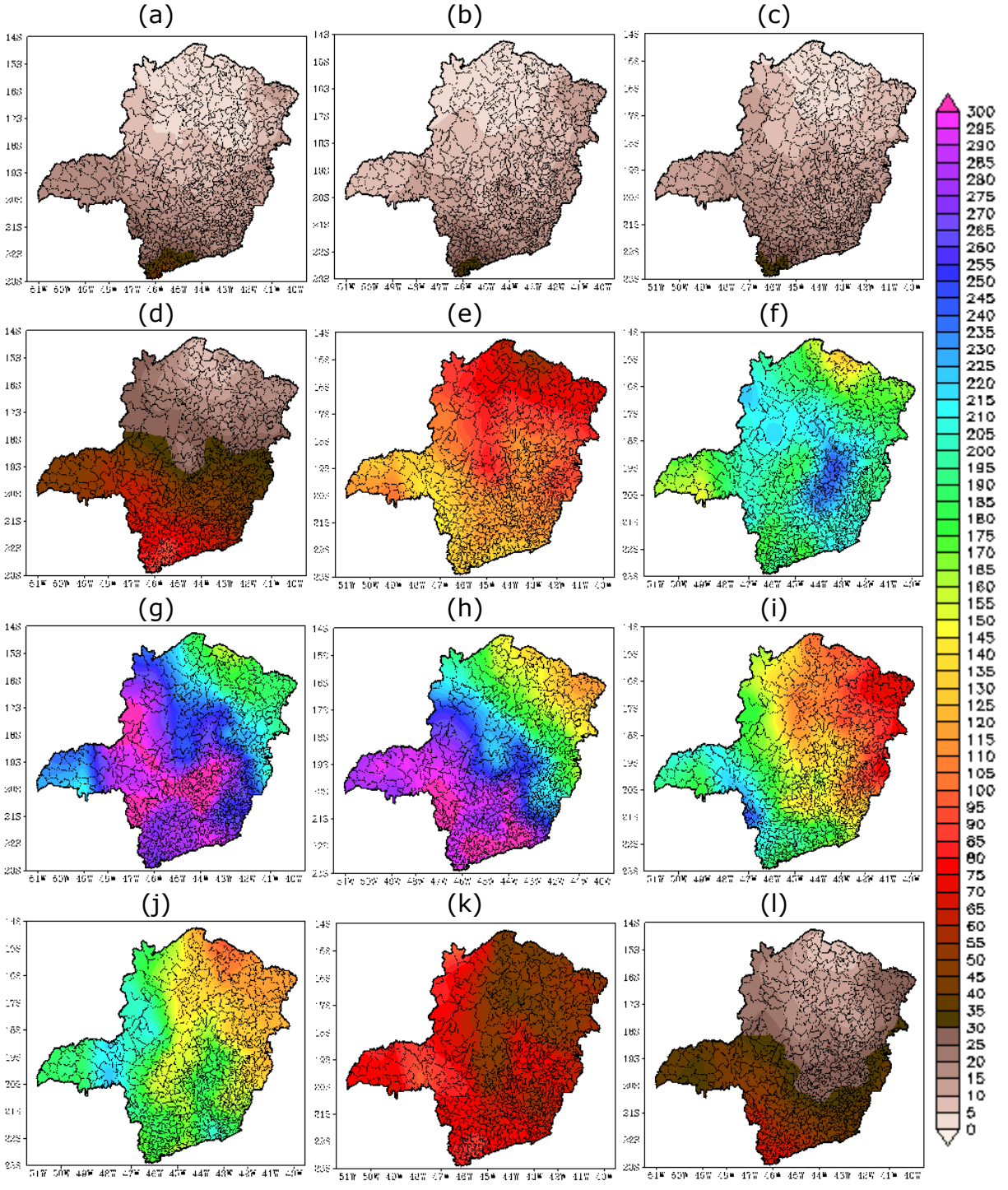


Figura 2 -Climatologia mensal da precipitação (mm) no estado de Minas Gerais, para: a) junho, b) julho, c) agosto, d) setembro, e) outubro, f) novembro, g) dezembro, h) janeiro, i) fevereiro, j) março, k) abril e l) maio.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Assim, em MG, pode ser notada a estação seca bem definida no inverno (Figuras 2a, 2b e 2c), com o aumento da precipitação de setembro a novembro (Figuras 2d, 2e e 2f), marcando o início da estação chuvosa, com os máximos valores de precipitação em dezembro e janeiro (Figuras 2g e 2h), diminuindo gradativamente em fevereiro e março (Figuras 2i e 2j), com precipitação menos intensa a partir de abril e maio (Figuras 2h e 2l), marcando o fim da estação chuvosa.

Quanto à precipitação, observa-se que, durante a estação chuvosa, as regiões com os maiores totais pluviométricos (≥ 250mm), localizam-se no Triângulo Mineiro, região sul, central, e uma parte do noroeste de MG e na Zona da Mata, enquanto os menores valores (≤130mm) são observados no nordeste do estado, vale do Jequitinhonha e Mucuri e norte de MG (Figuras 2f, 2g, 2h, 2i e 2j), o que é consistente ao encontrado por Silva e Reboita (2014), que mostraram que os maiores valores de precipitação encontram-se no centro-sul de MG e que, em todo o estado, as chuvas ocorrem principalmente de outubro a março. Cabe ressaltar que, no pico da estação chuvosa (Figuras 2g e 2h), os máximos valores de precipitação ocorrem no sul de MG na Serra da Mantiqueira e próximo à Serra da Canastra, associados à entrada com maior frequência de frentes frias (MELLO; VIOLA, 2013; REBOITA et al., 2015), diminuindo até o extremo nordeste de MG.

Pela climatologia mensal de temperatura média do ar (Figura 3), observa-se espacialmente grande amplitude térmica, corroborando com Reboita et al. (2015), com os maiores valores médios anuais (≥ 24ºC) no norte do estado, Triângulo Mineiro e na divisa com o Espírito Santo, os menores valores (entre 14ºC e 18ºC) nos setores montanhosos de MG; e os valores intermediários (entre 19ºC e 21ºC) na região central.

Destaca-se que as variações temporais podem ser notadas pelo ciclo anual climatológico, com grandes diferenças sazonais. A região sul possui os menores valores (18ºC a 19°C) no inverno (Figuras 3a - 3c), enquanto que os maiores valores (21ºC a 23°C) são observados na primavera, verão e início do outono (Figuras 3d - 3j). No norte e Triângulo Mineiro, os valores de temperatura média do ar são elevados na maior parte do ano (≥ 23°C), atingindo os maiores valores de outubro a março (≥ 25°C) (Figuras 3e - 3j). Esse comportamento também foi observado por Reboita et al. (2015).

Como esperado, os campos climatológicos de temperatura máxima (Figura 4) e mínima (Figura 5) possuem o mesmo padrão da temperatura média do ar (Figura 3), com diferenças nas magnitudes e na extensão e posicionamento de alguns centros de valores mais intensos. Consistentemente aos resultados encontrados por Reboita et al. (2015), tem-se que os maiores valores de temperatura máxima do ar, entre 30ºC e 32ºC e os maiores valores de temperatura mínima, entre 19ºC e 21ºC, são observados no norte do estado, Triângulo Mineiro e na divisa com o Espírito Santo. Entretanto, os menores valores de temperatura máxima (entre 23ºC e 25ºC) e temperatura mínima (entre 12ºC e 14ºC) ocorrem nos setores montanhosos de MG. Os valores intermediários de temperatura máxima e mínima, em torno de 27ºC e 16ºC, respectivamente, são encontrados na região central.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

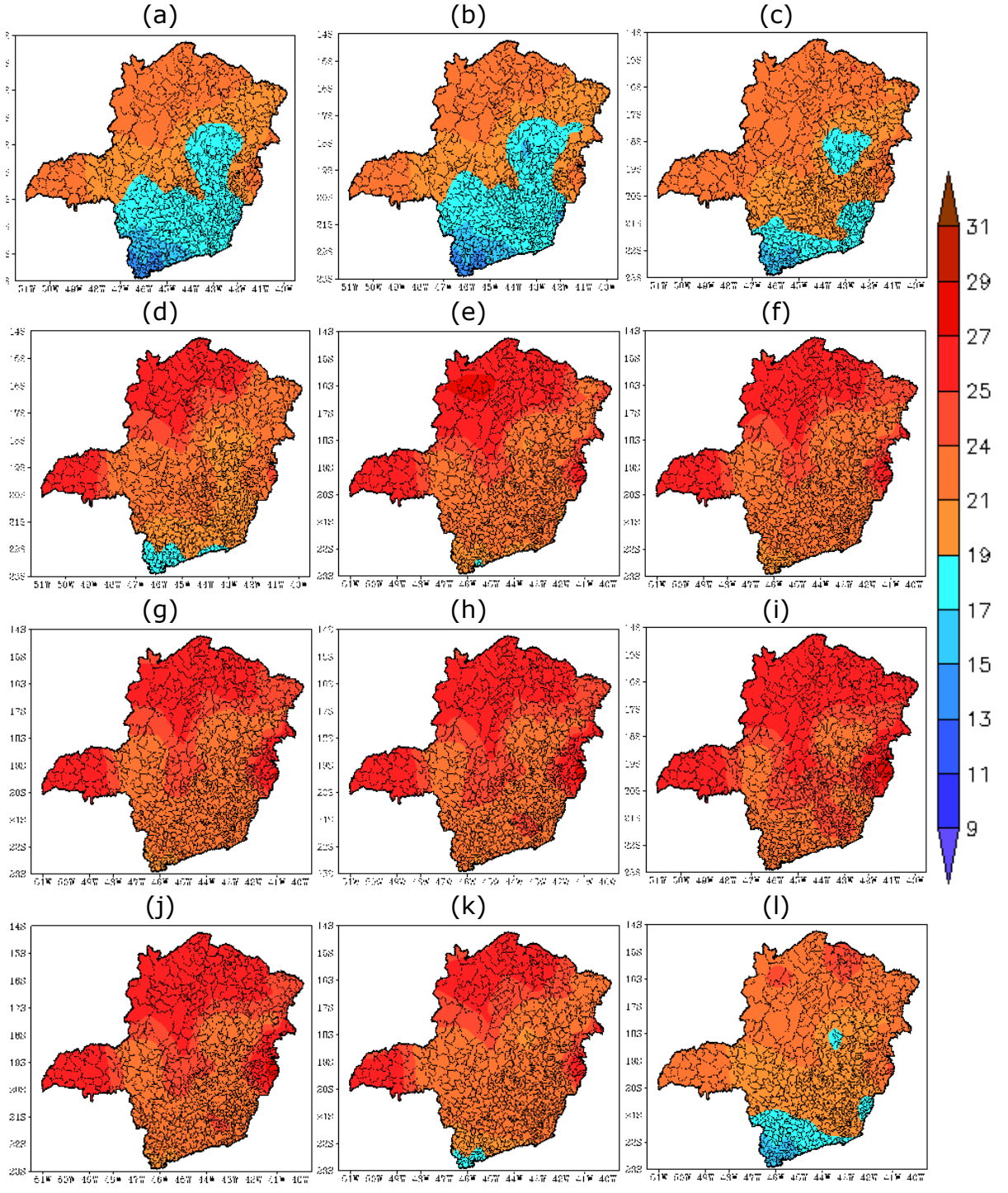


Figura 3 –Climatologia mensal da temperatura média do ar (ºC) no estado de Minas Gerais, para: a) junho, b) julho, c) agosto, d) setembro, e) outubro, f) novembro, g) dezembro, h) janeiro, i) fevereiro, j) março, k) abril e l) maio.

Com relação à temperatura máxima, no norte e Triângulo Mineiro (regiões mais quentes), tem-se que as diferenças entre o inverno e verão

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

(Figuras 4a-4i) não superam 2ºC na média climatológica. Porém, a temperatura mínima possui um comportamento diferente, tendo em vista que a amplitude de variação entre os meses de inverno (Figuras 5a-5c) e verão (Figuras 5g-5i) podem superar 5ºC, havendo maior amplitude térmica anual, quando comparado às temperaturas máximas.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

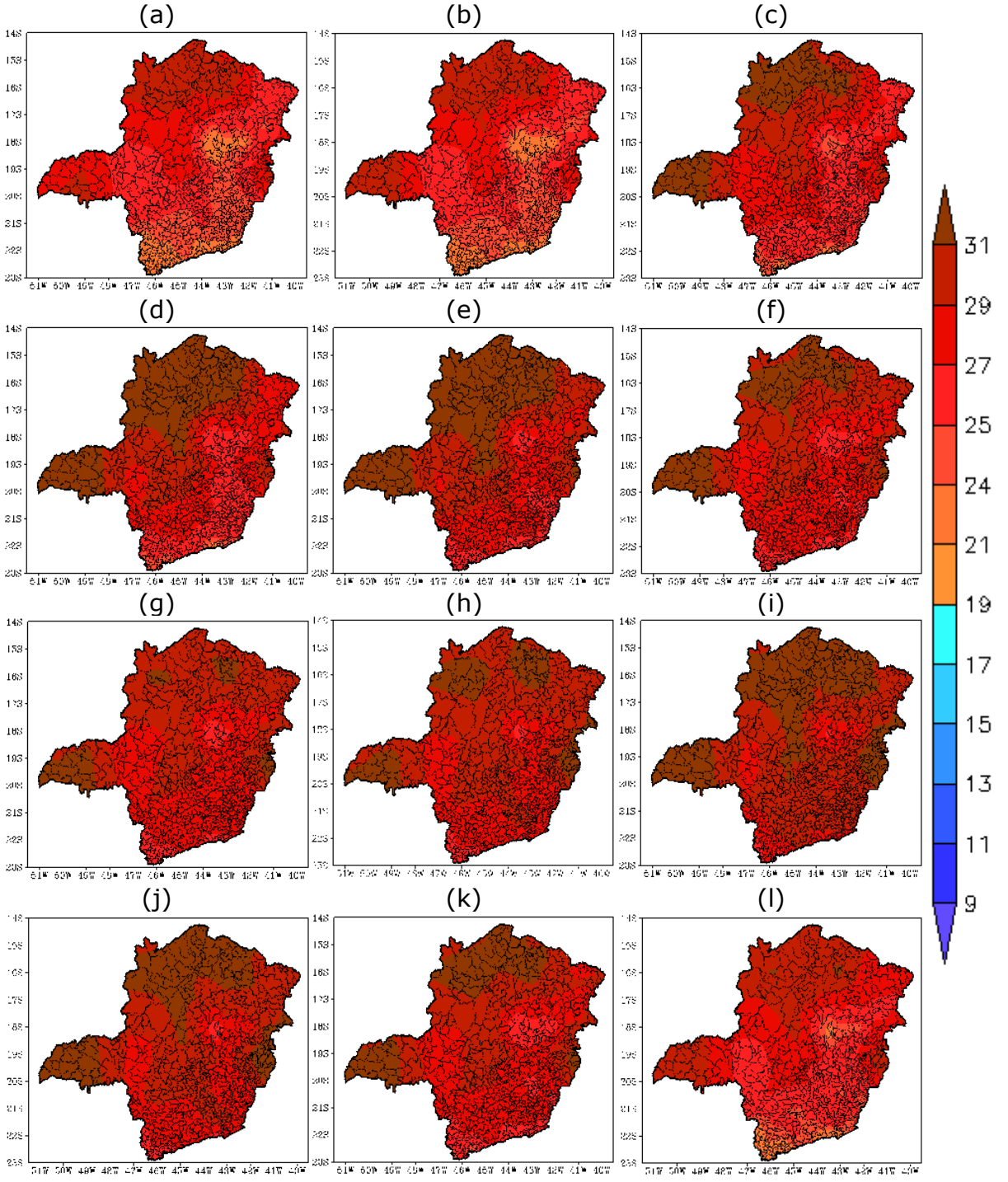


Figura 4 –Climatologia mensal da temperatura máxima do ar (ºC) no estado de Minas Gerais, para: a) junho, b) julho, c) agosto, d) setembro, e) outubro, f) novembro, g) dezembro, h) janeiro, i) fevereiro, j) março, k) abril e l) maio.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

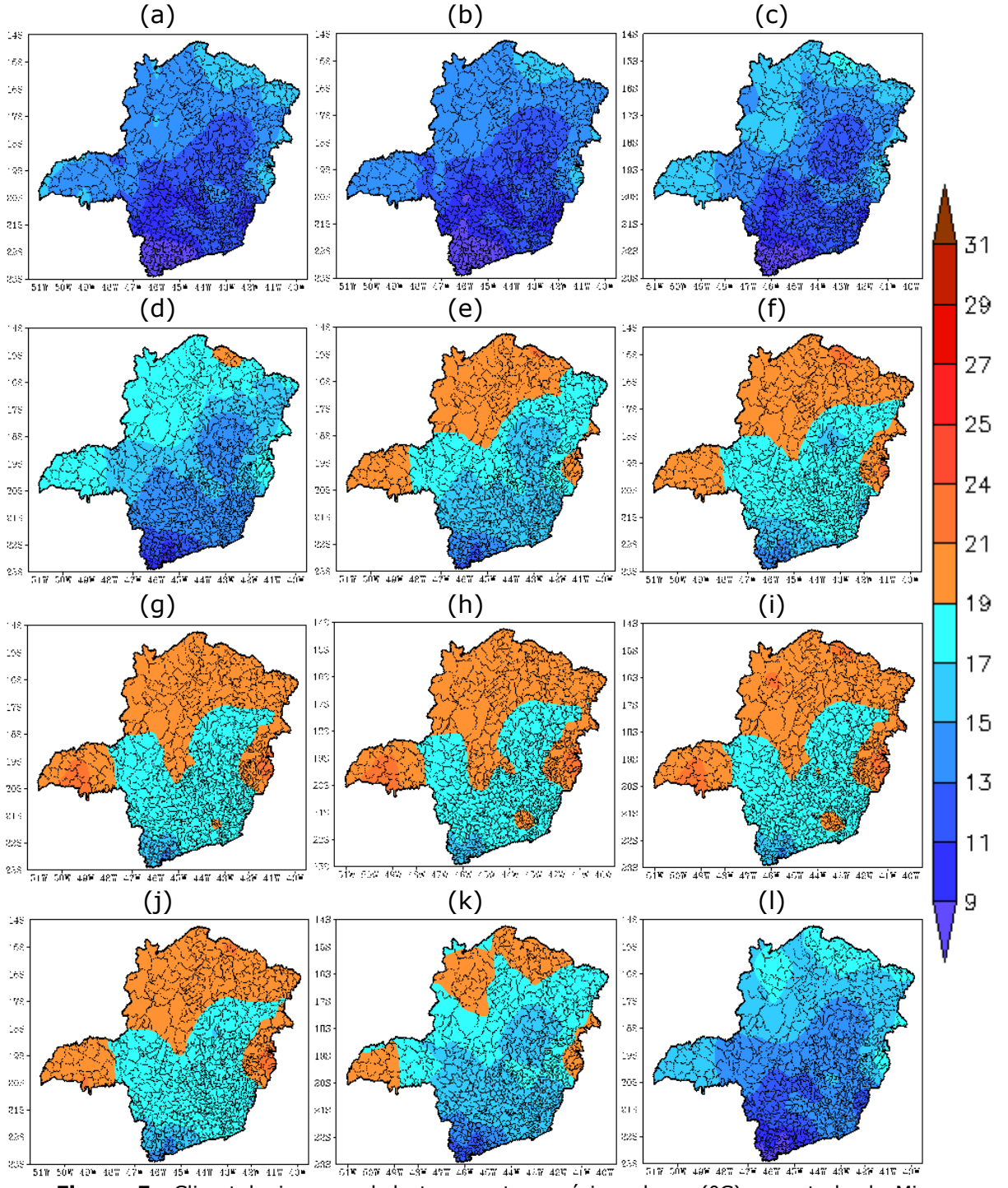


Figura 5 –Climatologia mensal da temperatura mínima do ar (ºC) no estado de Minas Gerais, para: a) junho, b) julho, c) agosto, d) setembro, e) outubro, f) novembro, g) dezembro, h) janeiro, i) fevereiro, j) março, k) abril e l) maio.

Em suma, os campos climatológicos (Figuras 2 à 5) confirmam resultados anteriores, principalmente os de Silva e Reboita (2014), no que se refere à

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

precipitação, e os de Reboita et al. (2015), tanto para precipitação quanto para temperatura do ar. Cabe ressaltar que os dados de precipitação utilizados por Silva e Reboita (2014) foram de postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas e, mesmo assim, os resultados são coerentes aos encontrados no presente estudo.

Tradicionalmente, a oliveira é cultivada em locais que apresentam baixo índice pluviométrico nos meses de verão (DJF) (≤ 250 mm) (WREGE et al., 2015), o que ocorre somente no nordeste, Vales do Jequitinhonha e Mucuri e norte de MG (Figuras 2g, 2h, 2i); e temperaturas médias ≤ 12,5ºC (TAPIA et al., 2003) em JJA, que ocorre somente no sul e parte do sudeste de MG (Figuras 3a, 3b, 3c). Além disso, é necessário que ocorram temperaturas mínimas amenas (≤ 9,5°C) durante JJA (MARTINS et al., 2012; SOUZA e MARTINS, 2014) para que ocorra o acúmulo de frio (SANTOS et al., 2017a), o que é observado somente no sul/sudoeste e pequena parte do oeste de MG (Figuras 5a, 5b, 5c). Entretanto, para que haja uma análise completa e coerente é necessário relacionar a climatologia com as fases fenológicas da oliveira, e para isso, alguns casos de eventos extremos foram selecionados e analisados.

3.2.ANÁLISE CLIMATOLÓGICA DOS EXTREMOS PARA A OLIVEIRA (*Olea Europaea L.*)

A oliveira possui necessidades distintas em cada fase fenológica (GARCÍA-MOZO et al., 2010; TANASIJEVIC et al., 2014). Por ser uma planta de clima temperado, necessita de acúmulo de temperaturas baixas durante o inverno (≤ 9,5ºC) para interromper a dormência, iniciar a diferenciação dos botões florais e ter um florescimento normal (BURIOL et al., 2000; SANTOS et al., 2017a), sendo fundamental o atendimento dessa exigência durante o inverno (JJA). Observa-se maior frequência de casos (≥ 1500) na região sul, sendo considerada a mais apta; e as regiões norte, parte do triângulo mineiro, Vales do Jequitinhonha e Mucuri (≤ 200) como as menos aptas com relação ao acúmulo de frio (Figura 6a). A insuficiência de frio invernal é um impedimento a aptidão climática da oliveira, uma vez que causam anomalias fisiológicas, como a queda das gemas frutíferas, atraso, irregularidade ou não ocorrência da brotação e floração, afetando negativamente o desenvolvimento, crescimento e a produtividade (BURIOL et al., 2000; HELDWEIN et al., 2000; SANTOS et al., 2017a).

Por outro lado, a ocorrência de temperaturas ≤ 9,5°C durante o período reprodutivo, que ocorre nos meses de SON, são prejudiciais a oliveira, pois a espécie encontra-se no início do período reprodutivo, com a emissão de inflorescências e abertura das primeiras flores (OLIVEIRA et al., 2012). Durante essa fase não é recomendada a ocorrência de frio, havendo queda da inflorescência e das flores antes da fecundação, prejudicando substancialmente a frutificação e posterior maturação dos frutos. Observa-se ocorrência ≥ 400 casos no extremo sul de MG (Figura 6b), onde o cultivo seria recomendado somente com a aplicação de tratos culturais durante esse período. Nas demais regiões as ocorrências são inferiores ao sul de MG.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

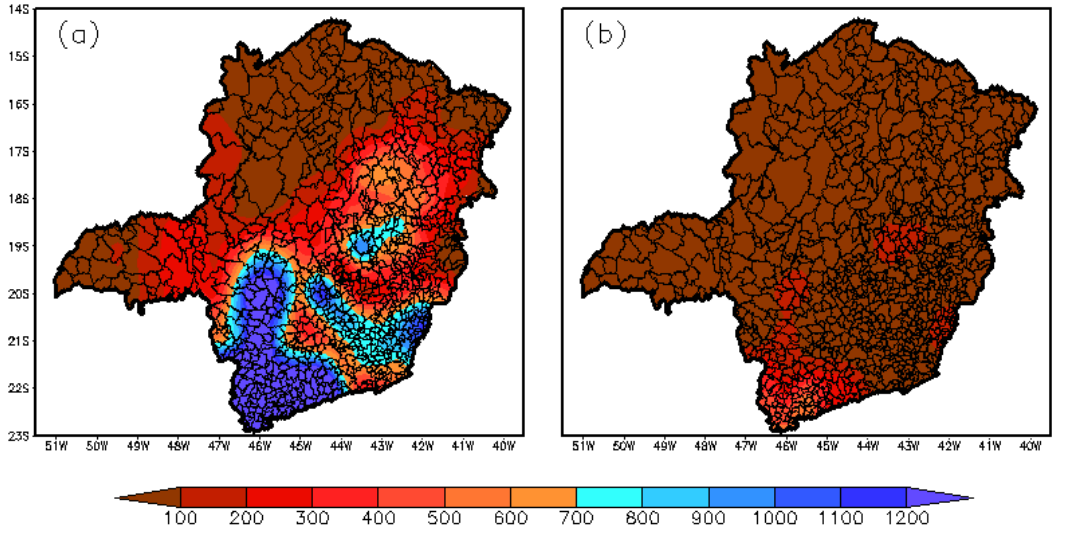


Figura 6– Número de casos com valores de temperatura mínima menor que 9,5ºC nos meses de: a) JJA e b) SON.

Temperaturas elevadas (>30ºC) no início do florescimento (inflorescência), que se estende desde meados de agosto ao final de setembro (OLIVEIRA et al., 2012; STEDUTO et al., 2012), causam abortamento floral (GARCÍA-MOZO et al., 2010;TANASIJEVIC et al., 2014), durante a polinização (setembro e outubro) e floração (setembro a meados de novembro), afeta a receptividade do estigma, longevidade do óvulo e o crescimento do tubo polínico (AYERZA; SIBBETT, 2001), prejudicando a fecundação, formação do fruto, que somados reduzem a produção. Durante a polinização e a floração (Figuras 7a, d) há maior número de casos (≥1000) no noroeste, norte, Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Central e Triângulo Mineiro e menor no sul de MG (≤500), enquanto na inflorescência (Figura 7c) há entre 900 e 1300 casos no norte e Triângulo Mineiro, e ≤ 300 no sul, configurando a região sul e parte do centro-oeste como favorável ao cultivo da oliveira.

Temperaturas elevadas - entre 25ºC e 35ºC – são exigidas na frutificação (WREGE et al., 2015), que ocorre desde setembro a meados de novembro, para que haja o pleno desenvolvimento do fruto. Em todo o estado, o número de casos é ≥ 300, sendo que o maior número (≥1100) está nas regiões noroeste, norte, Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Central e Triângulo Mineiro, diminuindo em direção à região sul de MG (entre 300-700 casos) (Figura 7b).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

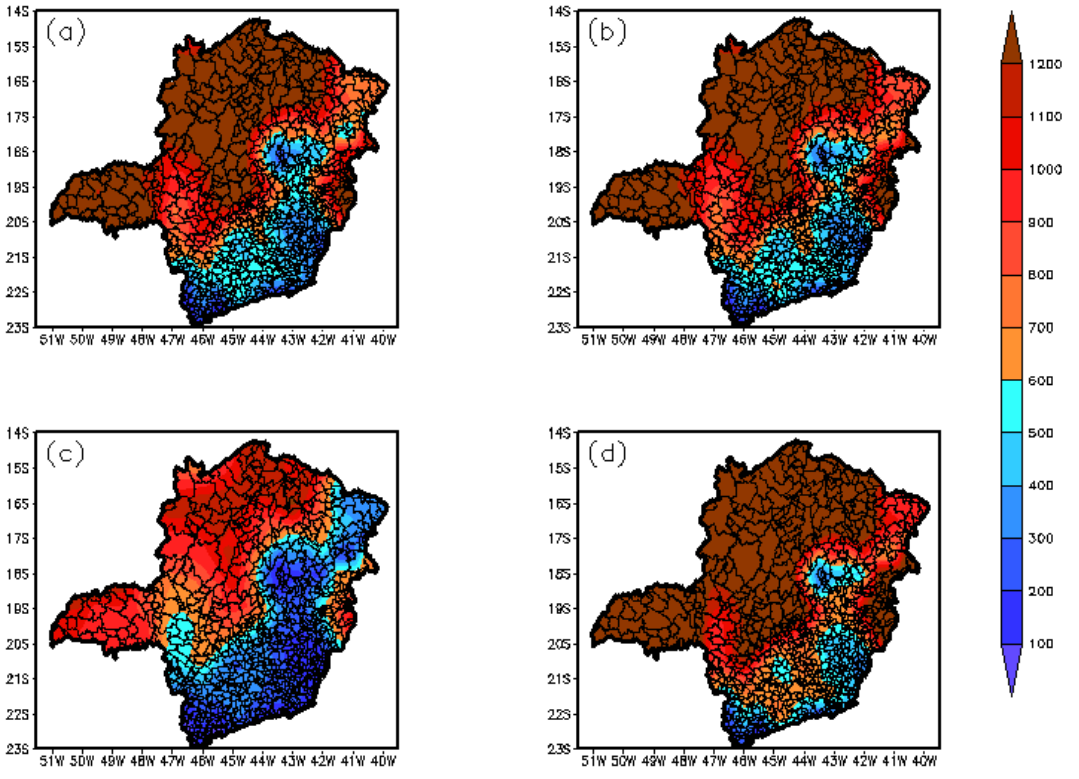


Figura 7– Número de casos com valores de temperatura máxima maior que 30ºC em: a) setembro e outubro; b) setembro, outubro a 15 de novembro; c) 15 de agosto a 30 de setembro e d) 15 de setembro a 15 de novembro.

Adicionalmente, a precipitação é um elemento meteorológico importante para a oliveira, apesar da espécie possuir características xerofíticas e cutícula espessa (WREGE et al., 2015). Essas características reduzem a perda de água para a atmosfera através da transpiração, permitindo que a cultura se restabeleça em condições de deficiência hídrica prolongada (TANASIJEVIC et al., 2014). Mesmo assim, escassez de chuva em determinadas fases podem ser prejudiciais, principalmente na inflorescência, início da floração e frutificação plena (ORGAZ; FERERES, 1999; GARCÍA-MOZO et al., 2010). Os extremos de precipitação nas fases em questão encontram-se nas Figuras 8 (P5) e 9 (P95).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

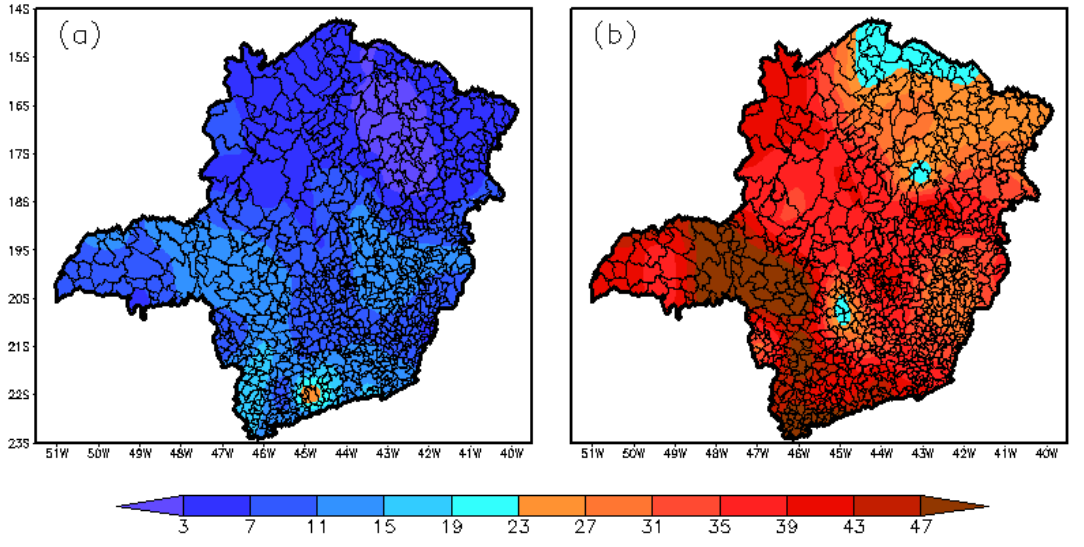


Figura 8– Número de casos com valores de pouca precipitação (inferior ao percentil 5º) em: a) 20 de agosto a 25 de setembro e b) 15 de dezembro a 15 de fevereiro.

No início do florescimento (Figura 8a), que ocorre entre agosto e setembro (OLIVEIRA et al., 2012; STEDUTO et al., 2012), a maioria dos casos de pouca precipitação ocorre no sul de MG (±18 casos), seguido do centro-leste e centro-oeste do estado (±12 casos) (Figura 8a). A escassez de água nesta fase causa prejuízos, pois reduz o número de inflorescência, aumenta a produção de flores imperfeitas e causa o abortamento floral (ORGAZ; FERERES, 1999). Já na frutificação plena a escassez de chuva causa redução no crescimento, má formação e senescência dos frutos (GARCÍA-MOZO et al., 2010), inviabilizando a qualidade da produção (SANTOS et al., 2017b). Valores maiores que 39 casos de P5 (Figura 8b) são observados no sul, parte central e triângulo mineiro. No entanto, para o período estudado (1981-2010), tanto a ocorrência média de 18 casos de escassez de precipitação no início do florescimento (Figura 8a) quanto os 39 casos na frutificação plena (Figura 8b), não inviabiliza o cultivo da oliveira no sul, centro-leste e centro-oeste de MG, principalmente pela possibilidade de irrigação suplementar nas fases mais críticas (SANTOS et al., 2017b).

Por outro lado, excesso de precipitação (P95) no florescimento pleno (Figura 9a), que ocorre de meados de julho (para cultivares mais precoces) a outubro, causa lavagem do pólen, dificulta a polinização e reduz a frutificação efetiva (WREGE et al., 2015; SANTOS et al., 2017b). Nesse sentido, a maior ocorrência de precipitação acima do P95 localiza-se no sul de MG e em parte do Triângulo Mineiro (Figura 9a). Porém, como a quantidade de casos é pequena (≤ 24) não inviabiliza o cultivo da oliveira em MG.

Excesso de chuva na colheita (Figura 9b), que ocorre de meados de fevereiro a março (OLIVEIRA et al., 2012), também é prejudicial, pois inviabiliza a colheita e aumenta a ocorrência de doenças fúngicas no fruto, como *Spilocaea oleaginosa*, *Pseudocercospora cladosporioides* e *Gloeosporium olivae* (WREGE et al., 2015). As regiões com o maior número de ocorrências são similares aos da

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Figura 9a, com valores maiores sendo correspondente à época chuvosa na região (Figura 2).

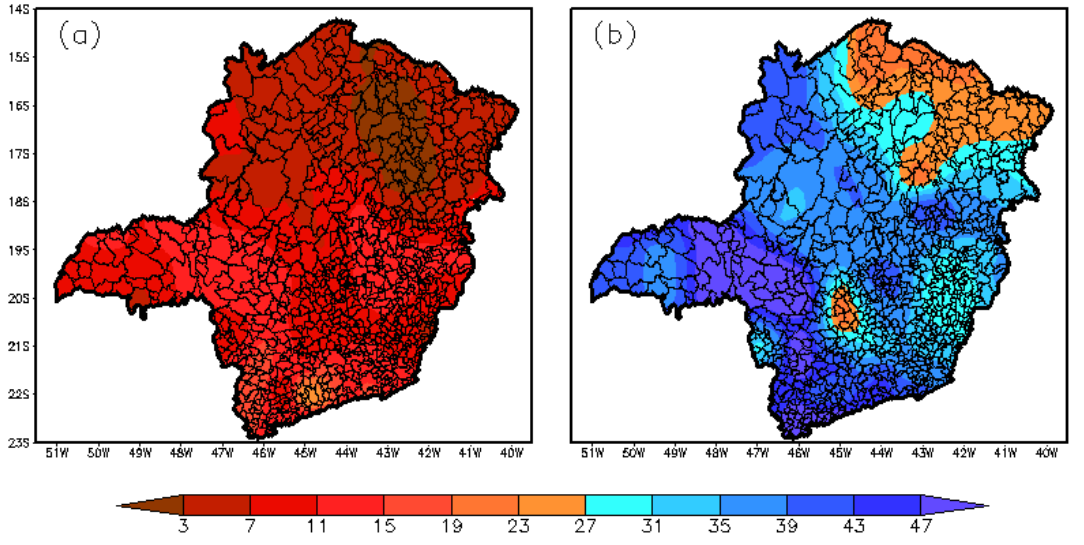


Figura 9– Número de casos com valores de muita precipitação (superior ao percentil 95º) em: a) 15 de julho a 31 de outubro e b) 15 de fevereiro a 31 de março.

No início da frutificação não pode haver excedente hídrico, por causar excesso de água no fruto, que prejudica o rendimento e a qualidade do azeite, encarecendo a extração e deixando-a mais lenta (WREGE et al., 2015). Além disso, o excesso de chuva reduz a estabilidade do óleo e favorece a ocorrência de antracnose (Gloesporium olivae) nos frutos, que causa alterações nas propriedades físicas e químicas do azeite (ALBA, 2004).

Pelas análises dos extremos em MG percebe-se que a temperatura do ar é a principal variável que delimita as regiões climaticamente favoráveis ao cultivo da oliveira (MARTINS et al., 2014; TANASIJEVIC et al., 2014; MORIONDO et al., 2015). Nesse sentido, observa-se que somente a região sul e pequena parte do centro-oeste são favoráveis ao cultivo da oliveira por satisfazer a exigência de casos de temperatura mínima ≤ 9,5ºC no inverno (JJA) (Figura 6a) e não satisfazer os casos de temperatura ≥30ºC na polinização (Figura 7a), inflorescência (Figura 7c) e floração (Figura 7d). O P5 não inviabiliza o cultivo de oliveira, principalmente pela possibilidade de irrigação suplementar nas fases mais críticas, como inflorescência, florescimento e frutificação; assim como o P95 que possui pequeno número de casos (≤ 24). Já as regiões noroeste, norte, Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Central e Triângulo Mineiro não são favoráveis ao cultivo da oliveira.

Salienta-se que algumas cidades localizadas nessas duas áreas como Andradas, Boa Esperança, Botelhos, Campo Belo, Campos Gerais, Cristais, Machado, Maria da Fé, Monte Sião, Poços de Caldas, Santa Rita de Caldas e São Tomé das Letras possuem características climáticas favoráveis ao cultivo da oliveira (Figuras 5, 6 e 7).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

4. CONCLUSÕES

A temperatura do ar é a principal variável que delimita as regiões climaticamente favoráveis ao cultivo da oliveira em Minas Gerais. Somente as regiões sul e pequena parte do centro-oeste de Minas Gerais possuem características climáticas favoráveis ao cultivo de oliveira, que apresenta necessidades térmicas e pluviométricas distintas em cada fase fenológica. As regiões noroeste, norte, Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Central e Triângulo Mineiro não são favoráveis a introdução e ao cultivo da oliveira, principalmente por não apresentarem quantidade suficiente de casos com temperaturas menores que 9,5ºC, exigidas durante os meses de inverno.

Nas regiões sul e pequena parte do centro-oeste e nas fases de inflorescência (agosto-setembro), florescimento (setembro-novembro) e frutificação (setembro-novembro) haverá a necessidade de irrigação.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelos financiamentos referentes aos projetos APQ-01392-13, APQ 01088-14 e APQ 01258-17; e a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) pelas informações fenológicas da oliveira.

6. REFERÊNCIAS

AGUILERA, F.; ORLANDI, F.; RUIZ-VALENZUELA, L.; MSALLEM, M.; FORNACIARI, M. Analysis and interpretation of long temporal trends in cumulative temperatures and olive reproductive features using a seasonal trend decomposition procedure. Agricultural and Forest Meteorology, v. 203, p. 208-216, 2015.

ALBA, J. Elaboración del aceite de oliva virgen. In:BARRANCO, D.; FERNANDEZ-ESCOBAR, R. (Eds).El cultivo del olivo. 6. ed. Madri: Mundi-Prensa, 2004. p. 615-655.

AYERZA, R.; SIBBETT, G. S. Thermal adaptability of olive (Olea europaea L.) to the Arid Chaco of Argentina. Agricultural, Ecosystems and Environment, v. 84, n. 3, p. 277-285, 2001.

BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; SCHNEIDER, F. M.; ESTEFANEL, V.; DE OLIVEIRA, H. T. DIDONE, M. A. Disponibilidade de Horas de Frio na região central do Rio Grande do Sul: 2 – Distribuição Geográfica. Ciência Rural, v. 30, n. 5, p. 755-759, 2000.

CRESSIE, N. Spatial prediction and ordinary kriging. Mathematical Geology, v. 20, n. 4, p. 405-421, 1988.

GALÁN, C.; GARCÍA-MOZO, H.; CARIÑANOS, P.; ALCÁZAR, P.; DOMÍNGUEZ-VILCHES, E. The role of temperature in the onset of tle Olea europaea L. pollen season in southwestern Spain. International Journal of Biometeorology, v. 45, n.1, p. 8-12, 2001.

GARCIA, S. R.; CALHEIROS, A. J. P.; KAYANO, M. T. Revised method to detect the onset and demise dates of the rainy season in the South American Monsoon areas. Theoretical and Applied Climatology, v. 126, p. 481-491, 2016a.

GARCIA, S. R.; KAYANO, M. T.; CALHEIROS, A. J. P.; ANDREOLI, R. V.; SOUZA, R. A. F. Moisture and heat budgets of the south American monsoon system: climatological aspects. Theoretical and Applied Climatology, v. 130, n. 1-2, p. 233-247, 2016b.

GARCÍA-MOZO, H.; MESTRE, A. GALÁN, C. Phenological trends in southern Spain: A response to climate change. Agricultural and Forest Meteorology, v. 150, p. 575-580, 2010.

GONZÁLEZ-ROUCO, J.F.; JIMÉNEZ, J. L.; QUESADA, V.; VALERO, F. Quality control and homogeneity of precipitation data in the southwest of Europe. Journal of climate, v. 14, p. 964-978, 2001.

HELDWEIN, A. B.; SCHNEIDER, F. M.; BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; PRESTES, D. Disponibilidade de horas de frio na região central do Rio Grande do Sul: 1 – Ocorrência de valores acumulados para diferentes níveis de probabilidade. Ciência Rural, v. 30, n. 5, p. 747-754, 2000.

IOC.Brazil – Imports of olive oil and table olives. n. 120. Madrid: International Olive Council, 2017. 6p.

KODAMA, Y. M. Large-scale common features of subtropical convergence zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the ZCAS). Part II: Conditions of the circulations for generating the STCZs. Journal of the Meteorological Society of Japan, v. 71, n. 5, p. 581-610, 1993.

MARTINS, F. B.; PEREIRA, R. A. A.; PINEHEIRO, V. M.; ABREU, M. C. Desenvolvimento foliar em duas cultivares de oliveira estimado por duas categorias de modelos. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 29, n. 4, p. 505-514, 2014.

MARTINS, F. B.; REIS, D. da; PINHEIRO, M. V. M. Temperatura base e filocrono para duas cultivares de oliveira. Ciência Rural, v. 42, p. 1975-1981, 2012.

MELLO, C. R. de; VIOLA, M. R. Mapeamento de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, p. 37-44, 2013.

MELO-ABREU, J. P.; BARRANCO, D.; CORDEIRO, A. M.; TOUS, J.; ROGADO, B. M.; VILALOBOS, F. J. Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. Agricultural and Forest Meteorology, v. 125, n. 1-2, p. 117-127, 2004.

MORIONDO, M.; FERRISE, R.; TROMBI, G.; BRILLI, L.; DIBARI, C.; BINDI, M. Modelling olive trees and grapevines in a changing climate. Environmental Modelling & Software, v. 72, p. 387-401, 2015.

OLIVEIRA, M. C. de; RAMOS, J. D.; PIO, R.; CARDOSO, M. G. das. Características fenológicas e físicas e perfil de ácidos graxos em oliveiras no sul de Minas Gerais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.47, n.1, p. 30-35, 2012.

OLIVEIRA, P. T.; SANTOS e SILVA, C. M.; LIMA, K. C. Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of Northeast Brazil. Theoreticall and Applied Climatology, v. 130, n. 1-2, p. 77-90, 2016.

ORGAZ, F.; FERERES, E. Riego. In: BARRANCO, D. Cultivo Del Olivo. Madrid: Mundi-Prensa. 1999. p.267-288.

RAO, V. B.; CAVALCANTI, I. F. A.; HADA, K. Annual variation of rainfall over Brazil and water vapor characteristics over South America. Journal of Geophysical Research, v. 101, p. 23539-26551, 1996.

REBOITA, M.S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Climatologia, v. 17, p. 206-226, 2015.

SANTOS, D. F. dos; LEITE, R. R. M.; MARTINS, F. B. Avaliação de métodos de estimativa de números de horas frio para o sul e sudoeste do Paraná. Revista Brasileira de Climatologia, v. 21, p. 401-416, 2017a.

SANTOS, D. F. dos; MARTINS, F.B.; TORRES, R.R. Impacts of climate projections on water balance and implications on olive crop in Minas Gerais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 21, n. 2, p. 77-82, 2017b.

SANTOS, L. F.; GARCIA, S. R. Início e Fim da Estação Chuvosa no estado de Minas Gerais: comparação de duas metodologias diferentes. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, p. 92-104, 2016.

SEO, S. A review and comparison of methods for detecting outliers in univariate data sets. 2006. 59 p. Dissertação (Master of Science) – University of Pittsburgh, Pittsburgh, 2006.

SILLMANN, J., KHARIN, V. V.; ZWIERS, F. W.; ZHANG, X.; BRONAUGH, D. Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 1. Model evaluation in the present climate. Journal of Geophysical Research, v. 118, p. 1716-1733, 2013a.

SILLMANN, J., KHARIN, V. V.; ZWIERS, F. W.; ZHANG, X.; BRONAUGH, D. Climate extremes indices in the CMIP5 multi-model ensemble. Part 2: Future climate projections. Journal of Geophysical Research, v. 118, p. 2473-2493, 2013b.

SILVA, E. D. ; REBOITA, M. S. Estudo da Precipitação no Estado de Minas Gerais - MG. Revista Brasileira de Climatologia, v. 13, p. 120-136, 2014.

SOUZA, P. M. B; MARTINS, F. B. Estimativa da Temperatura Basal Inferior para as Cultivares de Oliveira Grappolo e Maria da Fé. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 29, n. 2, p. 307-313, 2014.

STEDUTO, P.; HSIAO, T. C.; FERERES, E.; RAES, D. Crop yield response to water. 66. ed. Rome: FAO, 2012. 498p.

SUGAHARA, S. Normais climatológicas das estações de superfície do Brasil, para o período de 1961-1990. Bauru: Instituto de Pesquisas Meteorológicas/UNESP, 1999.

TANASIJEVIC, L.; TODOROVIC, M.; PEREIRA, L. S.; PIZZIGALLI, C.; LIONELLO, P. Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. Agricultural Water Management, v. 144, p. 54-68, 2014.

TAPIA, F.C.; ASTORGA, M.P; IBACACHE, A.G.; MARTÍNEZ, L.B.; SIERRA, C.E.; LARRAÍN, P.S.; RIVEROS, F.B. Manual del cultivo del olivo. La Cerena. INIA, 2003. 128p. (Boletim nº 101).

WICKHAM, H. Advanced R Series: Chapman & Hall/CRC The R Series. 1. ed. London: CRC Press, 2014. 476p.

WILKS, D. S. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. 2. ed. San Diego: International Geophysics, 2006. 630p.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Calculation of monthly and annual 30-year standard normals. Geneva, 1989. (WMO. Technical document, n. 341; WCDP, n. 10). Disponível em: <(http://www.inmet.gov.br/html/clima.php)> Acesso em 20 out. 2016.

WREGE, M. S.; COUTINHO, E. F.; PRELA-PANTANO, A.; JORGE, R. O. Distribuição potencial de oliveiras no Brasil e no mundo. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 37, n. 3, p. 656-666, 2015.

ZHOU, J. Y.; LAU, K. M. Does a monsoon climate exist over South America?.Journal of Climate, v. 11, p. 1020-1040, 1998.