



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Eventos extremos de precipitação no Sul de Minas Gerais

Bruno de Campos¹, Rodolfo Armando de Almeida Pereira², Cleverson Henrique de Freitas³, Alexandre Augusto Barbosa⁴

¹ Bacharel em Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI, Itajubá – MG. bcampos.f90@gmail.com (autor correspondente). ² Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP, Piracicaba – SP. rodolfopereira@usp.br. ³ Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP, Piracicaba – SP. chfreitas@usp.br. ⁴ Professor Associado, Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI, Itajubá – MG. barbosa@unifei.edu.br.

Artigo recebido em 04/10/2016 e aceito em 20/11/2016

RESUMO

Este estudo teve como objetivo a utilização de dados de estações pluviométricas para investigar as características climatológicas dos eventos extremos de precipitação no Sul do Estado de Minas Gerais bem como caracterizar estatisticamente o Tempo de Retorno (TR) de tais eventos. Resultados apontam a característica monçônica da região, definida por verões chuvosos e invernos secos, onde além das médias mensais e sazonais, os desvios-padrão também acompanham tal perfil, cujos máximos e mínimos temporais e espaciais também são apresentados. A precipitação máxima diária dos meses possui distribuição espacial mais homogênea e acompanha as características das climatologias mensais e sazonais. Destaca-se as microrregiões de Andrelândia e São Lourenço com máximos dentre as estações na região de estudo. Nota-se também máximos preferenciais nos setores a sotavento da Serra da Mantiqueira, uma possível evidência da atuação orográfica no disparo e alimentação de sistemas precipitantes. Como base nos dados diários e acumulados anuais, é apresentado os resultados para os TR de tais séries, para valores 25, 50, 75 e 100% acima das médias calculadas. Palavras-chave: tempo de retorno, probabilidade de ocorrência, Serra da Mantiqueira, extremos de precipitação.

Extreme rainfall weather events in the Southern Minas Gerais State, Brazil

ABSTRACT

This study aims to utilize precipitation measured data in order to investigate the climatological characteristics of extreme rainfall weather events over the Southern Minas Gerais State, as well as determine statistically the Return Periods (TR) of such events. Results point to the monsoonal characteristic of the region, generalized by wet summers and dry winters, where besides the seasonal and monthly means, the standard deviation also follows such profile, which maximum and minimum values in space and time are presented. The maximum daily rainfall in every month has a more even spatial distribution and follows the behaviour of the seasonal and monthly climatology. We highlight though the micro-regions of Andrelândia and São Lourenço holding the maximum values within the area. It can be also noticed the preferable maximum values at the leeward of the Serra da Mantiqueira, a possible evidence of the orographic influence on the onset and feeding of rainfall systems. According to the daily and annually accumulated datasets, it is presented the results for TR of these series for values 25, 50, 75 and 100% above the average.

Keywords: return period, probability of occurrence, Mantiqueira Mountains, extreme rainfall weather events.

Introdução

A região Sul do Estado de Minas Gerais (RSMG) encontra-se sob influência de diversos sistemas meteorológicos de escala sinótica, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Sistemas Frontais (SF). Além disso, a região possui uma orografia particular, fazendo desta uma área de complexa interação entre atmosfera e topografia. As diversas características climáticas de Minas Gerais, sensíveis aos padrões topográficos e posição geográfica da região,

conferem à atmosfera uma dinâmica regida por sistemas de micro, meso e macroescala. No que diz respeito a variabilidade anual da precipitação no Estado, Minuzzi (2007) ao analisar o comportamento da precipitação no Sudeste do Brasil (SEB) com dados de 203 estações meteorológicas, observou o início do período médio chuvoso no final de outubro na porção norte de Minas Gerais e final de setembro ao início de outubro na porção Sul. As interconexões entre

fenômenos de escala global, seus efeitos climatológicos de grande escala e o feedback da atmosfera nesse contrabalanço afetam, entre outros aspectos, a intensidade e variabilidade climática da precipitação na RSMG.

Tão importante quanto o valor acadêmico do estudo, deve-se considerar a aplicação dos trabalhos anteriores e do atual na previsibilidade de tais extremos. No Brasil diversos estudos almejavam investigar os padrões de eventos extremos e principalmente sua relação com modos de variabilidade climática de média e baixa frequência, como o El Niño Oscilação Sul (ENOS; Grimm e Tedeschi, 2009). Nesse contexto, Teixeira e Satyamurty (2007) definiram um limiar de precipitação extrema para o Sul do Brasil como o de 50 mm dia⁻¹, onde foram encontrados 170 eventos desse tipo em um período de 11 anos de análises (1991-2001). Em uma investigação mais profunda, os autores utilizaram de análises de cluster para encontrar uma tendência positiva na frequência de eventos extremos de precipitação no Sul e Sudeste do Brasil entre 1960-2004 (Teixeira e Satyamurty, 2011). Ao utilizarem um refinamento (downscaling) linear e não-linear, Ramírez et al. (2006) buscaram estabelecer uma relação empírica entre a circulação de escala sinótica e observações de precipitação extrema no Sudeste do Brasil, utilizando-se os produtos do Modelo regional Eta (Messinger et al., 2012). Os resultados apontam que no inverno austral os resultados são mais previsíveis devido à convecção menos frequente, acarretando uma forçante mais dinâmica que termodinâmica.

Outras metodologias também abordaram eventos extremos através do conceito de tempo de retorno (TR), sendo esse o tempo necessário para a ocorrência de um evento de acordo com sua probabilidade em uma distribuição estatística que mais se ajusta a distribuição de frequências das séries pluviométricas. Santos et al. (2015) usaram tal metodologia para a estimação do TR dos máximos diários de precipitação em diferentes sub-regiões da Amazônia Brasileira. Seus resultados apontam que os extremos de precipitação mais intensos são esperados para as estações chuvosas e de transição para cada sub-região.

De Gaetano (2009) utilizou estações meteorológicas para identificar os TR em regiões dos Estados Unidos em um período climatológico de 1960-2007. Zhou et al. (2015) utilizaram dados do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) para os últimos 1, 2, 3, 5, 7 e 10 anos, onde pode ser evidenciada a limitação por parte do TRMM ao se comparar com redes de estação meteorológicas com alta resolução, além da superestimação das variáveis ao utilizar o TRMM em regiões de

orografia complexa. Fröh et al. (2010) estudaram os tempos de retorno de precipitações diárias extremas para regiões de topografia complexa, utilizando-se limiares específicos e funções de distribuição. Os autores também testaram a acurácia de modelos climáticos regionais para simular realisticamente tais extremos diários em eventos futuros. Van den Brink et al. (2005) utilizaram dados das previsões conjuntas do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) desde 1987. Os autores investigaram a resposta hidráulica nos Países Baixos para eventos extremos de tempo em escala sinótica, através da distribuição dos valores extremos em inundações, ondas e cheias de rios.

Apesar dos diversos estudos no Brasil, o RSMG carece de fontes que caracterizem e estudem os eventos extremos de precipitação nesta região, além de dados confiáveis para tais estudos. O RSMG é uma área sob forte influência da Serra da Mantiqueira e é constantemente afetado por enchentes, inundações e soterramentos causados por precipitação severa, como exemplo o último grande desastre no ano de 2000. Além da complexidade inerente à orografia, a RSMG se encontra em uma zona de transição entre áreas tropicais e subtropicais, sob forte atividade meteorológica, fazendo a previsibilidade de tais eventos ainda mais comprometida.

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo investigar os padrões de eventos extremos de precipitação no Sul do Estado de Minas Gerais através de dados de precipitação de estações meteorológicas.

Material e métodos

Foram coletados dados diários de precipitação das estações pluviométricas disponibilizados no Portal HidroWeb, da Agência Nacional das Águas (ANA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizadas na RSMG (Tabela 1). As estações foram divididas em microrregiões e foram escolhidas as principais cidades para cada microrregião de acordo com o maior número de habitantes e que possuíam dados de no mínimo 10 anos. Os dados foram acumulados mensalmente e foi também obtido o valor máximo de precipitação diária em cada mês.

A localização das bases de dados também está exemplificada na Figura 1, juntamente com a topografia da região, cujos dados foram derivados do NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM; Jarvis et al., 2008) com 3 segundos de arco de resolução horizontal.

Posteriormente, foi calculada a média mensal (Equação 1) e acumulado médio sazonal de

precipitação em cada estação meteorológica, juntamente com a média mensal e o acumulado médio sazonal do desvio padrão (Equação 2) das séries históricas. Utilizando-se os máximos diários de cada mês, foi calculada também a média mensal e acumulado médio sazonal de precipitação em cada estação meteorológica, juntamente com a média mensal e o acumulado médio sazonal do desvio padrão das séries históricas. Tais informações foram interpoladas em uma grade com $0,2^\circ \times 0,2^\circ$ de resolução horizontal utilizando-se o método de interpolação de Kriging (Melhor Estimador Linear não-Viciado), cujos valores interpolados são modelados por processos

gaussianos regidos por prioridades de covariância (Cressie, 1990).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

em que $\bar{x}$ é a média dos dados da amostra, x_i são os dados mensais de precipitação e vazão, S é o desvio-padrão e n é o número de observações para cada estação.

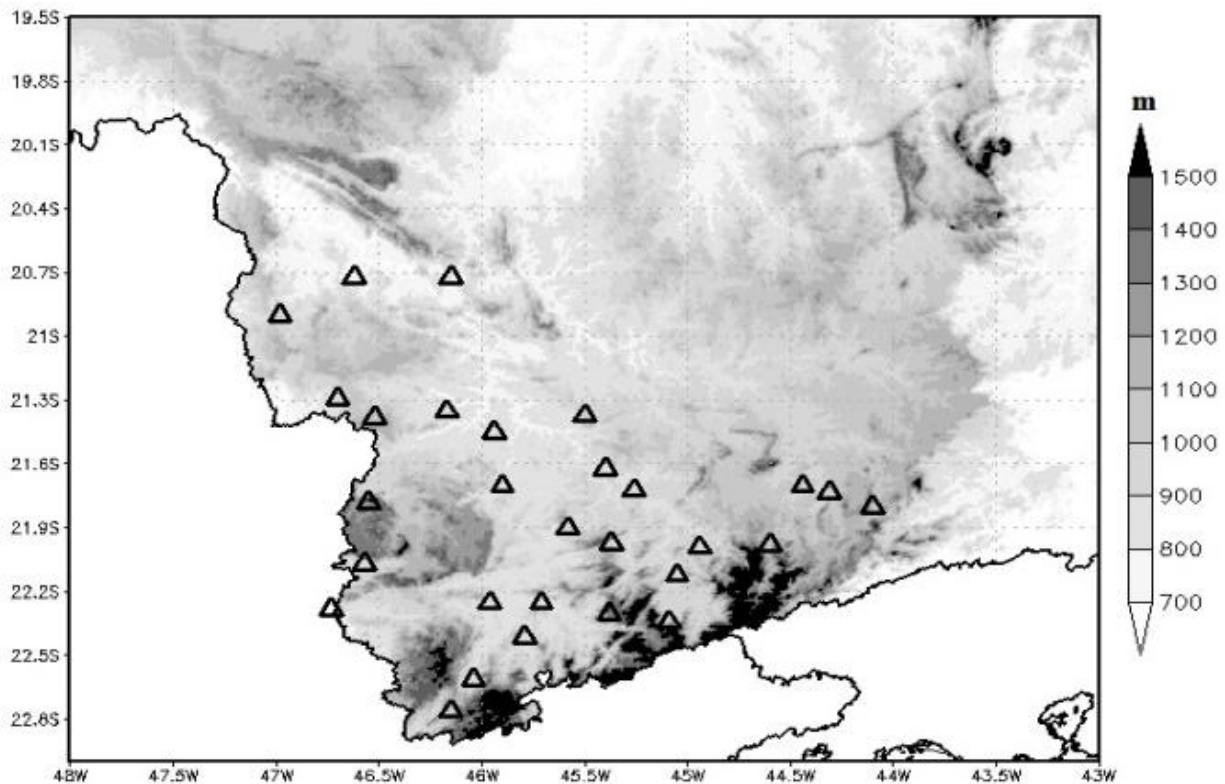


Figura 1. Topografia da região de estudo e localização (triângulos preenchidos) das estações meteorológicas estudadas. Dados derivados das observações do NASA SRTM (Jarvis et al., 2008) com 30 segundos de arco de resolução horizontal.

Ainda com base nos dados pluviométricos acumulados mensais e máximos diários, foi calculado o TR (Equação 3) de alguns limiares de eventos extremos para os totais anuais. Para cada série histórica, foi ajustada uma distribuição gaussiana segundo a média e o desvio padrão dos acumulados de precipitação de cada localidade. Assim, foi calculada a probabilidade cumulativa da

ocorrência (P), com base no ajuste da distribuição gaussiana citada e, em seguida o TR para que os acumulados mensais extrapolem (a) 25% da média, (b) 50% da média, (c) 75% da média e (c) 100% da média. Foram gerados mapas para cada limiar de precipitação mapas interpolados novamente pelo método Kriging com $0,2^\circ \times 0,2^\circ$ de resolução horizontal.

Tabela 1. Localidades, localização geográfica e série histórica das principais cidades das microrregiões do Sul de Minas Gerais

Microrregião	Localidade	Habitantes	Código	Latitude	Longitude	Período
Alfenas	Alfenas	78.176	02145042	-21,45	-45,94	1983 - 2006
	Machado I	41.070	02145002	-21,70	-45,90	1961 - 1998
	Machado II		02145033	-21,67	-45,92	1941 - 1970
	Areado	14.548	02146019	-21,35	-46,17	1941 - 1958
Andrelândia	Andrelândia I	12.507	02144019	-21,73	-44,31	1948 - 1999
	Andrelândia II		02144022	-21,75	-44,35	1966 - 1999
	São Vicente de Minas	7.073	02144010	-21,70	-44,44	1941 - 1999
	Aiuruoca	6.173	02144018	-21,98	-44,60	1943 - 1999
Itajubá	Itajubá	96.020	61004000	-21,80	-44,10	1941 - 1965
	Maria da Fé I	14.534	02245069	-22,30	-45,38	1941 - 1964
	Maria da Fé II		02245088	-22,31	-45,37	1975 - 2014
	Virgínia	8.867	02245080	-22,34	-45,09	1941 - 1999
Passos	Passos	111.651	02046000	-20,72	-46,62	1941 - 1962
	Alpinópolis	18.490	02046004	-20,72	-46,15	1941 - 1962
Poços de Caldas	Poços de Caldas	161.025	02146048	-21,78	-46,55	1941 - 1998
	Andradas	39.416	02246051	-22,07	-46,57	1941 - 1965
	Ouro Fino	31.733	02246048	-22,28	-46,73	1941 - 1994
Pouso Alegre	Pouso Alegre	140.223	02245077	-22,25	-45,96	1941 - 2015
	Cambuí	26.491	02246050	-22,61	-46,04	1941 - 2014
	Camanducaia	21.074	02246057	-22,76	-46,15	1974 - 2006
Santa Rita do Sapucaí	Santa Rita do Sapucaí	41.425	02245000	-22,25	-45,71	1941 - 2014
	São Gonçado do Sapucaí	25.143	02145000	-21,90	-45,58	1941 - 1966
	Conceição dos Ouros	10.609	02245066	-22,41	-45,79	1941 - 1999
São Lourenço	São Lourenço I	42.372	02245081	-22,12	-45,05	1941 - 1971
	São Lourenço II		02245107	-22,10	-45,02	1961 - 1998
	Caxumbu	21.719	02144003	-21,99	-44,94	1941 - 2014
	Lambari I	20.564	02145013	-21,97	-45,37	1941 - 1962
	Lambari II		02145039	-21,97	-45,37	1976 - 1998
São Sebastião do Paraíso	São Sebastião do Paraíso	69.057	02046020	-20,90	-46,98	1961 - 1998
	Guaxupé	51.488	02146026	-21,29	-46,70	1911 - 2015
	Muzambinho	20.432	02146030	-21,38	-46,52	1974 - 2015
Varginha	Varginha	131.269	02145018	-21,62	-45,40	1942 - 1978
	Tres Coracoes	77.340	02145003	-21,72	-45,26	1941 - 2014
	Tres Pontas	53.860	02145016	-21,37	-45,50	1942 - 1953

$$TR = \frac{1}{P} \quad (3)$$

em que TR é o tempo de retorno e P é a probabilidade ocorrência de um evento de precipitação igual ou maior a certo limiar de acumulado mensal, aqui em análise valores 25%, 50%, 75% e 100% maiores que a média anual de cada estação.

Resultados e discussão

Variabilidade mensal e sazonal

A Figura 2 apresenta as médias mensais a partir das séries históricas de precipitação obtidas das estações meteorológicas. Nota-se que os totais pluviométricos são mais intensos nos meses de verão: dezembro (2a), janeiro (2b) e fevereiro (2c); e com rápido declínio com início do outono, em meados de abril. Os mínimos se encontram nos meses de inverno, retornando ao início da estação úmida em meados de outubro (Figura 2k) e novembro (Figura 2l). Ao se comparar os campos de precipitação com o de relevo da região (Figura 1), também pode ser notado que os máximos de precipitação nos meses ocorrem nos entornos da Serra da Mantiqueira, principalmente nos setores leste, um possível indicativo da atuação da Serra da Mantiqueira no disparo e alimentação de umidade para a indução de atividade precipitante.

Os totais sazonais são apresentados na Figura 3, utilizando as mesmas bases de dados da Figura 2. Os totais máximos de precipitação estão associados ao verão e os mínimos ao inverno ultrapassando valores de 750 mm acumulados no verão e abaixo de 15 mm acumulados durante o inverno, padrão similar à setores embebidos no Sistema de Monção da América do Sul (Rao et al., 1996; Gan et al., 2004; Vera et al., 2006), com

inverno seco e verão úmido. As estações de transição possuem valores intermediários, próximos entre si.

De forma análoga, as Figuras 4 e 5 apresentam os valores médios mensais de desvio padrão de precipitação e os valores sazonais, respectivamente. Os maiores valores de desvio padrão se concentram nos meses de verão, porém mais bem distribuídos espacialmente. As maiores discrepâncias espaciais se concentram nas microrregiões de Andrelândia e São Lourenço, com desvios-padrão que superam 200 mm de precipitação nos meses de março e novembro, por exemplo. Tais padrões se mantêm nas médias sazonais (Figura 5), onde os máximos são bem distribuídos espacialmente no verão. Além disso, continua-se a observar os máximos locais nas regiões de Andrelândia e São Lourenço, como já evidenciado nos acumulados médios mensais, com maiores desvios durante o inverno. Uma justificativa para os maiores valores de desvio durante os meses de inverno pode ser caracterizada pela ocorrência de valores diários de precipitação maiores ou menores do que a média climatológica.

Em relação à média mensal de precipitação diária máxima da RSMG (Figura 6) vê-se o mesmo padrão dos valores médios como mostrados na Figura 2, com valores ultrapassando os 250 mm nos meses de verão (Figuras 6a, 6b e 6c) em praticamente toda a região. Já no inverno (Figuras 6g, 6h e 6i), os valores máximos médios registrados não ultrapassaram os 100 mm acumulados. Para os dados sazonais (Figura 7) o comportamento monçônico também é bem representado com valores máximos médios de precipitação oscilando com máximos de 25 mm no inverno (Figura 7c) a 60 mm no verão (Figura 7a).

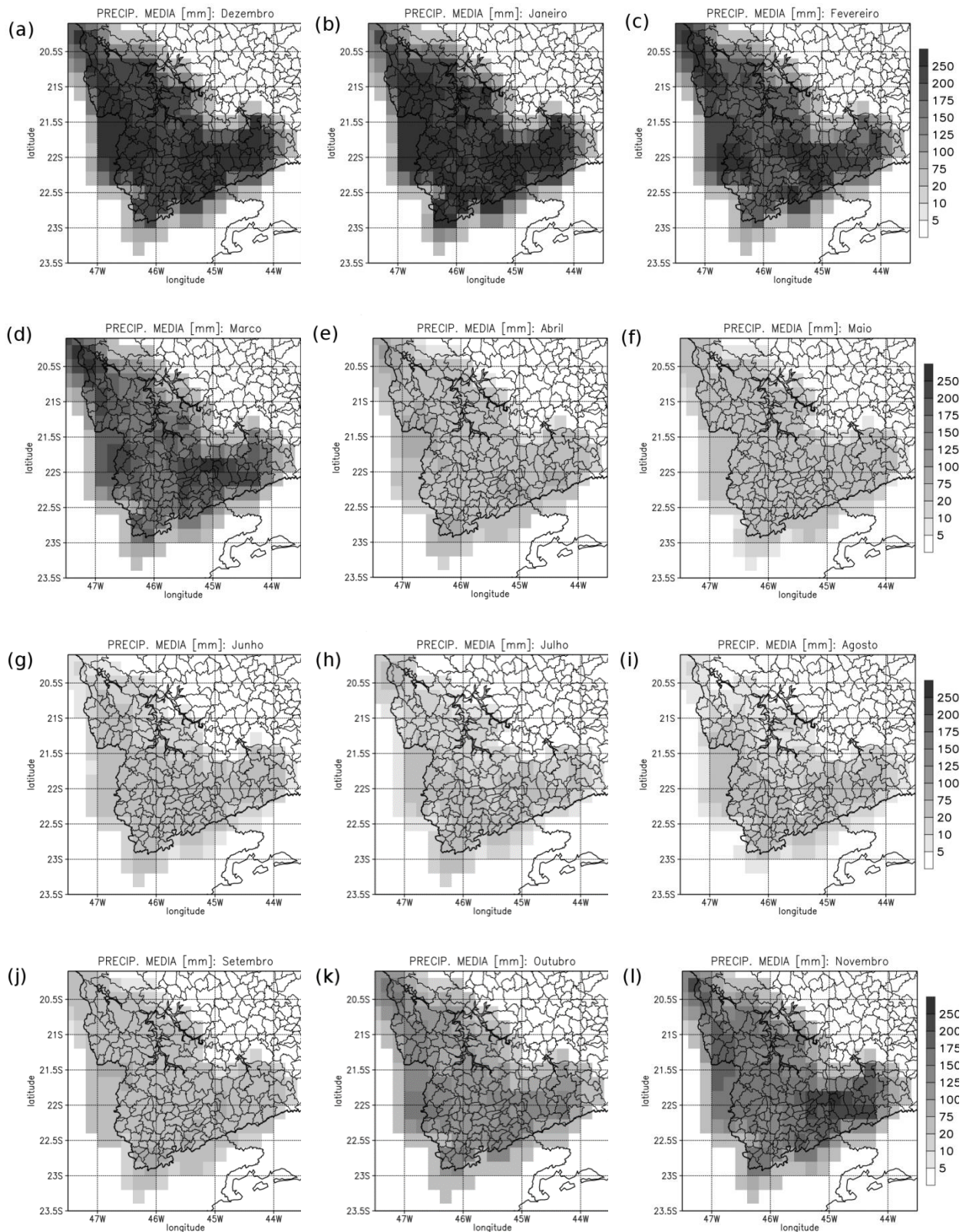


Figura 2. Média mensal de precipitação mensal acumulada na região de estudo para dezembro (a), janeiro (b), fevereiro (c), março (d), abril (e), maio (f), junho (g), julho (h), agosto (i), setembro (j), outubro (k) e novembro (l).

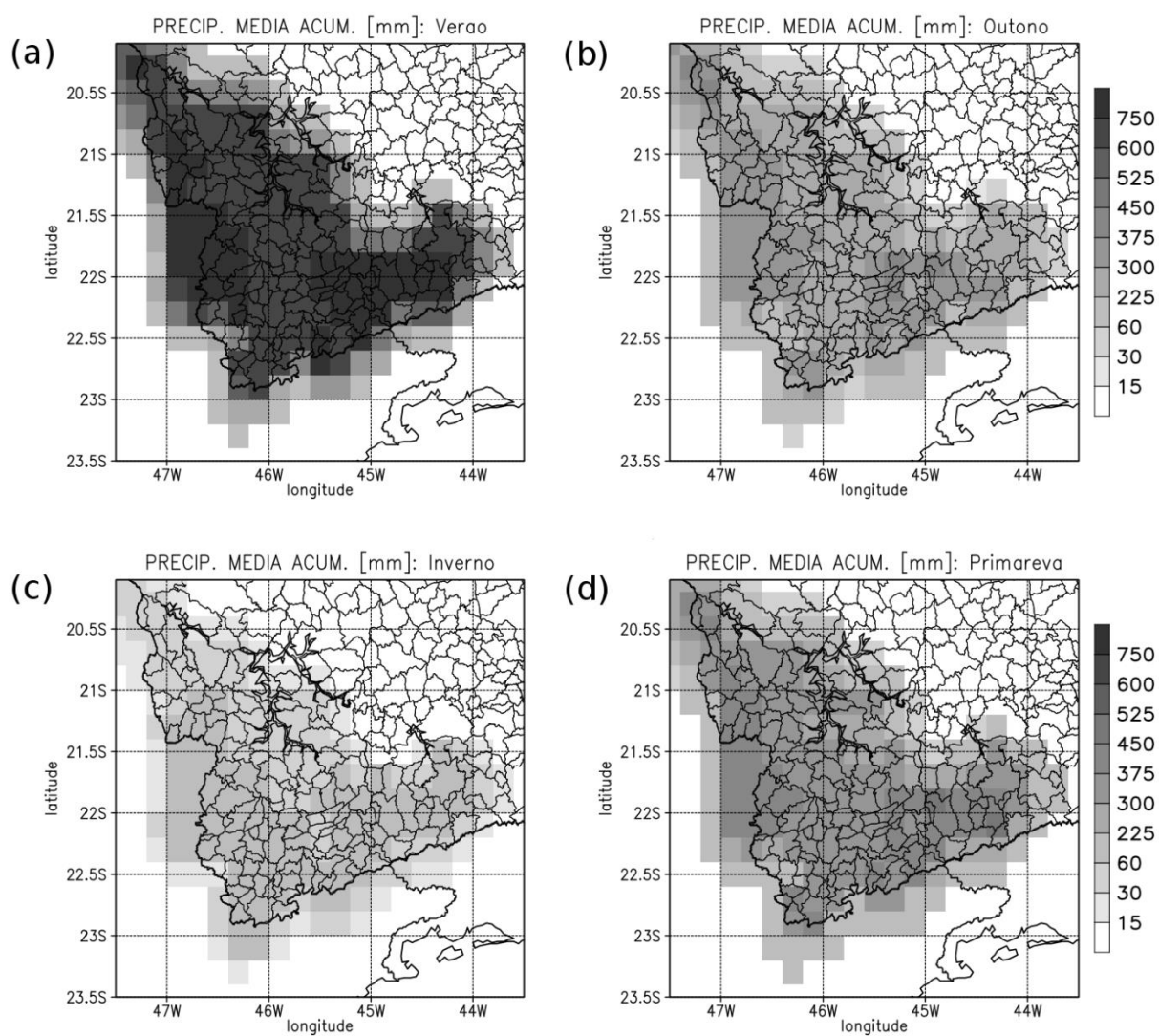


Figura 3. Média sazonal de precipitação mensal acumulada na região de estudo para verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d).

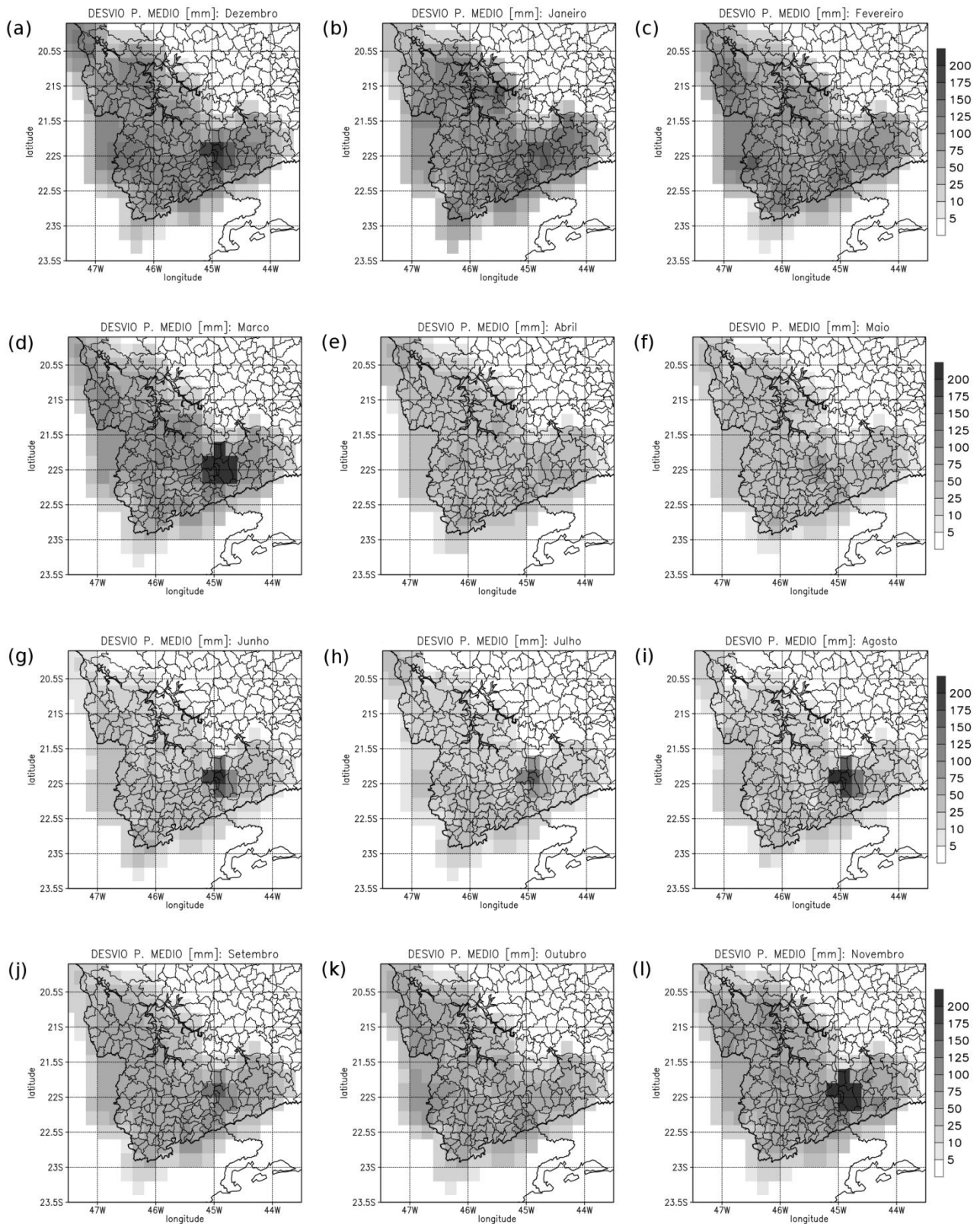


Figura 4. Desvio padrão mensal de precipitação mensal acumulada na região de estudo para dezembro (a), janeiro (b), fevereiro (c), março (d), abril (e), maio (f), junho (g), julho (h), agosto (i), setembro (j), outubro (k) e novembro (l).

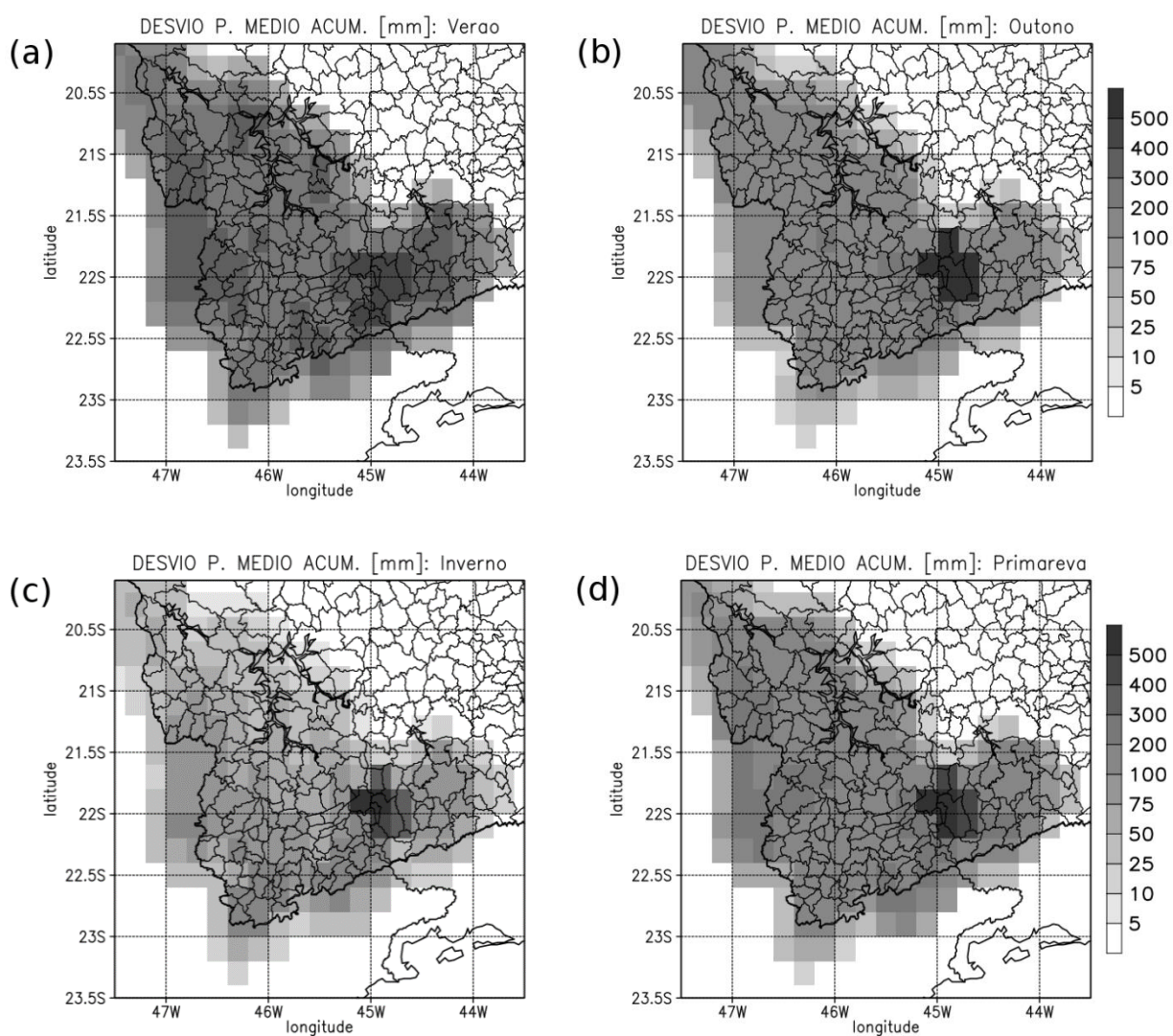


Figura 5. Desvio padrão sazonal de precipitação mensal acumulada na região de estudo para verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d).

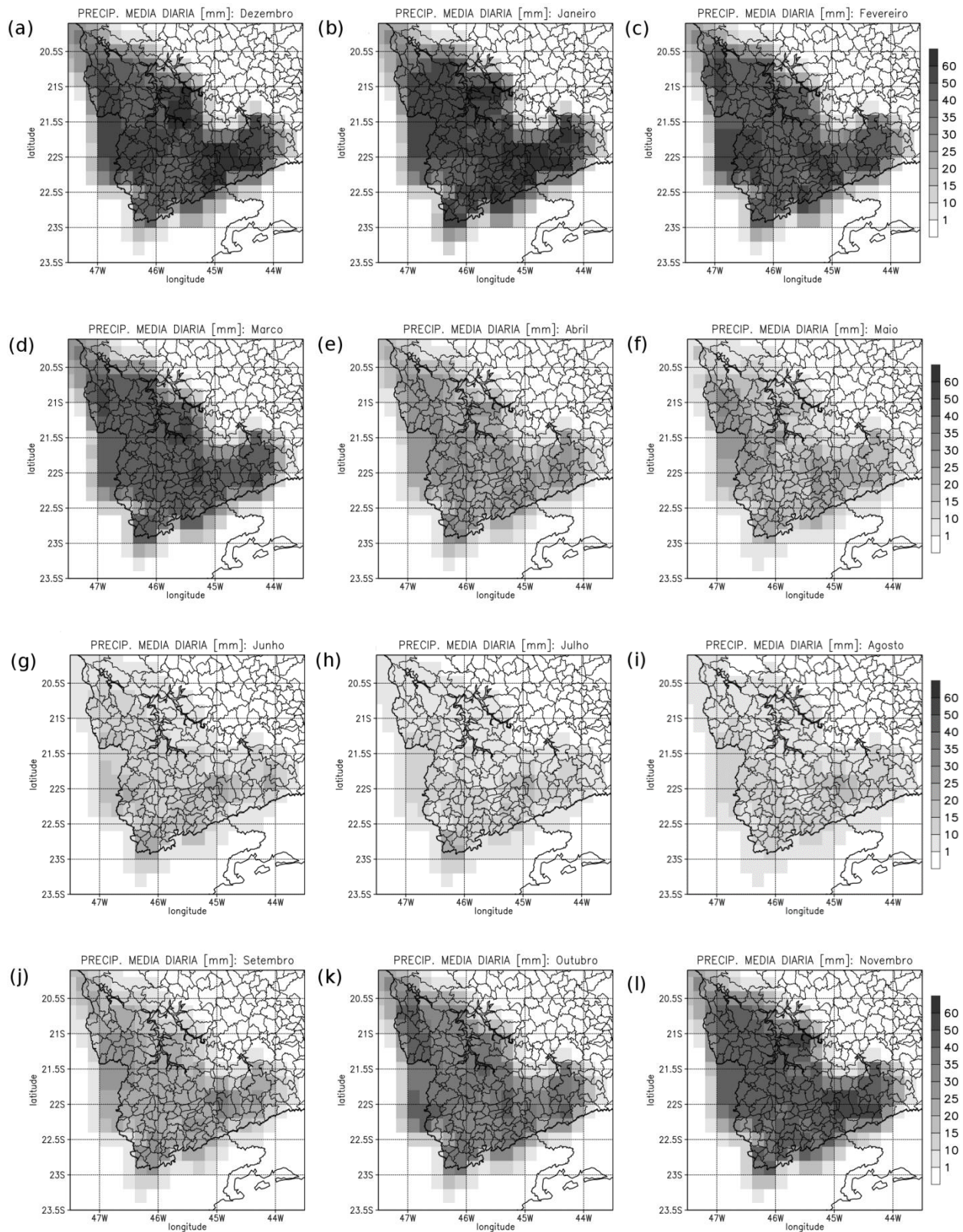


Figura 6. Média mensal de precipitação diária máxima na região de estudo para dezembro (a), janeiro (b), fevereiro (c), março (d), abril (e), maio (f), junho (g), julho (h), agosto (i), setembro (j), outubro (k) e novembro (l).

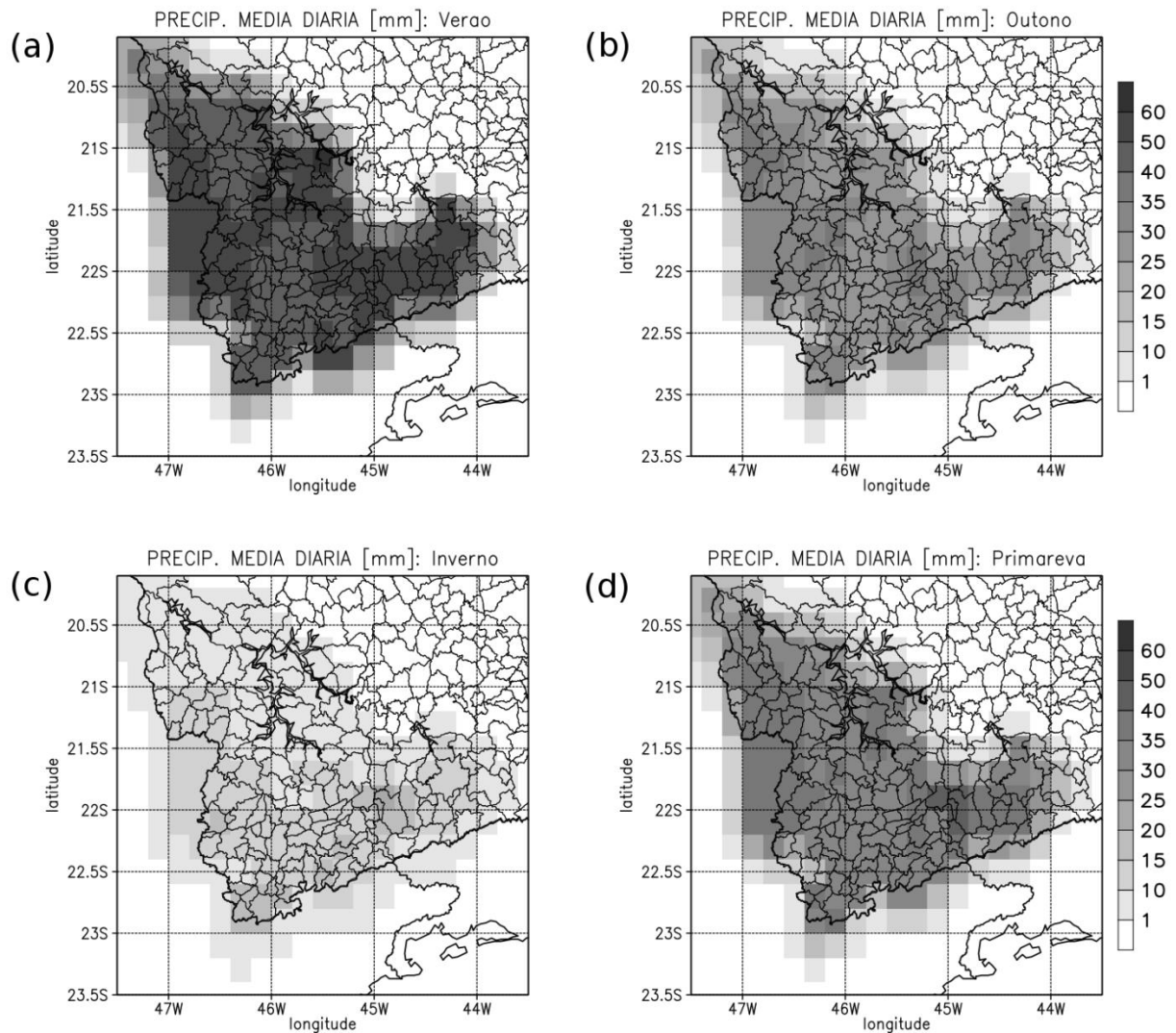


Figura 7. Média sazonal de precipitação diária máxima na região de estudo para verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d).

Os valores de desvio padrão mensal de precipitação diária máxima (Figura 8) foram maiores em praticamente todos os meses do ano para a microrregião de São Lourenço, sendo estes mais evidentes nos meses de inverno com valores chegando a 50 mm acumulados. Para o mês de janeiro (Figura 8a), as microrregiões de Varginha e São Lourenço apresentaram maiores valores de desvio, enquanto que em novembro (Figura 8l) a microrregião de Itajubá também se destacou com até 50 mm acumulados juntamente com a microrregião de São Lourenço.

O maior desvio padrão para precipitação diária ocorreu nos meses de verão, inverno e primavera

(Figuras 9a, 9c e 9d), com valores entre 40 a 50 mm, na microrregião de São Lourenço. Para os meses que, segundo a climatologia, a precipitação é menor, esse desvio padrão pode ser justificável uma vez que qualquer evento de precipitação acima da média afeta o desvio padrão. Para o verão, além da microrregião de São Lourenço, a microrregião de Varginha apresentou desvio padrão na faixa dos 35 a 40 mm (Figura 9a).

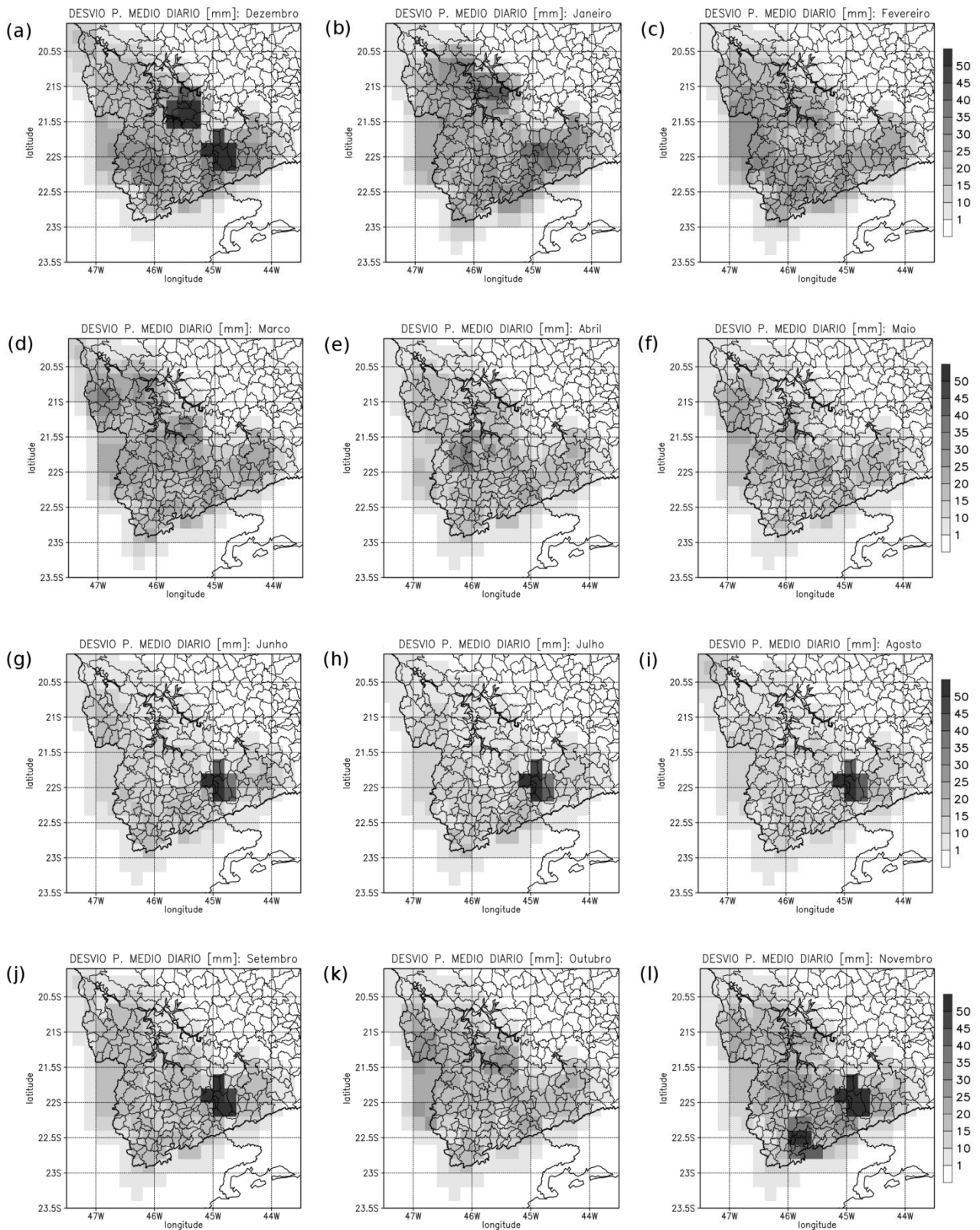


Figura 8. Desvio padrão mensal da precipitação diária máxima na região de estudo para dezembro (a), janeiro (b), fevereiro (c), março (d), abril (e), maio (f), junho (g), julho (h), agosto (i), setembro (j), outubro (k) e novembro (l).

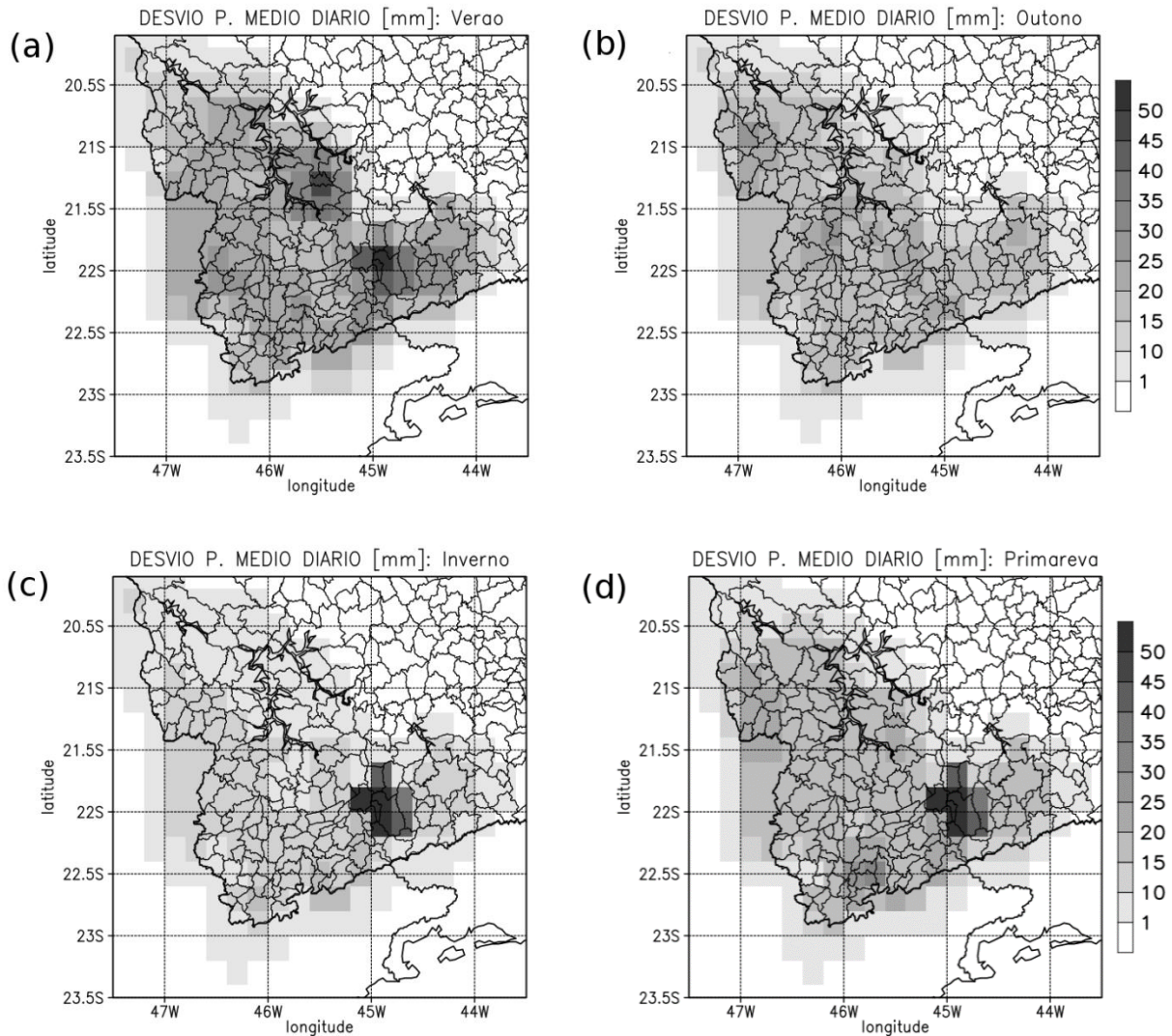


Figura 9. Média sazonal do desvio padrão para a precipitação diário máxima na região de estudo para verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d).

Tempo de Retorno

Os tempos de retorno para precipitações 25%, 50%, 75% e 100% acima da média anual podem ser vistos na Figura 10. Para eventos de precipitação 25% acima da média anual nota-se um valor de TR em torno de 5 anos. A maior parte das regiões no Sul, Oeste e Leste da RSMG, mais precisamente nas fronteiras interestaduais, possuem os menores valores de TR, ou seja, para tais áreas o retorno de eventos extremos é menor, tornando-os mais frequentes. Os maiores TR se concentram nas regiões norte da área de estudo, com valores superiores a 10 anos. Para médias de 50%, os valores possuem comportamento similar aos TR de 25%, porém mais homogêneos em toda a porção Sul e ainda mais extremos na porção norte, com valores superiores a 600 anos. Já os TR com valores de precipitação 75% e 100% acima da

média apresentam um campo ainda mais homogêneo em toda a RSMG com predominância de valores superiores a 960 e 5120 anos, respectivamente.

A Figura 11 apresenta os totais máximos de precipitação em relação ao TR. Nela nota-se, de maneira geral, que os menores TR ocorrem nas divisas do estado de Minas Gerais que são as áreas próximas a Serra da Mantiqueira.

O TR para o máximo de precipitação diário é muito inferior que o TR para a precipitação acumulada. Isso é justificável, uma vez que a probabilidade de ocorrer um evento em apenas um dia é maior que a probabilidade de ocorrer vários meses com precipitação elevada.

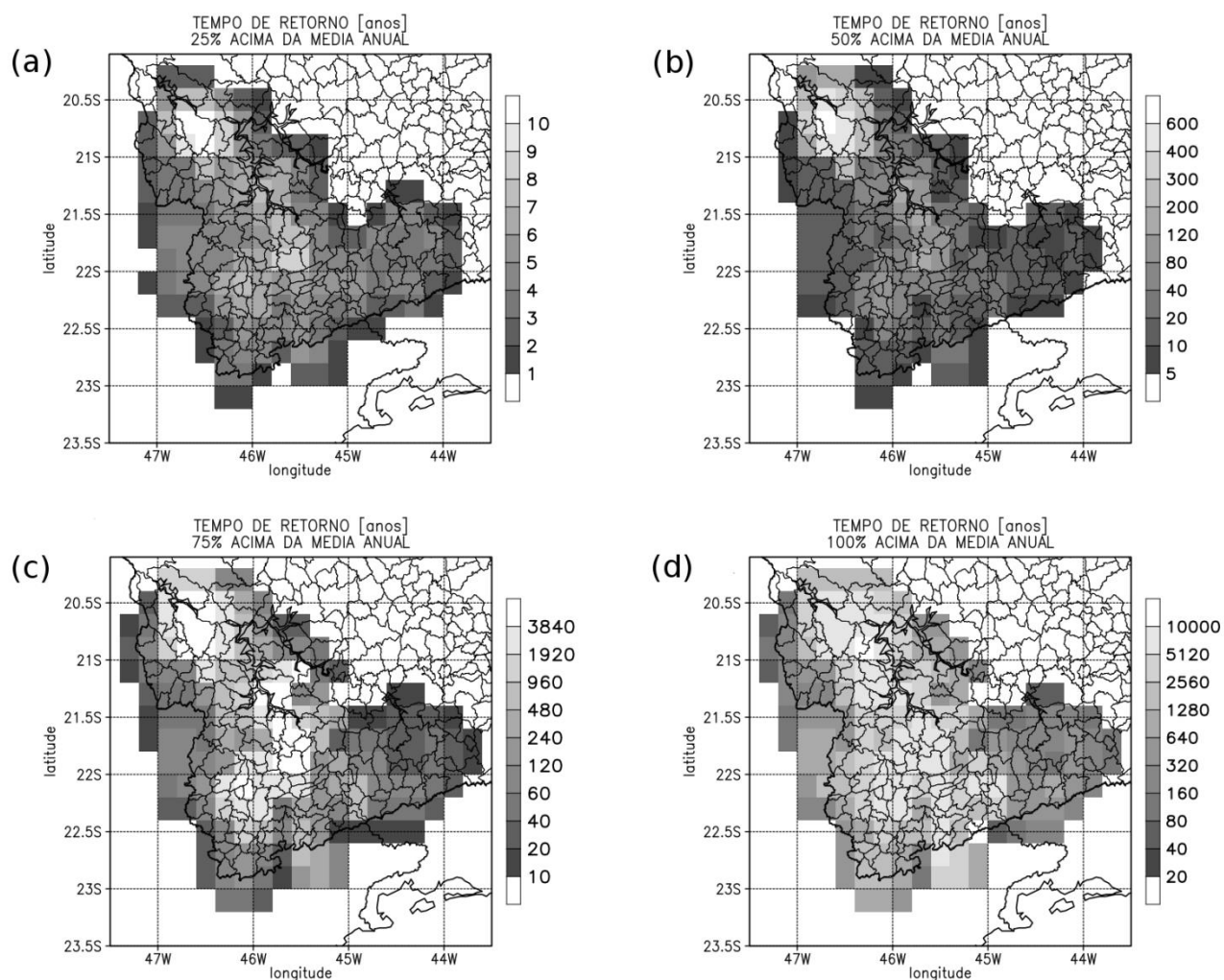


Figura 10. Tempo de retorno (em anos) para a RSMG para totais anuais de precipitação (a) 25% acima da média, (b) 50% acima da média, (c) 75% acima da média e (d) 100% acima da média.

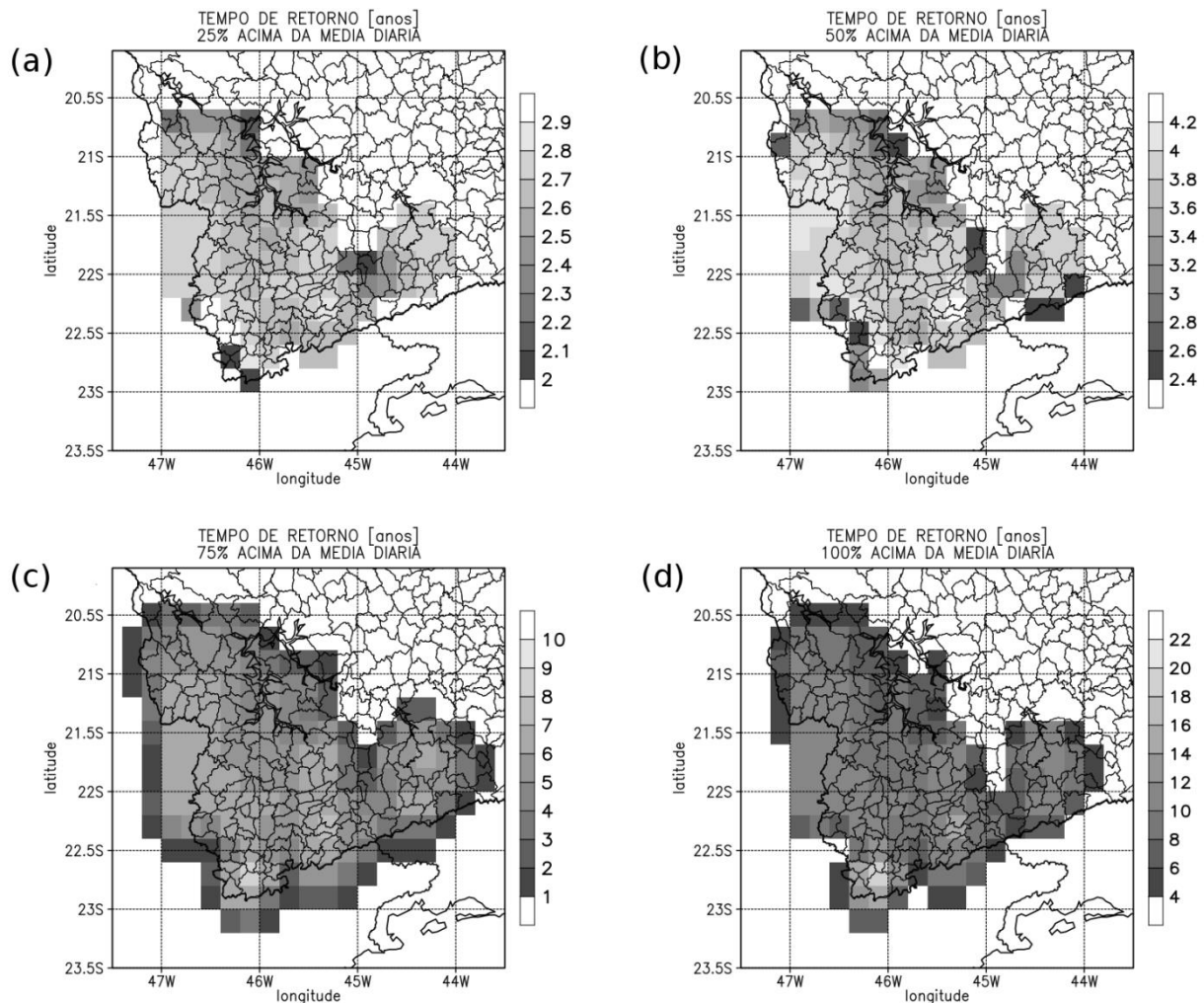


Figura 11. Tempo de retorno (em anos) para a RSMG para totais máximos diários de precipitação (a) 25% acima da média, (b) 50% acima da média, (c) 75% acima da média e (d) 100% acima da média.

Conclusões

Diante dos resultados e discussões expostas, pode-se concluir que os máximos de precipitação mensal acumulada se dão nos meses de verão com os mínimos nos meses de inverno, como já investigado e proposto para estudos anteriores em outras regiões do Sudeste do Brasil. Os desvios-padrão também seguem tal tendência, com máximos nos meses de inverno e com predomínio persistente nas microrregiões de Andrelândia e São Lourenço, com valores que ultrapassam 200 mm.

Já a climatologia das precipitações máximas diárias aponta valores mais extremos para aos meses de verão. O maior desvio-padrão se encontra novamente nas microrregiões de Andrelândia e São Lourenço, durante os meses de inverno e primavera. Ao se investigar os TR dos acumulados anuais observa-se os máximos na região de Passos que se estende até o sul do Estado. Os TR para os dados diários não obedecem um

padrão lógico, sendo mais homogêneos em todo a porção central da RSMG.

É notável também que os menores TR ocorrem nas divisas do estado de Minas Gerais que são as áreas próximas a Serra da Mantiqueira, uma possível evidência da associação dos efeitos orográficos da RSMG com o disparo de precipitação induzida por tal forçante.

Nesse contexto, tal estudo permitiu caracterizar as condições climatológicas do Sul de Minas Gerais bem como encontrar valores de TR para eventos de precipitação, sendo assim uma fonte de informação para outras áreas do conhecimento dentro da meteorologia ou afins.

Referências

- Cressie, N., 1990. The origins of Kriging. *Mathematical Geology* 22, 239-252.
- DeGaetano, A. T., 2009. Time-Dependent Changes in Extreme-Precipitation Return-Period Amounts in the Continental United States.

- Journal of Applied Meteorology and Climatology 48, 2086–2099.
- Früh, B., Feldmann, H., Panitz, H-J., Schädler, G., Jacob, D., Lorenz, P., Keuler, K., 2010. Determination of Precipitation Return Values in Complex Terrain and Their Evaluation. Journal of Climate 23, 2257–2274.
- Gan, M. A., Kousky, V. E., Ropelewski, C. F., 2004. The South America monsoon circulation and its relationship to rainfall over West-Central Brazil. Journal of Climate 17, 47-66.
- Grimm, A. M., Tedeschi, R. G., 2009. ENSO and Extreme Rainfall Events in South America. Journal of Climate 22, 1589–1609.
- Jarvis, A., Reuter, H. I., Nelson, A., Guevara, E. Hole-filled SRTM for the globe Version 4, available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database, 2008. Disponível: <http://srtm.csi.cgiar.org>. Acesso: 18 set. 2015.
- Messinger, F., Chou, S. C., Gomes, J. L., Jovic, D., Bastos, P., Bustamante, J. F., Lazic, L., Lyra, A. A., Morelli, S., Ristic, I., Veljovic, K. An upgraded version of the Eta model. Meteorology and Atmospheric Physics 116, 63-79.
- Minuzzi, R. B., Sedyama, G. C., Barbosa, E. D., Melo Junior, J. C. F., 2007. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia 22, 338-346.
- Rao, V. B., Cavalcanti, I. F. A., Hada, K., 1996. Annual variation of rainfall over Brazil and water vapor characteristics over South America. Journal of Geophysical Research 101, 23539-26551.
- Teixeira, M. S., Satyamurty, P., 2007. Dynamical and Synoptic Characteristics of Heavy Rainfall Episodes in Southern Brazil. Monthly Weather Review 135, 598–617.
- Teixeira, M. S., Satyamurty, P., 2011. Trends in the Frequency of Intense Precipitation Events in Southern and Southeastern Brazil during 1960–2004. Journal of Climate 24, 1913–1921.
- Santos, E. B., Lucio, P. S., Silva, C. M. S., 2015. Seasonal Analysis of Return Periods for Maximum Daily Precipitation in the Brazilian Amazon. Journal of Hydrometeorology 16, 973–984.
- Van Den Brink, H. W., Können, G. P., Opsteegh, J. D., Van Oldenborgh, G. J., Burgers, G., 2005. Estimating return periods of extreme events from ECMWF seasonal forecast ensembles. International Journal of Climatology 25, 1345–1354.
- Vera, C., Higgins, W., Amador, J., Ambrizzi, T., Garreaud, R., Gochis, D., Lettenmaier, D. D., Marengo, J., Mechoso, C.R., Nogués-Paegle, J., Silva Dias, P. L., Zhang, C., 2006. A unified view of the American Monsoon Systems. Journal of Climate 19, 4977-5000.