
Variação espacial e temporal das chuvas na região da bacia do rio Pandeiros, norte do estado de Minas Gerais – Brasil

Carlos Henrique Jardim¹, Felipe Pereira de Moura²

Resumo

O presente artigo analisa aspectos da variabilidade das chuvas na região do rio Pandeiros, norte do estado de Minas Gerais-Brasil, em área de transição de clima tropical semiúmido para tropical semiárido. Foram utilizados dados mensais e anuais de chuva de estações meteorológicas automáticas da rede oficial do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no período entre 1961-2016. Além de consulta ao material bibliográfico, foram aplicadas técnicas básicas de estatística, de análise climatológica e recursos de geoprocessamento para elaboração das cartas de classes de chuva ou pluviosidade. Os resultados mostraram relação dos totais de chuva com fatores dinâmicos ligados à ação das massas de ar e influência local da altitude e topografia.

Palavras-chave: chuva, variabilidade, topografia, clima tropical.

Abstract

This article analyzes aspects of rainfall variability in the Pandeiros River region, north of the state of Minas Gerais, Brazil, in an area of transition from semi-humid tropical climate to semi-arid tropical climate. Monthly and annual rainfall data from automatic meteorological stations of the official network of the National Institute of Meteorology (INMET) in the period between 1961-2016 were used. In addition to consulting the bibliographic material, basic statistical techniques, climatological analysis and geoprocessing resources for the elaboration of the maps of classes of rain or rainfall. The results showed a relationship between total rainfall and dynamic factors linked to the action of air masses and local influence of altitude and topography.

Keywords: rain, variability, topography, tropical climate.

¹Prof. Associado. Depto. Geografia – Instituto de Geociências – Universidade Federal de Minas Gerais. dxhenrique@gmail.com (carloshj@ufmg.br).

²Bacharel e Licenciado em Geografia, Mestre em Geografia Física. Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais. Governo do Estado de Minas Gerais. felipegeografia@hotmail.com.



Introdução

A importância de pesquisas relacionadas ao meio ambiente, dentro do qual a climatologia se coloca como uma das formas de compreender a realidade, é importante na medida em que propicia elementos para se atuar sobre o ambiente e em formas de utilizá-lo com menor impacto possível (DREW, 1989; CONTI, 2001; MONTEIRO, 2003a). Cidades, empreendimentos agropecuários, aproveitamento de recursos hídricos, planos de manejo em unidades de conservação etc., constam dentre as atividades ligadas à sociedade humana que utilizam esse tipo de conhecimento.

Entretanto, assim como em outras áreas do conhecimento humano, a climatologia possui características próprias e uma delas é o fato de se constituir em um sistema natural, aberto, dinâmico, complexo e adaptativo, de acordo com Monteiro (1975), relacionando-se com outros sistemas e subsistemas naturais e antrópicos e em permanente estado de modificação, ou seja, é possível conhecer o estado inicial do sistema, mas não o seu estado final, impossibilitando a previsão de médio e longo prazo. Isso significa, também, que não é possível desvincular a dinâmica atmosférica de macro e mesoescala dos controles em superfície em microescala ao caracterizar a variação de seus atributos ou elementos (temperatura, chuva, umidade do ar, vento, etc.), e muito menos definir espaços climáticos, no qual vários fatores ou controles atuam como forçantes (altitude, latitude, continentalidade, correntes oceânicas, etc.), imprimindo varia-

ções na dinâmica desses elementos, muitas vezes sob mesmo domínio de atuação das massas de ar.

Considerando essa perspectiva, os componentes de entrada de matéria e energia no sistema (radiação solar e umidade atmosférica, principalmente), os fatores que influenciam na sua distribuição (relevo, uso do solo, massas de ar, correntes oceânicas, etc.) e o resultado final ou produto dessas interações (disponibilidade calorífica e higrométrica do ar nos diferentes ambientes terrestres, recarga hídrica do solo, processos erosivos, etc.), evidenciam-se uma série de impactos ambientais. Esse modelo de representação da realidade foi utilizado por Monteiro (1975; 2003b) e aplicado inicialmente para caracterizar os climas urbanos, embora se ajuste para todo o complexo sistema climático.

Outra especificidade desse sistema refere-se à ordem de grandeza espacial e temporal, ou seja, a delimitação de uma área na superfície terrestre e do intervalo temporal a ser adotado, dependente das características do objeto de estudo (JARDIM, 2012; 2017; RIBEIRO, 1993; MONTEIRO, 1978; 1999; 2000). A título de exemplo, um fenômeno climático como as “ilhas de calor” em áreas urbanas exigiria um desdobramento espacial da dimensão da própria cidade ou inferior (da realidade local de uma metrópole em direção aos microclimas) com duração horário-diária. Por outro lado, a variabilidade interanual das chuvas, objeto deste artigo, deve recorrer ao intervalo de vários anos ou décadas sobre um espaço regional (reunião de várias realidades locais).

E mais do que definir a escala de abran-

gência espacial, deve-se atentar para a articulação entre os diferentes níveis escalares, uma vez que a gênese ou origem de fenômenos e eventos climáticos em escalas inferiores guardam relação direta com aqueles em escalas superiores, o que conduz à adoção de metodologias diferenciadas para compreensão de cada nível escalar desse sistema (RIBEIRO, 1993; JARDIM, 2017). O objeto de estudo trabalhado no decorrer deste artigo constitui-se numa parte importante da pesquisa desenvolvida na região da bacia do rio Pandeiros no norte - noroeste do estado de Minas Gerais financiado pela Fapemig “Projeto APQ-03773-14 Sustentabilidade da Bacia do Rio Pandeiros”, desenvolvido pelo Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN) e Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), cuja necessidade em se compreender as variações espaciais e temporais de chuva assume importância destacada, considerando sua proximidade em relação ao semiárido nordestino, a natureza variável desse elemento e os impactos decorrentes sobre sistemas naturais e antrópicos (remanescentes florestais, agricultura, áreas urbanas, etc.).

No tocante à realidade da área estudada, a chuva constitui-se em importante atributo climático descrevendo variações (incluindo desvios e valores extremos) mensais, estacionais e interanuais, assinalando excedentes e déficits em seu total nas diferentes regiões ao longo dos anos (CAVALCANTI *et al.*, 2009; JARDIM; MOURA, 2018).

Dessa forma, o objetivo do presente artigo foi trazer resultados adicionais de pesquisa iniciada em 2014, sintetizados por Silva *et*

al. (2017) e Jardim e Moura (2018), sobre a dinâmica climática na região do rio Pandeiros, no norte-noroeste do estado de Minas Gerais, focando de forma mais detalhada na variabilidade das chuvas. Paralelamente, além do aspecto relacionado à divulgação, este artigo procurou sistematizar a informação coletada sobre a dinâmica local e regional das chuvas, além de contribuir com pesquisas acerca do clima dessa região, ainda disponível de forma pontual e fragmentada.

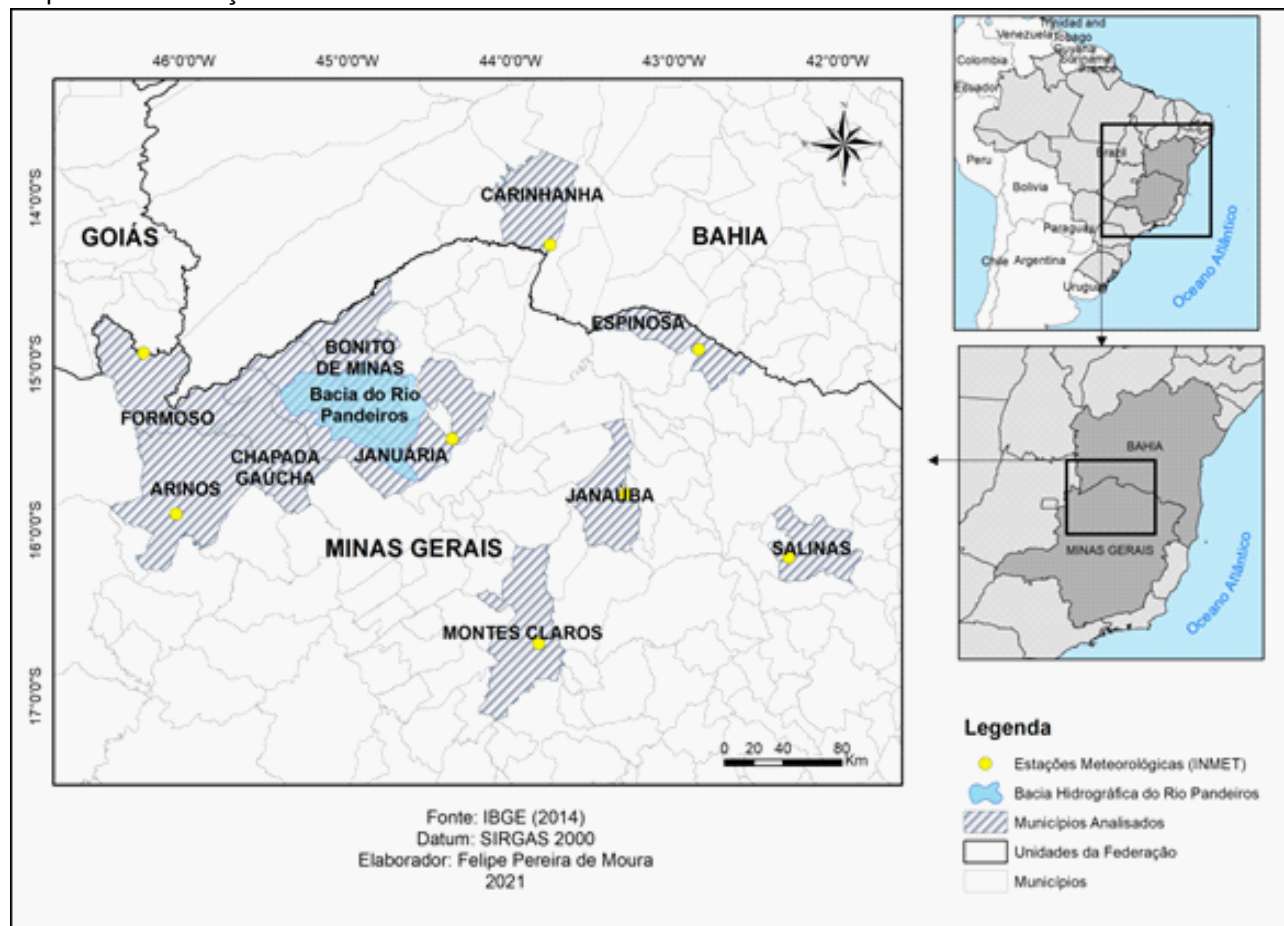
Materiais e métodos

Caracterização da área de estudo

A área de estudo situa-se entre os paralelos 14° e 17°Sul e meridianos 42° e 46° Oeste, no norte-noroeste do estado de Minas Gerais (MAPA 1). Embora a pesquisa incluía a bacia do rio Pandeiros (área de 3940 km²), abrangendo os municípios de Januária e Bonito de Minas, houve necessidade de utilizar estações meteorológicas da região, fora dos limites da bacia do rio Pandeiros, uma vez que grande parte dos processos climáticos que governam esse espaço tem origem fora da referida área, assumindo amplitude regional estreitamente ligada à dinâmica das massas de ar ou sistemas atmosféricos (JARDIM; MOURA, 2018).



Mapa 1 – Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado por Felipe Pereira de Moura, baseado na Base cartográfica IBGE, 2014.

Nota: Destaque para a bacia do rio Pandeiros e de municípios situados na região norte-noroeste do estado de Minas Gerais, sede de estações meteorológicas da rede oficial do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O município de Januária, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017b), possui área de 6.661,7 km², população de 65.463 habitantes e economia voltada para o setor de serviços (secundariamente, inclui-se a indústria e agropecuária). O município de Bonito de Minas possui área de 3905 km², 10.797 habitantes e economia baseada na produção de artesanato e agricultura.

A região situa-se no limite entre domínios climáticos e de vegetação representativos do

tropical semiúmido e tropical semiárido (FOTOGRAFIA 1). O primeiro inclui componentes do Brasil Central, sobre áreas planálticas com vegetação de cerrado, volume anual de chuvas superior a 1100 mm sazonalmente distribuídos e concentrados entre os meses de outubro a março, segundo o Departamento Nacional de Meteorologia (DNMET, 1992). As localidades abrangidas por essas condições incluem os municípios de Montes Claros, Arinos e Formoso.

Fotografia 1 – Aspectos ambientais presentes na área de estudo



Legenda: Mata ciliar no baixo vale do rio Pandeiros, no município de Januária:

- 1A) Vegetação de cerrado típico na área planáltica do alto vale do rio Pandeiros, município de Chapada Gaúcha;
- 1B) Área rural com elementos de vegetação natural e manejada de pastagens;
- 1C) Presença de voçorocas;
- 1D) Contato entre a área planáltica e setores rebaixados da vertente entre o alto e o médio vale do rio Pandeiros.

Fotos: JARDIM, C.H.

As localidades geneticamente ligadas ao semiárido nordestino (caso dos municípios de Carinhanha, Espinosa e Salinas), estão instaladas em setores deprimidos das bacias do São Francisco e Jequitinhonha, experimentando redução dos totais de chuva e relativa irregularidade em sua distribuição ao longo do ano.

Conforme Nimer (1989), a área assinala transição do clima “Tropical Quente Semi-úmido” com 04-05 meses de seca, para o “Tropical Quente Semiárido”, com 06 meses

de seca, verificando-se paulatina redução dos totais de chuvas de ≤ 1300 mm para ≤ 800 mm na faixa de transição para o semiárido nordestino.

As médias anuais de chuva e temperatura, de acordo com dados das Normais Climatológicas 1961-1990 (DNMET, 1992), indicam para o município de Januária total anual de 826,5 mm (concentrados entre outubro e março), mês mais chuvoso em dezembro (174,1 mm) e mais seco em junho (1,5 mm); indicam também a temperatura média anual de 24,4°C

com mês mais quente em outubro (26,1°C) e mais frio em julho (21,2°C). O relevo é plano-ondulado, com baixo grau de entalhamento dos vales e chapadões nas áreas de cabeceiras a oeste da foz do rio Pandeiros. As altitudes variam entre 400 m a 900 m.

Coleta e análise de dados

Inicialmente foram consultados dados das Normais Climatológicas referente ao período de 1961-1990 (DNMET) (1992) e as Normais Climatológicas Provisórias 1980-2010 (INMET, 2022a), tanto na caracterização da área de estudo quanto para se obter um perfil de representação geral do clima na região.

Posteriormente, utilizaram-se dados das séries anuais para o período entre 1964-2016 obtidas das estações meteorológicas automáticas e convencionais (INMET), acessando o Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) no site dessa instituição (INMET, 2022b). Os dados acessados correspondem às estações meteorológicas situadas nos municípios de Arinos, Espinosa, Formoso, Janaúba, Janaúria, Montes Claros e Salinas no estado de Minas Gerais e Carinhanha no estado da Bahia, com o objetivo de analisar a variabilidade mensal e anual das chuvas.

A consistência dos dados foi verificada eliminando-se os anos com mais de dois meses sem registro de qualquer valor de chuva. Nos anos com um ou dois meses sem dados substituiu-se o valor ausente pela média simples aritmética daquele mês, obtida da série temporal disponível, incluindo os valores de 0,0 mm eventualmente registrados para aquele dado mês. Lembrando que 0,0 mm

é um efetivo, que não deve ser confundido com ausência de dado. Esses dados foram tabulados e trabalhados através de procedimentos estatísticos básicos, utilizando-se do software Microsoft Excel (versão 2010).

Com os dados obtidos foram elaborados tabelas e gráficos referentes ao acumulado de precipitação, cujos dados foram utilizados na construção das cartas de classes de chuva ou pluviosidade, com base nas médias anuais e valores trimestrais (dez., jan., fev.; mar., abr., mai.; set., out., nov.). O trimestre de junho-julho-agosto não foi incluído, uma vez que se trata do período de estiagem na região (com totais de chuva próximas a 0,0 mm). O valor das classes dos totais de chuva adotado no mapeamento não contempla os valores de chuva no trimestre seco, muito inferiores a 50 mm, ou seja, uma única classe abrangeria espacialmente toda a área de estudo.

Na elaboração dos mapas de distribuição da precipitação na região norte-noroeste do estado de Minas Gerais utilizou-se o software ArcGis em sua versão 10.5. Esse software se caracteriza como um sistema de informação geográfica que possibilita a criação, gerenciamento, compartilhamento e análise de dados espaciais, através de uma infraestrutura que possibilita a busca de informações geográficas e a criação de mapas.

Os valores médios de precipitação anual e mensal foram obtidos através das séries históricas de precipitação e georreferenciados com base na localização das estações meteorológicas. Foi utilizada a técnica de interpolação Inverso da Distância Ponderada – IDP, também denominada Inverse Distance Weighted (IDW). A sobreposição das camadas

médias com os limites municipais teve como intuito uma melhor visualização da região para o observador, sem que esses limites fizessem parte do processo de cálculo da interpolação.

A interpolação é um processo matemático que permite estimar valores de uma variável específica com base em dados pontuais para uma área sem dados, gerando uma superfície contínua que represente sua distribuição (FARIAS *et al.*, 2017). A escolha do método seguiu duas etapas.

Primeiramente foi analisada a bibliografia relacionada ao tema verificando-se em alguns trabalhos a relevância do uso do método IDP frente aos demais, como a Krigagem e Curvatura mínima, cuja comparação, de acordo com Farias *et al.* (2017) a partir de dados de precipitação na região do litoral sul do estado do Rio de Janeiro, observaram que o IDP apresentava os menores erros no processo de validação. Resultado também compartilhado por Magalhães *et al.* (2013) em pesquisa similar no norte do estado do Espírito Santo, comparando os métodos de Krigagem, IDP, Curvatura Mínima e Tendência, com menor erro e índice de concordância próximo a 1.

A segunda etapa consistiu na execução do processo de interpolação, utilizando os interpoladores IDP, Krigagem e Kernel, para comparar os resultados e validar a escolha. Neste processo, o IDP ofereceu melhor desempenho e um resultado visual mais apurado, em relativa conformação com o relevo e com as análises realizadas. Conforme Amorim (2009, p.2) “o IDP é um estimador determinístico de valores não amostrais a partir de uma combinação linear de valores de pontos conhecidos, ponderados por uma

função da distância”. Neste método, é considerado que pontos próximos dos locais que não tem amostra são mais representativos em comparação aos pontos mais afastados, levando a ponderação a mudar em razão da distância linear das amostras em relação aos pontos não amostrados.

Conforme Vargas *et al.* (2018, p.40), a ferramenta IDP “prediz um valor para algum local não medido utilizando-se os valores amostrados à sua volta, que terão maior peso do que os valores mais distantes, ou seja, cada ponto possui uma influência no novo ponto, que diminui na medida em que a distância aumenta”. A finalidade desse procedimento com a elaboração das cartas de classes de chuva foi produzir informações espaciais indicativas da natureza e organização do objeto de estudo.

Esses dados foram analisados de forma comparativa, considerando informações climáticas da região obtida de referências bibliográficas, Nimer (1989); Cavalcanti *et al.* (2009); Jardim (2019); Jardim e Moura (2018, 2019); Borsato (2016); Silva *et al.* (2017); Silva e Jardim (2019a, 2019b), com base na relação entre a dinâmica das massas de ar com as características do relevo (altitude, topografia, orientação dos vales dos rios principais, etc.) e uso do solo.

Resultados e discussões

Inicialmente, a análise comparativa das médias das séries históricas dos dados de chuva para o período de 1964-2016 dos oito municípios selecionados, ocorreu a partir de dados das Normais Climatológicas 1961-1990,



DNMET (1992) e das Normais Climatológicas Provisórias 1981-2010, INMET (2022a), o que permitiu a identificação de variações importantes entre as localidades no tocante às características desse atributo.

Os municípios com os maiores valores de médias observadas na Tabela 1 e Gráfico 1 foram Formoso, Arinos e Montes Claros que, de acordo com trabalhos de Sant'Anna Neto (2005), utilizando mapeamento da distribuição das chuvas na região sudeste do país, destacam maiores totais de chuva sobre essa

região em razão da localização e maior intensidade de atuação da Zona de Convergência de Umidade e da Zona de Convergência do Atlântico Sul ³(ZCOU e ZCAS), com orientação noroeste-sudeste, bem como pela recorrência, de acordo com Cavalcanti *et al.* (2009) de formação de Linhas de Instabilidade (LI), associadas à perturbações dinâmicas pelo avanço Sistemas Frontais (SF) e aquecimento diferencial oceano-continente.

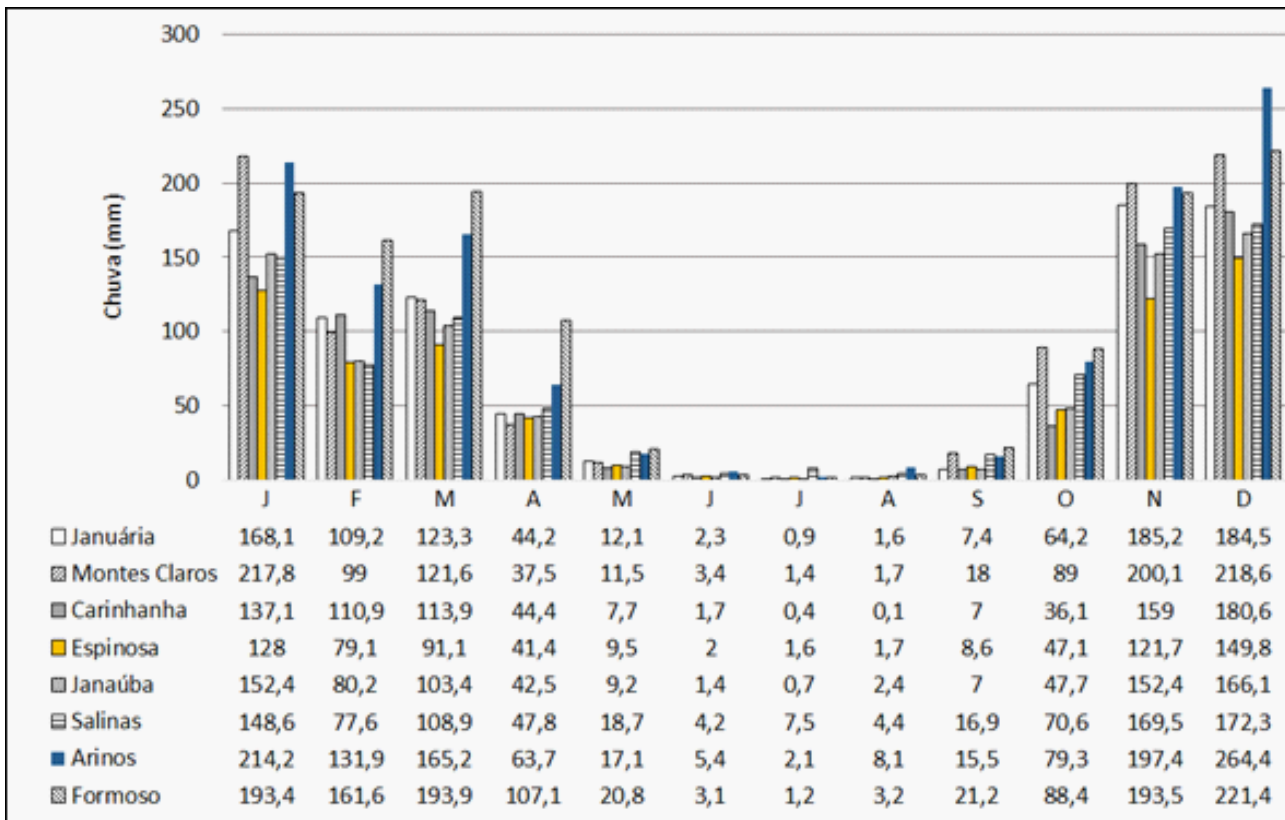
Tabela 1 – Totais de chuva (mm): mediana e média (1964-2016), dados das Normais Climatológicas (1961-1990) e Normais Climatológicas Provisórias (1981-2010)

	Mediana (1964-2016)	Média (1964-2016)	Normal Climatológica (1961-1990)	Normal Climatológica Provisória (1981-2010)
Januária	778,2	903,0	826,5	948,3
Montes Claros	833,7	1019,6	1086,4	1086,4
Carinhanha	672,5	798,9	813,7	757,6
Espinosa	540,0	681,7	745,0	739,6
Janaúba	601,3	765,3	-	780,7
Salinas	700,3	847,1	846,1	877,2
Arinos	1079,8	1164,5	1275,2	1180,6
Formoso	1120,3	1208,7	1176,0	1225,7

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

³Este termo refere-se a um conjunto de massas de ar caracterizadas por instabilidade atmosférica, com nebulosidade variável e chuvas, incluindo a Convecção Tropical (CV), Sistemas Convectivos e Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e Linhas de Instabilidade (LI), organizados dinamicamente pelo Sistema Frontal do Atlântico (SFA), posicionada no centro no Atlântico Sul em latitude subtropical. O termo "massa de ar" refere-se a volumes turbilhonares de ar de dimensões variáveis de ordem subcontinental (centenas de milhares a alguns milhões de km²) e podem ser classificadas de acordo com suas características dinâmicas ligadas geneticamente a áreas de alta pressão anticiclônicas (movimento descendente, estável e nebulosidade escassa) e baixa pressão ou ciclônicas (movimento ascendente, instável e nebulosidade variável). A área de origem da massa de ar também é outro fator importante para sua classificação, podendo ser de origem equatoriais (formam-se em latitudes equatoriais), tropicais (formam-se entre os trópicos de Câncer e Capricórnio) e extratropicais (formam-se em latitudes médias temperadas, subpolares e polares). Para informações detalhadas há vários manuais de climatologia e meteorologia disponíveis, dentre os quais pode-se destacar Ayoade (1991), Cuadrat e Pita (2004) e Barry e Chorley (2013).

Gráfico 1 – Totais médios mensais de chuva (mm) para o período de 1961-2016



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Nimer (1989) destaca a influência das Linhas de Instabilidade (LI) com maior intensidade no decorrer do verão, em função, principalmente, do aquecimento do continente e consequente redução dos valores de pressão atmosférica e do movimento ondulatório ao longo da frente polar no seu contato com o ar quente da zona tropical. A atuação desses sistemas desencadearia chuvas e ventos vindos de oeste a noroeste, produzindo chuvas sobre os estados do Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais.

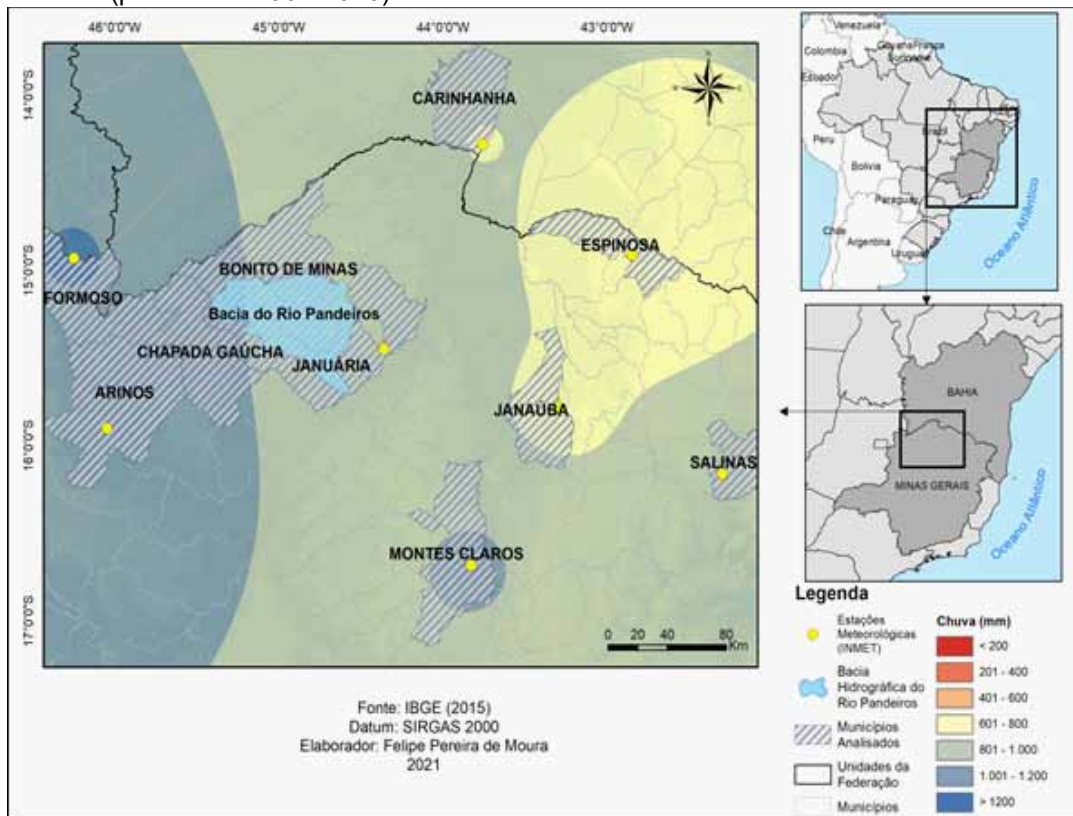
As características da Massa Equatorial

Atlântica (mEa), quente e estável, com origem no ramo descendente do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) em paralelo à Zona de Convergência Intertropical⁴ (ZCIT), contribui para a estabilidade do ar, atenuando a convecção do ar e formação de nebulosidade, o que reduz o impacto das chuvas nas demais localidades, principalmente em Januária, Carinhanha, Espinosa, Janaúba e Salinas, como pode ser verificado nos dados dos totais anuais, Tabela 1, mensais, Gráfico 1, assim como na espacialização das chuvas (MAPAS 2 a 5).

⁴O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) constitui-se em um centro de ação anticlinal de alta pressão, com movimento turbilhonar descendente do ar, posicionado no Atlântico Sul em latitude subtropical ($\pm 30^\circ$ Sul). A partir desse centro de ação de circulação primária (macroescala), tem origem várias massas de ar que forma a circulação secundária (mesoescala): a porção que forma os ventos Alísios do hemisfério sul e norte convergem ao longo do equador térmico formando a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), de natureza instável com temperatura elevadas, nebulosidade e chuvas; outra porção se movimento paralela a ZCIT origina a Massa Equatorial do Atlântico (mEa) estável e quente; outra porção avança para latitudes tropicais e forma a Massa Tropical do Atlântico (mTa), também quente e estável; outra parcela da ASAS, em contato com a Massa Polar do Atlântico (mPa) forma o Sistema Frontal do Atlântico, com movimento ascendente, instável, nebulosidade, chuvas e temperaturas em declínio, antecipando a entrada da mPa de origem em latitude subpolar.

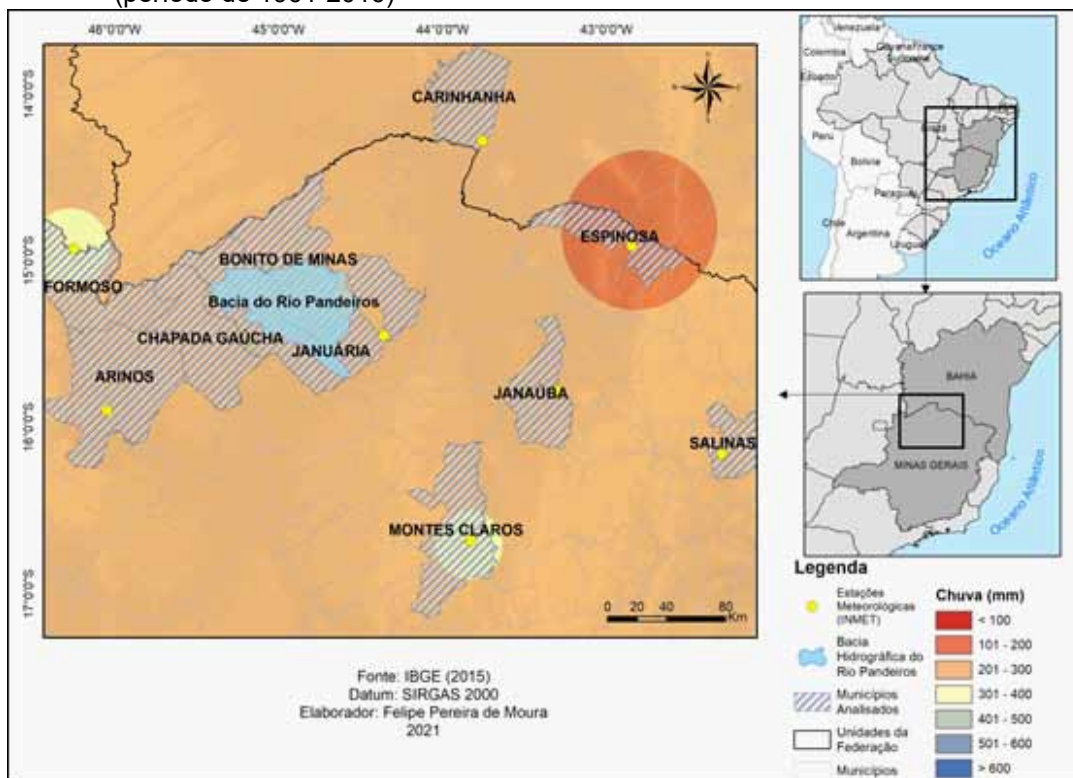


Mapa 3 – Variação média dos totais de chuva para o trimestre de setembro, outubro e novembro (período de 1961-2016)



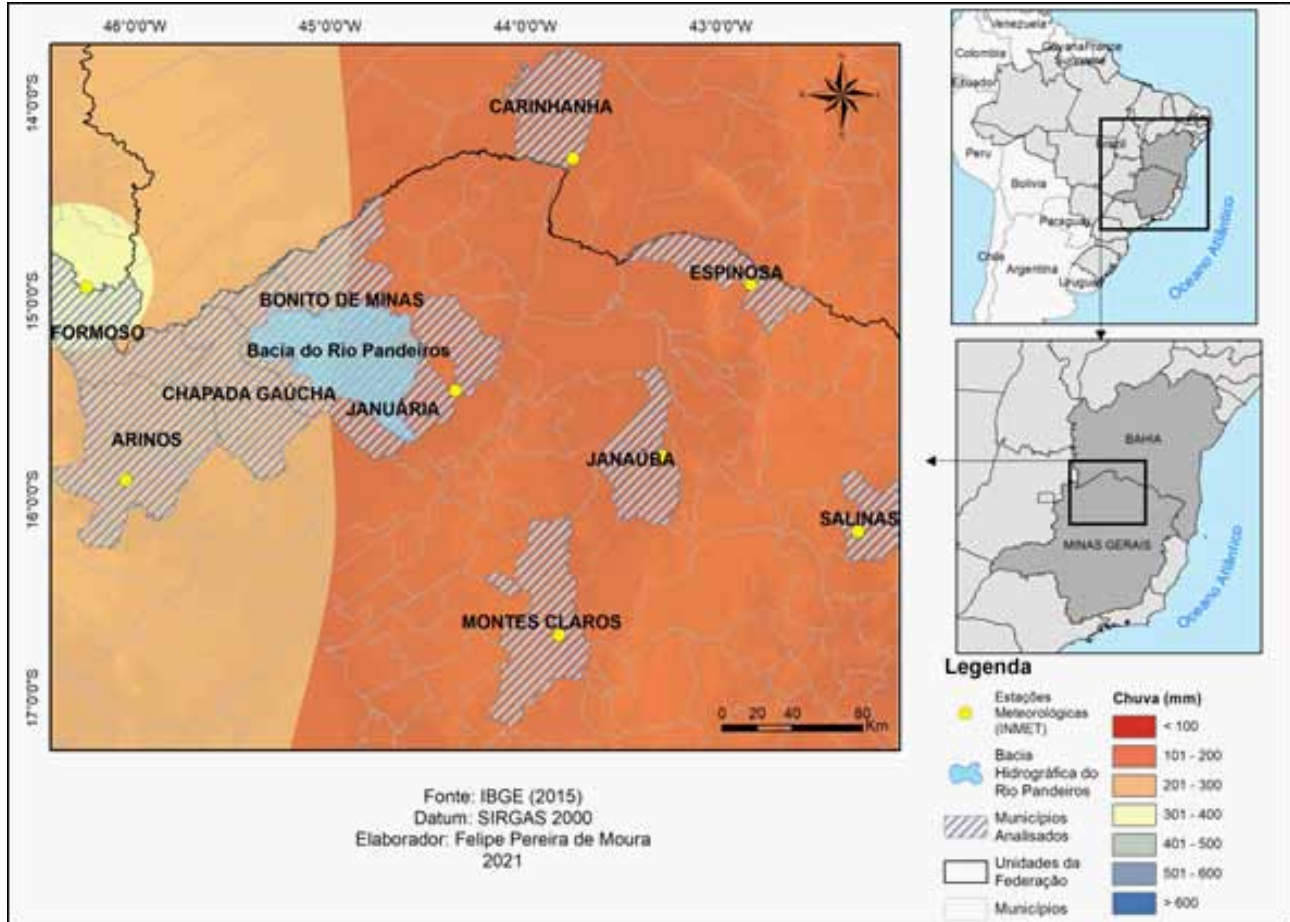
Fonte: Base cartográfica do IBGE (2014). Elaborado por Felipe Pereira de Moura.

Mapa 4 – Variação média dos totais de chuva para o trimestre de dezembro, janeiro e fevereiro (período de 1961-2016)



Fonte: Elaborado por Felipe Pereira de Moura, baseado na Base cartográfica IBGE, 2014.

Mapa 5 – Variação média dos totais de chuva para o trimestre de março, abril e maio (período de 1961-2016)



Fonte: Elaborado por Felipe Pereira de Moura, baseado na Base cartográfica IBGE, 2014.

De acordo com Borsato (2016), a atuação dessa massa de ar (mEa), extensão dos Alísios de Sudeste e geneticamente ligado ao fluxo descendente de ar quente e estável do ASAS, está associada ao período de seca no nordeste, norte de Minas Gerais e porção nordeste da região centro-oeste brasileira. A mEa acompanha os ventos de leste no setor que converge para o equador através dos Alísios, mas sem se integrar a faixa de instabilidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

No caso do município de Montes Claros, em função da sua localização geográfica ao sul da área de estudo, Mapas 2 a 4, a produção de chuvas associada à influência

de sistemas frontais (de origem subpolar) é maior do que nas demais localidades. Esses sistemas se descaracterizam (fase de dissipação da frente fria) na medida em que avançam para latitudes mais próximas ao equador. A partir daí a Massa Equatorial do Atlântico (mEa) assume importância crescente em termos de frequência, influenciando o Nordeste do Brasil e o norte do estado de Minas Gerais com condições de tempo quente e estável.

Essas condições, de acordo com informações de Cavalcanti *et al.* (2009), são substituídas por condições de tempo instáveis pela atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e instabilidades locais



associadas à Convecção Tropical (CV) decorrentes do forte aquecimento da superfície continental, além de distúrbios secundários como os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), Linhas de Instabilidade (LI) e influência das Ondas de Leste que acompanham a ZCIT.

Montes Claros, assim como Janaúria, também está situado em área de relevo deprimido no vale do rio São Francisco, o que contribui para elevação da temperatura e aumento do potencial evaporativo do ar, com repercussões negativas no volume de precipitação, inferiores às médias de Formoso e Arinos (TABELA 1).

Espinosa e Janaúba, Mapas 2 a 5, mostram menores valores de precipitação para o período de 1964-2016. O município de Espinosa faz fronteira com o sudoeste do estado da Bahia, sendo cortado pela Serra do Espinhaço, situando-se na vertente oeste. Carinhanha também apresenta um dos menores valores de precipitação anual, com média de 798,9 mm, localizada à sudoeste do estado da Bahia na divisa com o norte de Minas Gerais.

As referidas localidades compartilham aspectos comuns em termos de ambiente, instaladas em diferentes patamares no interior do vale do rio São Francisco, ladeada por dois grandes divisores, tendo a leste a Serra do Espinhaço, que separa o São Francisco das bacias hidrográficas que drenam para o Atlântico, e a oeste o Chapadão Ocidental da Bahia, separando a bacia do São Francisco da bacia Araguaia-Tocantins. De forma geral, os vales dos rios constituem-se

em áreas de menor altitude com maior grau de confinamento do ar, o que desfavorece a dissipação de calor, além de favorecer a circulação induzida pelo relevo (canalização, estagnação e formação de ventos anabáticos e catabáticos), criando ou reforçando núcleos locais de alta pressão e sombras de chuva.

Kayano e Andreoli (2009) argumentam que os Sistemas Frontais, de ampla penetração continental, são importantes fenômenos geradores de precipitação durante o período úmido, entre a primavera e verão no sul do nordeste brasileiro, atingindo máxima precipitação entre novembro a março com pico em dezembro no sul do Nordeste, que interagem com a convecção local, justificando o valor das classes de pluviosidade em Montes Claros, geneticamente mais próximos daqueles na localidades com maiores valores de chuva (MAPAS 4 e 5). A interação dos SF com a mEc, LI e distúrbios secundários (CCM e CV), definem uma faixa de nebulosidade entre as latitudes 15°S e 20°S, disposta de noroeste para sudeste, originando a Zona de Convergência do Atlântico Sul ou ZCAS (KAYANO e ANDREOLI, 2009).

Os totais de chuva nos municípios de Janaúria e Salinas apresentaram valores intermediários em relação ao conjunto dos dados, com médias de precipitação de 903,0 mm e 847,1 mm, respectivamente, justificando sua posição em área de transição climática. De acordo com o Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Jequitinhonha, elaborado pelo IBGE (2017a), o município de Salinas possui características climáticas semelhantes

aos dos municípios semiáridos do vale do Jequitinhonha.

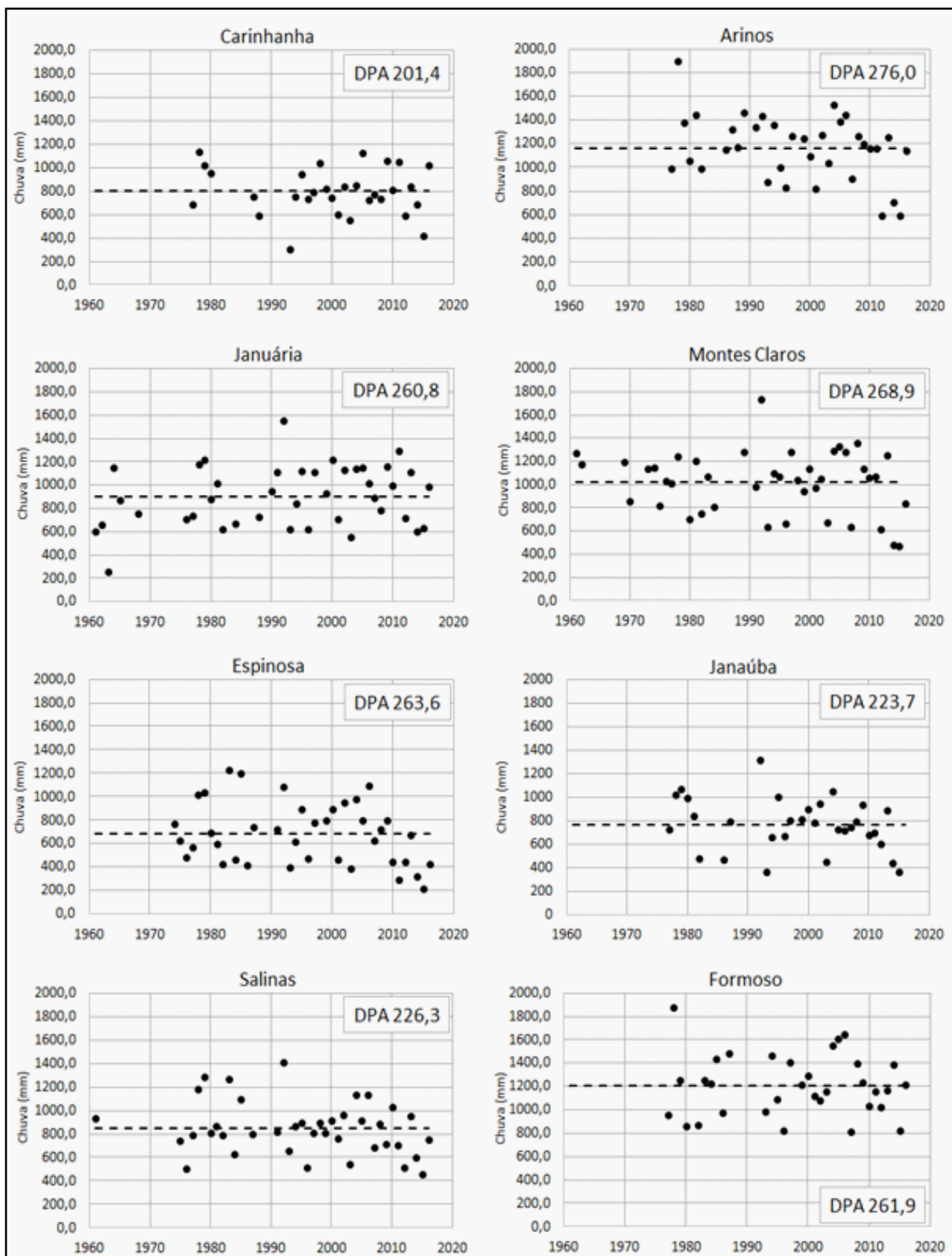
Segundo Nimer (1989), nas regiões norte-nordeste do estado de Minas Gerais, englobando parte do sudeste brasileiro na divisa com o estado da Bahia, abrange o que o autor denomina de “semiárido brando”, onde se observa a participação de linhas de instabilidade como principal sistema de produção de chuvas, considerando a baixa frequência dos Sistemas Frontais. Monteiro (1969) menciona a designação de “Frente Polar Reflexa” para as LI relacionadas a perturbações dinâmicas induzidas pelo avanço dos Sistemas Frontais de sul.

O conjunto dos dados destacam características pluviométricas típicas de regime tropical, com concentração de chuva em determinado período, neste caso o trimestre de novembro-dezembro-janeiro, alternado por período seco nos meses de junho-julho-agosto.

A dispersão temporal dos dados de chuva é fator indicativo da variabilidade das chuvas (JARDIM e MOURA, 2018). De acordo com o Gráfico 2, os dois casos mais extremos estão representados pelas localidades de Carinhanha-BA, com menor valor de desvio padrão amostral (201,4), e Arinos-MG com maior valor (276,0), indicativos, respectivamente, de menor e maior variabilidade climática. Essa constatação, de acordo com os autores supracitados, é significativa para os sistemas antrópicos (abastecimento urbano e agropecuária), dependentes do insumo de água no sistema.



Gráfico 2 – Gráficos de dispersão com respectivos valores dos totais anuais de chuva (ponto), valores de Desvio Padrão Amostral (DPA) e média aritmética (linha tracejada) para cada uma das localidades da área de estudo



Fonte: Elaborado por Carlos Henrique Jardim.



Fatores atmosféricos atuantes na região, relacionados à dinâmica das massas de ar, destacam-se como causa principal das irregularidades na distribuição das chuvas durante o ano. De acordo com Silva *et al.* (2017), a ação das massas de ar está sujeita a variações em sua trajetória, frequência e intensidade de atuação e abrangência espacial ao longo do tempo.

O período seco registra ação dominante do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e de seu desdobramento em Massa Tropical Atlântica (mTa) e Massa Equatorial do Atlântico (mEa). Caracterizado pela subsidência do ar e aumento da pressão atmosférica em superfície, cuja ação atenua ou bloqueia a participação de sistemas atmosféricos ligados à instabilidade atmosférica (núcleos de baixa pressão) e desencadeamento de chuvas, repercutindo muitas vezes em drástica redução dos totais de chuva como ocorreu em 2014 no episódio conhecido como “crise hídrica”, conforme Jardim (2015) e Marengo *et al.* (2015), afetando principalmente o sudeste brasileiro, região economicamente dinâmica e, portanto, dependente do recurso hídrico.

A gênese das chuvas no Nordeste e Centro-Sul do Brasil, conforme destaca Tarifa (1994) está ligada à dinâmica das massas de ar e, portanto, por mecanismos essencialmente dinâmicos, caracterizados por irregularidades e desvios em relação às médias.

Ainda no tocante à variabilidade das chuvas dessa região, de acordo com Silva *et al.* (2017), por meio de análise estatística e classificação de dados por meio da técnica de “Diagrama de Caixa” (“Box Plot”), aplicada às séries de chuva de Belo Horizonte,

Sete Lagoas e Januária (os dados são separados pelo valor da mediana, que separa a caixa central, com prolongamentos superior e inferior definindo máximos e mínimos), os valores extremos (“outliers”) representariam 5% desses dados, definido conforme critérios de Galvani e Luchiari (2012), além de identificarem maior recorrência de desvios positivos e negativos nos meses de novembro, dezembro e janeiro, sendo 35% dos meses classificados como “seco” em Januária para o período entre 1961-2014 (período utilizado na análise para os três municípios), enquanto para Belo Horizonte o percentual detectado foi de 29,6% e em Sete Lagoas de 25,3%.

Esses resultados também encontram respaldo nas considerações de Jardim e Moura (2018), considerando a integração de resultados em diferentes escalas espaciais, incluindo dados de chuva e de natureza microclimática coletados na bacia do rio Pandeiros em Januária e Bonito de Minas, a partir de postos instalados em área de mata ciliar, remanescente de cerrado com predomínio de espécies arbóreas e pastagem (manejada) e dados locais de totais de chuva da rede de pluviômetros instalada na referida bacia para o período de 2015 a 2016, além de dados das estações meteorológicas da rede oficial do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (período entre 1961-2017).

Apesar de não identificarem tendências e correlações nas séries temporais de longo prazo, tanto na variabilidade das chuvas quanto na temperatura, os resultados da análise microclimática indicaram evidente relação entre a cobertura vegetal alterada pela atividade agropecuária na variação da tempera-



tura do ar, favorecendo a produção de calor sensível em área naturalmente excedentária em termos de balanço calorífico, podendo forçar localmente a elevação das temperaturas diurnas e, conseqüentemente, do potencial evaporativo do ar (TARIFA, 1994).

O referido artigo de Jardim e Moura (2018), também confirma o papel do relevo como controle na variação local e regional das chuvas, com totais mais elevados na área planáltica no setor oeste da bacia do rio Pandeiros, com potencial para aumentar o impacto erosivo em áreas desprovidas de cobertura vegetal e elevado grau de declividade do terreno. A presença de inúmeras voçorocas conforme descreve Lima *et al.* (2019) é indicativo dessa realidade.

A pesquisa de Silva e Jardim (2019ab), sobre a dinâmica climática no noroeste do estado de Minas Gerais, incluiu parte das mesmas estações meteorológicas utilizadas por Jardim e Moura (2018) e confirmou a influência do relevo e da dinâmica das massas de ar nas variações locais e regionais dos atributos climáticos, qualificando a separação entre o clima da região do Brasil Central (tropical semiúmido) daquela do semiárido nordestino (tropical semiárido) entre Arinos e Januária, utilizada para elaboração da proposta preliminar de compartimentação climática da região.

Considerações finais

As variações detectadas na distribuição espacial e temporal das chuvas, de abrangência local e regional, remetem, inevitavelmente, a questões sobre disponibilidade hídrica (ex-

cedente ou déficit), considerando a variação temporal desse atributo no estado de Minas Gerais. Entretanto, isso deve ser relativizado, ou seja, o aproveitamento desse recurso pode ser maximizado adotando-se práticas conservacionistas em consonância à utilização de tecnologias voltadas para esse fim. No estado da Califórnia (Estados Unidos da América), por exemplo, registram-se totais anuais de chuva (≤ 350 mm/ano) inferiores àqueles registrados no nordeste brasileiro e norte do estado de Minas Gerais e, no entanto, coloca-se como uma das maiores economias daquele país, inclusive em termos de produção agrícola, ao maximizar a captação de água de chuva, assim como daqueles provenientes de outras fontes, como a dessalinização de água do mar (FISCHETTI, 2007).

Outro aspecto importante refere-se à conservação da vegetação natural sobre porções do espaço, pois, embora não se constitua em fator capaz de influenciar no total e na variabilidade das chuvas, a presença de vegetação afeta a disponibilidade hídrica no solo, aumentando o seu tempo de permanência no ambiente (TARIFA, 1994; BONAN, 2008).

Embora este artigo não tenha privilegiado aspectos locais de variação dos atributos climáticos, alvo de artigos anteriores como Jardim e Moura (2018); Jardim (2019); Jardim *et al.* (2019), essas variações podem ser verificadas em toda a região. Conforme os autores citados, foi verificado na bacia do rio Pandeiros valores superiores de precipitação na estação meteorológica da Chapada Gaúcha com 1028,9 mm (altitude: 873 m) e menor em Januária com 898,3 mm (altitude: 468 m), para o período entre 2008 e 2018. A

altitude e a topografia aumentam a turbulência mecânica do ar e, conseqüentemente, a convecção do ar (ascendência da parcela de ar), acompanhado de resfriamento adiabático, formação de nuvens e precipitação pelo efeito orográfico.

Do ponto de vista ambiental, os totais mais elevados de chuva nos setores de maior altitude e declividades na bacia hidrográfica do rio Pandeiros podem contribuir de forma adicional, sobre amplas superfícies desmatadas, para o desenvolvimento de processos erosivos, visíveis atualmente conforme destaca trabalho de Lima *et al.* (2019), na forma de extensas voçorocas nesse setor da bacia como fora mencionado.

Referências

- AMORIM, R. C. F. **Espacialização de variáveis meteorológicas combinando informações de imagens de satélites com técnicas de interpolação para o Estado de Minas Gerais**. 2009. 103 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- BARRY, R. G; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- BONAN, G. **Ecological climatology: concepts and applications**. 2.ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
- BORSATO, V. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ares**. Curitiba-PR: Editora CRV, 2016.
- CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J; DIAS, M. A. F. S. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR (CDTN); UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Instituto de Geociências (UFMG). **Relatório Final do Projeto Sustentabilidade da Bacia do Rio Pandeiros-MG: dinâmica de vertentes da bacia do Rio Pandeiros**. 2020. Disponível em: <https://www.igc.ufmg.br/geografia/pos-graduacao-em-geografia/relatorios-e-produtos-tecnicos/>. Acesso em: 29 nov. 2022.
- CONTI, J. B. Resgatando a fisiologia da paisagem. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.14, p.59-68, 2001.
- CUADRAT, J. M; PITA, M. F. **Climatología**. 3. ed. Madrid: Cátedra, 2004.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. (DNMET) **Normais Climatológicas (1961- 1990)**. Brasília-DF, Embrapa, 1992.85 p.
- DREW, D. **Processos interativos: homem-meio-ambiente**. 2.ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 1989.
- FARIAS, O. G.; FRANCISCO, C. N.; SENNA, M. C. A. Avaliação de métodos de interpolação espacial aplicados à pluviosidade em Região Montanhosa no Litoral Sul do Estado Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.21, p.172-185, 2017.
- FISCHETTI, M. Água doce que vem do mar. **Scientific American Brasil**, n.65, out./2007.
- GALVANI, E., LUCHIARI, A. Critérios para a classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. *In*: GALVANI, E., LIMA, N.G.B. (*Orgs*), **Climatologia aplicada: resgate aos estudos de caso**. Curitiba: Editora CRV, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Diagnóstico ambiental da Bacia do Rio Jequitinhonha**. 1997. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/diagnosticos_levantamentos/ Acesso: 07 jan. 2017 a.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades**. 2016. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/3167202>. Acesso em 17 de abril de 2017b.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais climatológicas provisórias: 1981-2010**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais> Acesso em: 27 nov. 2022a
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de Dados Meteorológicos - BDMEP**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/> Acesso em: 27 nov. 2022b.
- JARDIM, C. H. “Médias” e “desvios” na análise



geográfico-climatológica: o episódio de chuva concentrada do dia 23 de novembro de 2010 e o veranico de janeiro/fevereiro de 2011 em Belo Horizontes - MG. **Geografias**, Belo Horizonte, v.8, n.2, p.35-49, jan-jun. 2012.

JARDIM, C. H. Crise hídrica no Sudeste do Brasil: aspectos climáticos e repercussões ambientais. **Tamoios**, São Gonçalo (RJ), v. 11, n.2, p.67-83, jul./dez. 2015.

JARDIM, C. H. Aspectos teórico-metodológicos relativos à dimensão temporal e espacial do clima. **Geografias**, v.14, n.1, p.82-95, 2017.

JARDIM, C. H. Uso da terra e variações da temperatura e umidade relativa do ar no baixo vale do rio Pandeiros, Januária-MG. In: PINHEIRO, L. S.; GORAYEB, A. (Org.). **Geografia física e as mudanças globais**. Fortaleza-CE: Editora da Universidade Federal do Ceara- UFC, 2019, v. 1, p. 1060-1070.

JARDIM, C. H.; MOURA, F. P. Variações dos totais de chuvas e temperatura do ar na bacia do rio Pandeiros, norte do estado de Minas Gerais-Brasil: articulação com fatores de diferentes níveis escalares em área de transição climática de cerrado para semiárido. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, p.168-189, 2018.

JARDIM, C. H.; MOURA, F. P.; BANDEIRA, J. V.; SALIM, L. H.; CHAGAS, C. J. Variabilidade das chuvas na bacia do rio Pandeiros, Januária-MG: o período de 2008-2018. In: PINHEIRO, L. S.; GORAYEB, A. (Org.). **Geografia física e as mudanças globais**. Fortaleza-CE: Editora da Universidade Federal do Ceará-UFC v. 1, 2019, p. 1416-1427.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS M. A. F. S. (Org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, v. 1, p. 213-233.

LIMA, A. C. P.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; OLIVEIRA, D. A. Distribuição espacial de voçorocas e sua relação com o relevo em escala de bacia para fins de amostragem: rio Pandeiros-MG. In: PINHEIRO, L. DE S.; GORAYEB, A. (Org.). **Geografia física e as mudanças globais**. Fortaleza-CE: Editora da Universidade Federal do Ceará-UFC 2019, v. 1, p. 512-524.

MAGALHÃES, I. A. L.; ALMEIDA, K. L.; THIAGO, C. R.L.; GARDIMAN JUNIOR, B. S.; ZANETTI, S. S.; CECÍLIO, R. A. Análise de métodos de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na região norte do estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO

– SBSR, 16., Foz do Iguaçu, PR, Anais [...] Foz do Iguaçu- PR INPE,2013.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, A.; ALVES, L. M.; MENDIONDO, E. M. OBREGÓN, G.; SAMPAIO, G. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, São Paulo, n.106, p. 31-44, jul./ago./set., 2015.

MONTEIRO, C. A. F. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil**: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. São Paulo: Instituto de Geografia/ Universidade de São Paulo. IGEOG-USP, 1969. (Série teses e monografias, 01).

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

MONTEIRO, C. A. F. Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. In: SIMPÓSIO A COMUNIDADE VEGETAL COMO UNIDADE BIOLÓGICA, TURÍSTICA E ECONÔMICA, 1 São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo- ACIESP 1978.p.43-76.

MONTEIRO, C. A. F. O estudo geográfico do clima. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, v.1 n.1, p.7-72, 1999.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas**: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000.

MONTEIRO, C. A. F. A questão ambiental na geografia do Brasil: a propósito da “validade”, “especialização” e “pesquisa universitárias”. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, n.5, 2003a.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. (Orgs.) **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003b.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2.ed., Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro: IGCE/UNESPv.23, n.45-46, p.288-294, 1993.

SANT'ANNA NETO, J.L. Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, n.1, dez./2005.

SILVA, M. R.; MOURA, F. P.; JARDIM, C. H. O diagrama de Caixa (Box Plot) aplicado à análise da distribuição temporal das chuvas em Januária, Belo Horizonte e Sete Lagoas, Minas Gerais-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.1, p.23-40, 2017.

SILVA, A. A. F.; JARDIM, C. H. Mapeamento e caracterização da variabilidade dos anos padrão de pluviosidade para região de Unaí-MG. **Geographia Opportuno Tempore**, v.5, p.23-42, 2019 a.

SILVA, A. A. F.; JARDIM, C. H. Unidades climáticas em Unaí, noroeste do estado de Minas Gerais: proposta preliminar. **Geographia Opportuno Tempore**, v.5, p.10-26, 2019b.

TARIFA, J. R. Alterações climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 15-27, 1994.

VARGAS, T.; GOMES, M. G.; BELLADONA, R.; ADAMI, M. V. D. Aplicação do interpolador IDW para elaboração de mapas hidrogeológicos paramétricos na Região da Serra Gaúcha. **Scientia Cum Indústria**, v.6, n.3, p.38-43, 2018.

